

POLITECNICO DI MILANO
Corso di Laurea Specialistica in Progetto e Ingenerizzazione del Prodotto Industriale
Dipartimento di Design e Architettura



INTEGRAZIONE DI SENSORI BIOMETRICI IN STRUTTURE TESSILI PER DISPOSITIVI D'INTERAZIONE

Relatore: Prof.ssa Monica Bordegoni
Correlatore: Paolo Belluco

Tesi di Laurea Specialistica di:
Caetano Silva Lobo, matricola 737028

Anno Accademico 2008-2009

Sommario

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è la creazione di un sistema fisico indossabile che renda più realistica l'interazione e navigazione dall'uomo in sistemi virtuali.

La scelta del tema è spinta dalla presenza sempre maggiori di dispositivi tecnologici nella nostra vita, con la miniaturizzazione e con l'avanzo tecnologico stanno sorgendo nuove forme d'interazione tra l'uomo e i sistemi tecnologici che lo circondano, sempre più intuitive e meno invasive.

Il dispositivo utilizza un sistema di riconoscimento di gesti svolto in tese di dottorato dal Ingegnere Belluco. Questo usa i segnali biometrici del corpo umano come base di funzionamento, più specificamente i segnali elettrici emessi dai muscoli quando sottoposti a sforzi, rilevati con la tecnica di Elettromiografia di superficie, utilizzata in campo medico.

Indice

1	Introduzione.	. . . . .	. 001
2	Tendende e tecnologia.	. . . . .	. 003
2.1	La rivoluzione dell'informatica.	. . . . .	. 003
2.2	Da GUI a gesti.	. . . . .	. 005
2.3	Realtà Virtuale.	. . . . .	. 008
3	Scienze di base e tecniche di progettazione .	. . . . .	. 011
3.1	HCI (Human Computer Interaction).	. . . . .	. 011
3.1.1	Espansione di ricerca e ciclo di design.	. . . . .	. 012
3.2	Biodesign.	. . . . .	. 017
3.2.1	Parametri ICES (Institute of Complex Engineering Systems).	. . . . .	. 019
3.2.2	LONE (Lines of Non Extension).	. . . . .	. 025
3.2.3	Langer's Lines.	. . . . .	. 028
3.3	Prodotti e sistemi d'interazione esistenti.	. . . . .	. 029
3.4	Segnali bioelettrici.	. . . . .	. 034
3.4.1	EMG.	. . . . .	. 036
3.4.2	Utilizo e benefici dei segnale EMG.	. . . . .	. 038
3.4.3	Qualità del segnale.	. . . . .	. 042
3.5	Fibre e tessuti conduttivi.	. . . . .	. 048
3.5.1	Fibre Conduttive.	. . . . .	. 048
3.5.2	Materiali.	. . . . .	. 049
3.5.3	PECVD a bassa pressione.	. . . . .	. 054
3.5.4	Filatura.	. . . . .	. 063
3.5.5	Tessitura.	. . . . .	. 065
3.5.6	Tessuti a maglia.	. . . . .	. 066
3.5.7	Tessuti Conduttivi in mercato.	. . . . .	. 070
3.5.8	Utilizzi..	. . . . .	. 074
3.6	Anatomia.	. . . . .	. 082

	3.6.1 Antropometria.	082
	3.6.2 Muscolatura dell'avambraccio.	085
4	Definizione dei problemi.	089
	4.1 Progettazione per l'interazione e Biodesign.	089
	4.2 Configurazione del dispositivo.	093
	4.3 Cavi e elettrodi	094
	4.4 Componentistica.	097
	4.5 Metodi di produzioni..	099
5	Scelte Progettuali.	101
	5.1 Configurazioe del dispositivo.	101
	5.1.1 Modelli di studio.	101
	5.1.2 Sistema di rocoscimento dei segnali bioelettrici.	104
	5.1.3 Dimensionamento del dispositivo.	107
	5.1.4 Disposizione dei elettrodi.	108
	5.2 Integrassione di cavi e elettrodi in maglie tubulari.	109
	5.2.1 Cavi.	110
	5.2.1.1 Maglia rasata con colori complementri..	112
	5.2.1.2 Maglia rasata con colori gettati.	113
	5.2.1.3 Maglia a coasta intarsiata con effetto placcato.	114
	5.2.1.4 Formazione di doppia maglia.	115
	5.2.2 Elettrodi.	118
	5.2.3 Aderenza tra pelle e tessuti.	118
	5.2.4 Collegamento tra tessuti e componenti elettrici.	120
	5.3 Componentistica.	123
	5.3.1 Componenti elettrici.	123
	5.3.2 Definizione della forma e sistema di fissaggio.	124
	5.4 Mettodi di produzioni.	128
	5.4.1 Cuore del dispositivo..	128
	5.4.2 Corpo del Dispositivo	130
6	Risultati.	133

6.1	Conclusioni.	.	.	.	.	.	.	.	.	133
6.2	Sviluppi Futuri.	.	.	.	.	.	.	.	.	134
Allegati.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	137
Bibliografia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	141

Indice immagini

Immagine 2.1: Due nove tipi d'interazione per utilizzare il computer, a sinistra tablet display touch e magic mouse.	006
Immagine 2.2: The Ractable, dispositivo multi-touch per comporre musica.	007
Immagine 2.3: Ambiente di realtà aumentata, utilizzato come guida in linea di montaggio.	009
Immagine 3.1: Esempio di schede PCB di sviluppo.	016
Immagine 3.2: dispositivo intascabile in cintura.	024
Immagine 3.3: Risultato dell'applicazione delle linee guida: dispositivi messi in area non ostrusiva con forme ergonomiche e leggere.	025
Immagine 3.4: Tutta Bio-life della NASA.	026
Immagine 3.5: A sinistra: funzione telefono cellulare e a destra visualizzazione d'immagine su un muro.	030
Immagine 3.6: A sinistra Sixth sense news e a destra proiezione di orologio.	030
Immagine 3.7: Guanto colorato usato per il sistema Color glove.	031
Immagine 3.8: Interazione gestuale con oggetti in ambiente virtuale.	031
Immagine 3.9: Guanto the Peregrine.	032
Immagine 3.10: A sinistra Console X-box e a destra dispositivo Kinect.	033
Immagine 3.11: Video gioco controllato via il movimento del corpo.	033
Immagine 3.12: Neuroni.	034
Immagine 3.13: Elettrodi integrati in strutture tessili, a destra; elettrodi ricamati e a destra elettrodi tessuti.	037
Immagine 3.14: Elettrodo integrati in un tessuto a quattro strati, a sinistra parte superiore e a destra parte inferiore.	037
Immagine 3.15: Sezione di fibre di poliammide rivestita da argento di circa 500nm via PECVD.	062
Immagine 3.16: Filo con torsione a 'S' approssimato.	063
Immagine 3.17: A sinistra, bobine di fili rivestite di argento e a destra schema dei tipi di torsione dei fili.	063
Immagine 3.18: Telaio operato a dispositivi jacquard per tessuti.	065
Immagine 3.19: A sinistra una macchina circolare per calze e a destra cilindro di frontura con i aghi.	069
Immagine 3.20: Tipi di capi fatti in maglia circolare, a sinistra; pantaloncino nike pro-combat, in centro tipiche calze e a destra abito sportivo.	069

Immagine 3.21: Poliestere rivestito da puro rame, Tessuto taffetà.	. . .	070
Immagine 3.22: Poliestere rivestito da rame/nichel, Tessuto ripstop.	. . .	071
Immagine 3.23: Poliestere rivestito da rame/nichel, Tessuto a maglia.	. . .	072
Immagine 3.24: Poliammide rivestito da Argento, Tessuto taffetà.	. . .	072
Immagine 3.25: Poliammide rivestito da Argento, Tessuto a maglia.	. . .	073
Immagine 3.26: Poliammide rivestito da Argento, Tessuto a taffetà elastico.	. . .	074
Immagine 3.27: Abito anti batterico Statex . . . . .	. . . . .	077
Immagine 3.28: A sinistra, sachetto di protezione anti radiazione elettromagnetica Statex, e a destra Banda antibatterica in tessuto elastico, Statex. . . . .	. . . . .	078
Immagine 3.29: Dispositivo di riscaldamento Novonix, a sinistra; riscaldatore integrato al tessuto, in centro le aree di azione, e a destra dispositivo portatile ricaricabile..	. . . . .	079
Immagine 3.30: A sinistra, il dispositivo di connessione Novonic, e a destra cuffia integrata alla giacca. . . . .	. . . . .	079
Immagine 3.31: A sinistra giacche BayBox, con dispositivi Novonice a destra schema interno dei sistemi di riscaldamento. . . . .	. . . . .	080
Immagine 3.32: Gilè per monitoraggio del stress, con sistemi di elettrodi applicati al tessuto . . . . .	. . . . .	081
Immagine 3.33: Dispositivo indossabile per monitoraggio della attività muscolare.		
Immagine 4.1 - GUI per applicazione di guida in linea di montaggio industriale in ambiente di realtà aumentata. . . . .	. . . . .	092
Immagine 4.2 - GUI per applicazione di guida turistica in ambiente di realtà aumentata. . . . .	. . . . .	092
Immagine 4.3: Tipi di cavi: a sinistra stampato con inchiostro conduttivo, in centro tessuto con fili conduttivi e a destra tessuto ricamato con fili conduttivi. . . . .	. . . . .	096
Immagine 4.4: Tipi di elettrodi: sopra a sinistra elettrodo laminato con tessuto conduttivo, sopra a destra elettrodi stampati con inchiostro conduttivo, in basso a sinistra elettrodo ricamato su tessuto e in basso a destra elettrodi e cavi tessuti con fili conduttivi. . . . .	. . . . .	097
Immagine 4.5: A sinistra, scheda di circuiti stampati flessibile e a destra Peregrine Gloves. . . . .	. . . . .	098
Immagine 4.6: A sinistra, esempio d'integrazione di elementi elettrici con abiti e a destra, guanto di monitoraggio sportivo. . . . .	. . . . .	099
Immagine 5.1: primo modello di studio. . . . .	. . . . .	102
Immagine 5.2: Secondo modello di studio. . . . .	. . . . .	103
Immagine 5.3: Secondo modello di studio indossato. . . . .	. . . . .	103

Immagine 5.4: Risultato dei test di posizionamenti effettuati da ICES.	104
Immagine 5.5: A sinistra e in centro, quanto utilizzato per testare il sistema e a destra scheda di test del sensore sEMG a 3 canali.	105
Immagine 5.6: Interfaccia Eracle Spray.	107
Immagine 5.7: Esempio di disegni e lavorazioni fate in maglie	110
Immagine 5.8: Esempio di briglie in una vera maglia, a sinistra il lato diritto della maglia e a destra il rovescio.	112
Immagine 5.9: Canali conduttivi integrati alla maglia interna, a sinistra integrazione con la tecnica a maglia gettata con effetto placcato e a sinistra canali conduttivi integrati con la tecnica a maglia intarsiata con effetto placcato.	114
Immagine 5.10: Dettaglio della maglia con i canali placcati	115
Immagine 5.11: Esempio di briglie in una vera maglia, a sinistra il lato diritto della maglia e a destra il rovescio.	120
Immagine 5.12: Esempi di connettori card edge (femmina) e schede pcb (maschio).	124
Immagine 5.13: Tasca del dispositivo fata in maglia elastica.	127

Indice Figure

Figura 2.1: Le quattro ere del computer.	004
Figura 3.1: Le 5 fasi di un ciclo in di design.	012
Figura 3.2: Aree non ostrusive ai movimenti.	021
Figura 3.3: Sviluppo della forma indossabile.	021
Figura 3.4: A sinistra; area percepita dal corpo umano e a destra, movimenti di massima.	022
Figura 3.5: Differenti sezioni del corpo umano, a sinistra; dispositivo indossabile ostrusivo e a destra differenti sezioni.	023
Figura 3.6: Lines of Non Extension, a sinistra; mappatura delle linee e a destra test pratico.	027
Figura 3.7: Mappatura delle Langer's Lines.	028
Figura 3.8: Dispositivo Sixth Sense.	030
Figura 3.9: Sistema d'interazione basato al tocco tra le differenze parte delle dita.	032
Figura 3.10: Esempio di segnali EMG rilevati.	035
Figura 3.11: A sinistra e in centro, tipici elettrodi si superficie, e a destra elettrodi Delsys.	036

Figura 3.12: Cavi integrati a un tessuto, a sinistra fotografia e a destra schema del tessuto a tre stratti.	037
Figura 3.13: Area di applicazione della EMG cinesiologia.	039
Figura 3.14: Unità motrice di forza.	039
Figura 3.15: Controllo della Unità motrice di forza.	040
Figura 3.16: Controllo dell'unità motrice segnale EMG.	041
Figura 3.17: Segnali sEMG sintetizzati.	041
Figura 3.18: Posizionamento dei sensori e le deferente ampiezze di onda rilevati.	043
Figura 3.19: A sinistra rilevamento di rumore sEMG generato dalla movimentazione del cavo, e a destra rilevamento di rumore EMG generato da un'onda elettromagnetica.	044
Figura 3.20: Sovrapposizione di segnali sMEG.	046
Figura 3.21: Differenza di segnale rilevato tra un sensore di singolo e doppio differenziale.	047
Figura: 3.22: Fibra di poliammide rivestita d'argento.	049
Figura 3.23: Schema di una camera a bassapresione per PECVD.	055
Figura 3.24: A sinistra generatore RF di plasma, e a destra schema delle specie reattive in un plasma freddo.	056
Figura 3.25: A sinistra rappresentazione dell'angolo di contatto, e a destra superficie idrofobica.	057
Figura 3.26: Interazione elettrostatica tra plasma e substrato.	059
Figura 3.27: A sinistra intreccio di maglia a trama e a destra maglia a catena.	066
Figura 3.28: A sinistra rappresentazione del lato diritto di una maglia a trama, e a destra il lato rovescio.	067
Figura 3.29: Rappresentazione di una maglia a costa, diritto e rovescio 1/1.	068
Figura 3.30: Schema per l'applicazione di elettrodi in tessuti.	080
Figura 3.31: Misure antropometriche dell'avambraccio.	083
Figura 3.32: Movimento di Adduzione e abduzione del carpo.	083
Figura 3.33: Movimento di flessione e estensione del carpo.	084
Figura 3.34: Movimento di pronazione e supinazione dell'avambraccio.	084
Figura 3.35: Muscoli superficiali dell'avambraccio.	087
Figura 3.36: Muscoli superficiali di secondo stratto dell'avambraccio.	087
Figura 3.37: Muscoli di terzo strato dell'avambraccio.	088
Figura 3.38: Muscoli profondi dell'avambraccio.	088

Figura 4.1 - Processo del segnale, dal muscolo al computer. . . . .	. 095
Figura 5.1: Movimenti rilevati: a sinistra flessione del carpo, in mezzo chiusura della mano e a destra apertura della mano. . . . .	. 105
Figura 5.2: Movimenti rilevati: a sinistra estensione del carpo e a destra tocco tra dito indicatore e il pollice. . . . .	. 106
Figura 5.3: Grafici di un segnale sEMG: segnale grezzo, filtrato, e campionato. . . . .	. 106
Figura 5.4: Posizionamento dei sensori e le diverse ampiezze di onda rilevati. . . . .	. 108
Figure 5.5: Posizionamento dei sensori: a sinistra gruppo dei muscoli estensori del carpo, in mezzo gli estensori	Figura
5.6: Percorsi dei canali conduttivi ed i suoi rispettivi gruppi muscolari. . . . .	. 111
Figura 5.7: Maglia a colore complementare: a sinistra con le briglie e a destra con le briglie tagliate . . . . .	. 112
Figura 5.8: A sinistra esempio di effetto placcato, e a destra maglia a catena getatta con effeto placcato. . . . .	. 113
Figura 5.9: Ottenzione di maglia doppia in macchine circolari. . . . .	. 116
Figura 5.10: Mappatura dei elettrodi ricamati sopra i canali condutivi sulla maglia interna. . . . .	. 119
Figura 5.11: Schema stampa aderente intorno agli elettrodi e all'interno del bordo elastico. . . . .	. 121
Figura 5.12: Schema di connessione a pressione con sistema a pettine. . . . .	. 122
Figura 5.13: Schema di connessione a pressione con sistema a rivetti. . . . .	. 122
Figura 5.14: Schema dei componenti interni del dispositivo. . . . .	. 125
Figura 5.15: Sviluppo della forma della scocca seguendo le guide dell'ICES. . . . .	. 126
Figura 5.16: Viste ortogonali e in prospettiva della scocca definita. . . . .	. 127
Figura 5.17: Dettagli del dispositivo. . . . .	. 128
Figura 5.18: Dettagli interni della scocca del dispositivo. . . . .	. 129
Figura 5.19: Componenti in tessuto del manicotto. . . . .	. 131
Figura 5.20: Misure di massima del dispositivo. . . . .	. 131

Indice Tabelle

Tabella 3.1: Angolo di contatto dell'acqua di film di polietilene per diversi plasmi.	057
Tabella 3.2: Influenza della potenza del generatore RF (temperatura del sostrato di 120C, pressione Ar:22 Pa, H2:4 Pa). . . . .	. 060

Tabella 3.3: Influenza della temperatura del sostrato (pressione Ar:22 Pa, H2:4 Pa).	061
Tabella 3.4: Influenza della composizione del gas di atmosfera (temperatura del sostrato di 120 C, potenza di RF 0.23 W/cm ² , pressione Ar:22 Pa, H2:4 Pa).	062
Tabella 3.5: Misure antropometriche dell'avambraccio.	083
Tabella 3.6: Misure dinamiche dei movimenti di Adduzione e abduzione del carpo.	084
Tabella 3.7: Misure antropometriche dei movimenti di flessione e estensione del carpo.	084
Tabella 3.8: Misure antropometriche dei movimenti di pronazione e supinazione dell'avambraccio.	084
Tabella 5.1: Distinta base, nome e gruppi.	133
Tabella 5.2: Distinta base; codifica, materiale, processi, made o buy, quantità.	134

Capitolo 1

Introduzione

Spinto dalle nuove tendenze tecnologiche e da una nuova era d'interazione in cui stiamo entrando, questo progetto intende creare un prodotto inedito sul mercato partendo da tecnologie già esistenti, fino ad ora utilizzate in altri campi e per altri scopi. Di continuo vediamo comparire nuovi tipi di prodotti e nuove tecnologie che ci propongono nuove possibilità d'interagire col mondo. Questo progetto vuole proporre agli utenti la possibilità di interagire con i sistemi tecnologici che conosciamo in un modo più intuitivo e naturale, basato alla gestualità.

Il design è un'attività multi disciplinare e di solito coinvolge professionisti di diverse aree, questo progetto vuole abbracciare due specifiche aree: il biodesign e il design per l'interazione. Tutte e due le branche hanno proprie metodologie e metodi diversi, ma uno scopo comune : ottenere un prodotto. In questo progetto si cercherà di mescolare queste diverse metodologie per avere un prodotto finale che soddisfi le esigenze di entrambe le parti.

Il design per l'interazione, più specificamente tra uomo e computer o sistema, studia la componente psicologica dell'utente, e cerca di capire nuovi metodi d'interazione e come questi possono aggiungere valori alla vita delle persone. Cerca di migliorare il contatto tra uomo e tecnologia con lo scopo di facilitare questa interazione.

Il design di "consumo", invece, parte da un'idea o da un prodotto già formato e cerca di migliorarlo finché possa essere fruito in modo più confortevole e meno invasivo.

Quindi queste due parti del design in questo progetto, possono definirsi complementari.

In più, siccome questo è un progetto con una forte componente tecnologica, parteciperanno diversi saperi e figure professionali : bioingegneri, ingegneri elettrici e dell'informatica che lavoreranno in aree specifiche affinché il prodotto sia sviluppato bene in tutte le sue parti.

Capitolo 2

Tendenze tecnologiche

2.1 La rivoluzione dell'informatica

Per capire meglio il nostro scenario tecnologico attuale, dobbiamo capire com'è stata la sua evoluzione, e come la tecnologia ha influenzato il comportamento umano e il nostro modo di guardare il mondo.

Grandi cambiamenti sono accaduti con la nascita dei computer e dell'informatica.

Sotto tutti gli aspetti, non solo per quelli di natura quantitativa, come l'aumento esponenziale del potere di processare e la capacità d'immagazzinamento. I computer si sono rimpiccioliti e ormai sono incorporati in un'immensa gamma di materiali ed artefatti, assumendo posto in quasi tutti gli aspetti della nostra vita, fino ad arrivare ad alterarli. Questi cambiamenti, molte volte, sono spinti dalla tecnologia. Ma in altri casi, il comportamento delle persone è il maggior responsabile dell'innovazione tecnologica.

Si può certo dire che il prodotto che ha cambiato di più il nostro modo di vivere è stato il computer. All'inizio non era così presente e importante per tutti come lo è oggi. Per raggiungere questa importanza, ha attraversato una lunga storia caratterizzata da tante rivoluzioni e cambiamenti. Alcuni dei più importanti sono: la generalizzazione del personal computer, la nascita dell'interfaccia grafica e della rete internet.

Il passato del computer può essere anche diviso in ere che spiegano meglio la sua evoluzione. All'inizio aveva grandissime dimensioni ed era condiviso tra molte persone, era usato sempre da specialisti e si trovava ai CED (Centri di Elaborazione di Dati), aziendali o pubblici. Poi si è evoluto e rimpicciolito fino ad arrivare alle scrivanie dei singoli impiegati e degli studenti. Infine è diventato personale e lo si utilizza quasi quotidianamente. Ormai ha dimensioni veramente piccole e alta capacità di elaborazione dei dati. Tanto da essere arrivati al punto in cui un unico individuo utilizza diversi computer. Si prevede che questi numeri si moltiplicheranno sempre di più. Quindi nella genesi e nelle conquiste dell'informatica confluiscono "macro" e "micro": la convergenza tra l'idea-limite della matematizzazione dell'universo, del calcolo senza errori, dove abbiamo velocità e accessibilità sempre maggiore e di dimensione e prezzi sempre minori.

Dopo gli anni Ottanta l'informatica invade ogni campo della progettazione e produzione industriale, della progettazione artistica, dei servizi, del commercio e turismo, e della cura dei beni culturali. Essa viene impiegata in numerose applicazioni per l'elaborazione del suono; in architettura e design (CAD); nell'industria (CAE) e (CAM); in robotica per l'Intelligenza Artificiale e via fino ad arrivare a e-commerce, e-mail, e-banking, ecc. Oggi i microprocessori sono ovunque: negli strumenti scientifici e nelle macchine casalinghe, negli orologi e nei giochi, nelle cards e nei satelliti, nelle 'chiavette' e nei distributori di bevande.

Adesso che il computer è diventato leggero, completo e mobile, viaggia con le persone in forma di telefono cellulare, palmtop, laptop, lettori mp3, telecamere. Computer ormai è anche uno stile di vita, di studio, di consumo, di gioco, di lavoro. Contribuisce a creare una società automatizzata, dove si può avere accesso immediato all'informazione e un contatto in tempo reale con le persone, sia video che audio, dovunque esse siano. Principalmente dentro alle nostre case con i nostri Home Computer (HC).

La nascita degli HC e della rete internet ci hanno dato la possibilità di fare di tutto senza avere bisogno di uscire di casa. Sono disponibili nella rete diversi tipi di servizi; alcuni ci permettono di fare la spesa e comprare praticamente di tutto, altri come MSN e Skype ci fanno vedere, sentire e parlare con le persone; con Secondlife si può addirittura simulare una vita virtuale avendo un avatar in un mondo digitale.

Le nuove tecnologie sono sempre più presenti nella nostra realtà, e noi diventiamo sempre più dipendenti dai vantaggi e dalle possibilità offerte da questi sistemi. Come andare al bancomat, per esempio. Siamo già così abituati che preferiamo andare allo sportello automatico a premere i tasti piuttosto che andare alla banca, restare in coda, ed interagire con l'operatore delle casse.

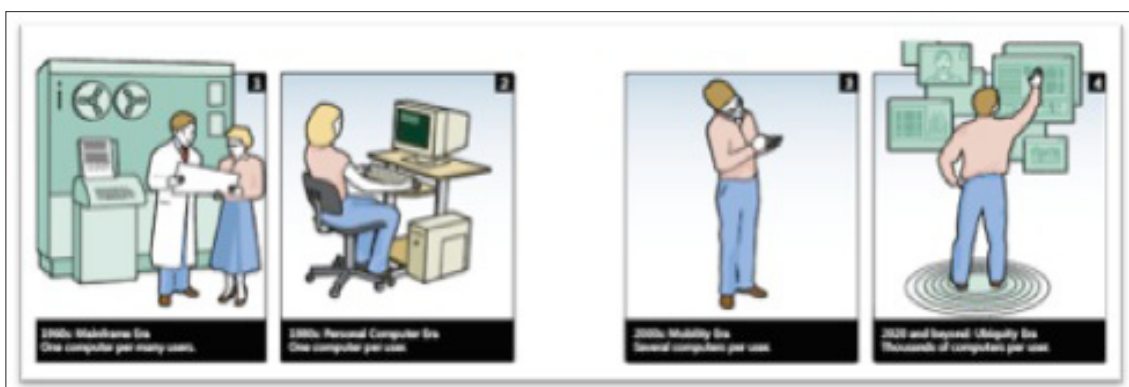


Figura 2.1: Le quattro ere del computer

Si percepisce di più questa dipendenza quando proviamo il sentimento di frustrazione all'aver bisogno di scrivere un documento con una macchina da scrivere invece di usare un computer.

Questo è un fenomeno che tende ad avere l'effetto "palla di neve", perché l'industria che produce quello che la società consumista ha bisogno, studia il comportamento e le necessità degli utenti per elaborare nuovi prodotti. E siccome tendiamo a diventare sempre più dipendenti dei nuovi prodotti e servizi che ci facilitano la vita, saremo sempre più consumatori di tecnologia. Quindi la dipendenza tecnologica del virtuale e del mobile spinge al perfezionamento e alla creazione sempre maggiore di nuovi tipi di servizi e tecnologie che si adattano alle nuove necessità che abbiamo.

La dipendenza tecnologica genera forti richieste ai designer di tecnologia e agli esperti in computer. Questi cercano di capire il cambiamento delle abilità di generazione in generazione per sviluppare nuovi prodotti. Per esempio, noi abbiamo abilità e necessità diverse da quelle che hanno i nostri figli, perché loro sono nati già in mezzo alla tecnologia e ai computer. Fin da piccoli hanno accesso all'informazione e perciò la loro formazione è diversa, usano più la calcolatrice; la mail, la tv pay-per-view ecc. La prossima generazione sarà ancora diversa perché loro avranno a disposizione una tecnologia diversa della nostra, che sarà già obsoleta.

Si prevede che nel 2020 i bambini non avranno più le abilità mentali dell'aritmetica di base. Infatti i designer lavorano per cercare di capire come realizzare i prossimi prodotti, che devono essere adatti alle nuove necessità.

Ormai le persone sono già abituate alla tecnologia, è quasi come una cosa naturale. Il nostro modo di vivere è estremamente collegato a quello che abbiamo a disposizione. È difficile che una persona senza accesso ad internet o alla telefonia cellulare riesca a gestire la sua stessa vita allo stesso ritmo imposto delle grandi città.

Alla fine quanto più diventiamo dipendenti della tecnologia che usiamo giornalmente, più avremo bisogno di avere fiducia in ciò che stiamo utilizzando. Questo è un altro punto di domanda per i designer e progettisti di tecnologia: le persone saranno capaci di adattarsi a situazioni in cui l'accesso alla tecnologia non può essere garantito?

2.2 Da GUI a gesti

La maggior parte di noi ha imparato a usare un computer tramite l'interazione con un personal computer, utilizzando una tastiera e un mouse per puntare, cliccare, scegliere le icone e

selezionare le La maggior parte di noi ha imparato a usare un computer tramite l'interazione con un personal computer, utilizzando una tastiera e un mouse per puntare, cliccare, scegliere le icone e selezionare le opzioni dei menu. Abbiamo iniziato con la creazione di documenti utilizzando elaboratori di testi, a fare calcoli utilizzando i fogli di calcolo e facendo slide show utilizzando le applicazioni di presentazione. La nostra prima esperienza con i computer è stata abbastanza intuitiva, per mezzo di un desktop virtuale, che ci ha permesso di fare tutti questi compiti attraverso il *Graphical User Interface* (GUI), permettendoci di interagire con gli oggetti grafici sullo schermo anziché bararsi unicamente su comandi digitati.

Graphical User Interface, comunemente abbreviata in interfaccia grafica, è un paradigma di sviluppo che mira a consentire all'utente di interagire con il computer manipolando graficamente degli oggetti, svincolandolo dall'obbligo di imparare una serie di comandi da impartire da tastiera sulla cosiddetta linea di comando di sistema come invece avviene nelle più tradizionali interfacce testuali CLI (command line interfacce). GUI è lo strato di un'applicazione software che si occupa del dialogo con l'utente del sistema utilizzando un ambiente grafico.

La GUI ha dominato il nostro modo di interagire con il computer per oltre venti anni. In molti aspetti è abbastanza malleabile: cose comuni come premere un tasto sbagliato o scrivere una parola in modo non corretto non ci preoccupano, perché ci sono i correttori ortografici e ogni tanto neanche ci rendiamo conto di queste correzioni. Allo stesso modo, ci troviamo spesso a selezionare il comando sbagliato nel menù delle opzioni, ma sappiamo di poter rapidamente fare l'"Undo". Ma per altre funzioni, non è così tollerante. Molti di noi soffrono di mal di schiena e alcuni di (LES) dovuto al lavoro senza sosta, premendo la tastiera e il mouse per ore e ore. Sorprendentemente, la maggior parte di noi sopporta questi problemi. I ricercatori, da anni, sono a conoscenza del fatto che puntare, cliccare e trascinare, non sono ideali forme d'interazione per molte attività. Disegnare un fiore o firmare il nostro nome con il mouse per esempio, è difficilissimo.



Immagine 2.1: Due nove tipi d'interazione per utilizzare il computer, a sinistra tablet display touch e magic mouse

Per cui, negli ultimi anni, sono state sviluppate nuove periferiche di input che sono più ricche e meno inclini alle numerose lacune della tastiera e dell'interazione del mouse. Per esempio, ci sono i computer che utilizzano la tavoletta grafica con lo stilo, e anche i sistemi di supporto cartaceo digitale che catturano marcature effettuate su una carta speciale con una macchina fotografica incorporata in una penna. Queste periferiche permettono l'interazione attraverso disegno e scrittura a mano mentre i sistemi di riconoscimento vocale sostengono un diverso tipo d'interazione naturale, permettendo alle persone di inviare comandi e di dettare attraverso la voce. Nel frattempo, le superfici multi-touch permettono l'interazione con le mani e la punta delle dita su superfici sensibili al tocco, che ci permette di manipolare gli oggetti in digitale come se fossero fisici.

Dalla GUI alla multi-touch, il nostro modo di interagire con i computer si sta cambiando, come mai prima. Dispositivi a due mani e multi dita forniscono un mezzo più naturale e flessibile d'interazione al di là del singolo punto di contatto offerto dal mouse. Il passaggio a più punti di contatto supporta anche nuove forme d'interazione in cui le persone possono condividere una singola interfaccia, raccogliendo intorno ad esso e interagire tra di loro.

Sono poi state sviluppate interfacce tattili ed è ben visibile come in ormai quasi tutti gli oggetti di uso comune siano presenti dei sensori che sono in grado di percepire e rilevare il modo in cui sono manipolati e spostati nello spazio. Quest'approccio ha già trovato la sua strada in una vasta gamma di giocattoli e sistemi di gioco come la Wii di Nintendo. Fotocamera e input a pressione sono stati inoltre sviluppati consentendo che la movimentazione di tutto il nostro corpo possa controllare il computer, come ad esempio tamponi a pressione in Dance Revolution e l'uso del monitoraggio di video in Eye Toy di Sony e nella X-box 360 di Microsoft.



Immagine 2.2: The Ractable, dispositivo multi-touch per comporre musica

La capacità di avere un'interazione diretta senza impegno fisico con i computer o con i dispositivi d'input è anche un motivo di crescita. I movimenti oculari sono stati utilizzati per molti anni come un modo per sostenere le interazioni di persone disabili con i computer, ma ora stiamo anche vedendo l'avvento di "interfacce cervello - computer". Tali sistemi consentono, ad esempio, alle persone con gravi disabilità fisiche di utilizzare le loro onde cerebrali per interagire con il loro ambiente. L'attività cerebrale in tempo reale sta cominciando a essere usata per controllare filmati digitali, musica, e accendere e spegnere le luci. Queste interfacce possono persino controllare i braccia dei robot, permettono alle persone con handicap di manipolare oggetti.

Dispositivi possono essere anche prodotti presenti della nostra attività nel mondo in generale. Ad esempio, la nostra posizione può essere percepita attraverso il GPS e la nostra movimentazione può essere acquisita con telecamere a circuito chiuso, fornendo input per una serie di tecnologie interattive. Low-cost Radio Frequency Identification (RFID) possono essere monitorate e fornire nuove forme di informazione che possono essere inserite in catene di approvvigionamento. Questi esempi riflettono come in un futuro prossimo, i computer incorporati saranno sempre più comuni, determinando le azioni da intraprendere in base a dove siamo, come ci muoviamo e che cosa stiamo facendo.

Esistono una serie di prodotti interattivi che usano diverse tecniche e tecnologie per il rilevamento dei dati, le più interessanti saranno viste nei prossimi capitoli.

2.3 Realtà virtuale

Lo scopo della realtà virtuale è quello di ricreare un'applicazione in un ambiente digitale in cui l'utente abbia la possibilità di muoversi in tempo reale in uno spazio tridimensionale, interagendo direttamente con esso. Questo mondo tridimensionale può essere il modello geometrico di un edificio, di un monumento, di una città o di un territorio, spostarsi in tempo reale significa che l'utente non segue passivamente un percorso o un movimento nello spazio predefinito, ma decide attraverso le proprie azioni dove guardare, dove andare, quali comportamenti attivare. Al funzionamento di base (navigazione in tempo reale) possono poi aggiungersi una serie di comandi e opzioni interattivi per accedere a molteplici livelli e tipologie di contenuti ed utilizzo.

Inoltre, la realtà virtuale studia i metodi d'interazione tra l'utente e il mondo virtuale. Come la creazione di nuovi sistemi di navigazione, strumenti per la visione tridimensionale come gli Head Mounted Display (HMD) che permettono che l'utente si immerga totalmente ad un ambiente digitale, i dispositivi per la manipolazione degli oggetti virtuali, e ecc. Si tratta del perfezionamento di una simulazione che viene percepita totalmente dai nostri sensi, in parti

colare dalla vista, seguita dall'udito e dal tatto.

Dalla realtà virtuale è nata la realtà aumentata (AR), che si tratta della fusione in tempo reale di immagini digitali generati dal computer con il contenuto del mondo reale. Diversamente dalla tecnologia della realtà virtuale (VR), che immerge totalmente l'utente dentro uno scenario sintetico, nella realtà aumentata l'utente può vedere oggetti virtuali tridimensionali sovrapposti al mondo reale, per la AR si usano HMD speciali che possiedono telecamere, questi captano e trasmettono l'immagine dello scenario reale all'utente in tempo reale.

Entrambi AR e VR fanno parte di un più ampio settore detto 'mixed reality' (MX). Questa denominazione viene impiegata quando il mondo reale e virtuale di oggetti sono presentati insieme in un unico display.

La tecnologia della Mixed reality può ben rappresentare l'interazione col mondo reale, particolarmente con l' utilizzo della AR che ha come caratteristica e vantaggio quello di combinare il mondo reale con il virtuale e il sistema d'interazione tra essi, in tempo reale.

Precedenti ricerche hanno dimostrato che la tecnologia della AR può essere applicata in diversi campi compreso educazione, medicina, ingegneria, militare ed intrattenimento. Ad esempio mappe virtuali sovrapposte sul mondo reale per aiutare la navigazione delle persone attraverso il mondo reale, immagini mediche possono apparire sul corpo di un paziente reale, architetti possono guardare costruzioni virtuali in ambiente reale prima che questo sia costruito, designer possono interagire con oggetti in maniera più realistica prima di produrre un prototipo, o fare visualizzare ai clienti diverse versioni, colori e interagire con la forma dentro un contesto reale o sovrapposto a modelli esistenti.

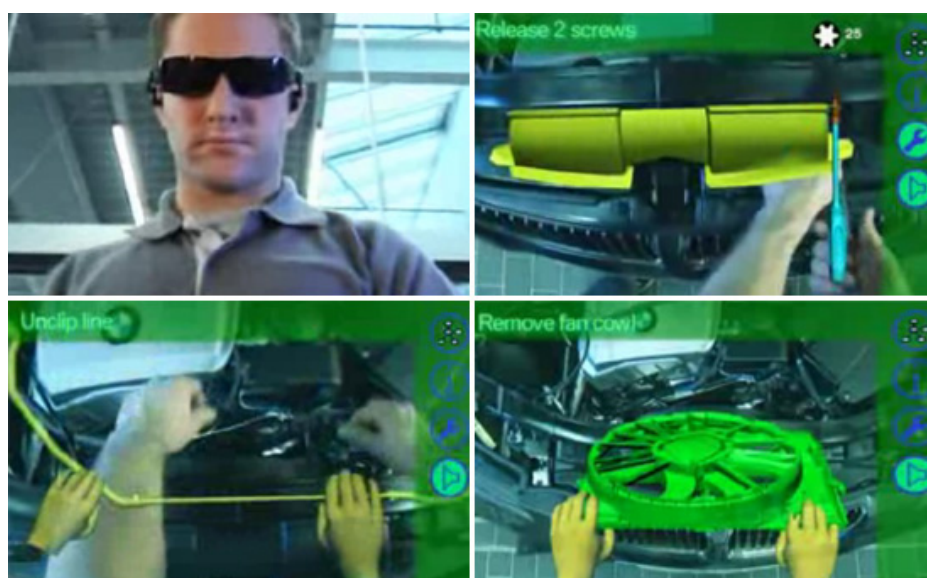


Immagine 2.3: Ambiente di realtà aumentata, utilizzato come guida in linea di montaggio

Si possono identificare anche diversi tipi di ricerche parallele spinte dal gran potenziale e diversità di impiego della AR.

- Tecniche di Eye-tracking: per curare e migliorare il feedback con immagini virtuali sul mondo reale.
- Display Technologies: Come Head Mounted Display e puntatori per la AR.
- Mobile AR: utilizzo di computer mobili per svolgere applicazioni che possono essere usate in outdoor.
- Interaction techniques: Metodi e dispositivi per interagire col contenuto della AR.
- Nuove applicazioni e software per l'AR.

Capitolo 3

Scienze di base e tecniche di progettazione

3.1 HCI - Human Computer Interaction

L'interazione uomo-computer (HCI) è lo studio delle interazioni tra le persone (utenti) e computer. È spesso considerato come l'intersezione di computer science, scienze del comportamento, del design e molti altri campi di studio. L'interazione tra utenti e computer si verifica a livello di interfaccia utente (o semplicemente di interfaccia), che include sia software che hardware, per esempio, i personaggi o gli oggetti visualizzati dal software sul monitor di un personal computer, input inviati dagli utenti tramite le periferiche hardware come mouse; joysticks o qualsiasi dispositivo di interazione, e la relazione con altri utenti su larga scala di sistemi computerizzati quali gli aerei e le centrali elettriche. La *Association for Computing Machinery*, definisce l'interazione uomo-computer come "una disciplina in questione con la progettazione, la valutazione e l'attuazione di sistemi informatici interattivi per uso umano e con lo studio dei grandi fenomeni che li circondano."

Un aspetto importante della HCI è la garanzia della soddisfazione degli utenti rendendo l'interazione con qualsiasi tipo di sistema sia più intuitiva e facilitata.

Attualmente l'obiettivo del tipico progetto di ricerca in HCI è quello di fare il design o il re-design di una tecnologia dell'informatica in particolare (un prodotto, un servizio, una applicazione o un sistema), con lo scopo di migliorare l'esperienza ricevuta o per creare un'esperienza totalmente diversa.

Per capire cos'è lo HCI e l'usabilità bisogna far riferimento al modello di Norman. Egli identifica le fasi principali nell'interazione utente-computer:

- formulare l'obiettivo
- formulare l'intenzione
- identificare l'azione
- eseguire l'azione

- percepire lo stato del sistema
- interpretare lo stato del sistema
- valutare il risultato rispetto all'obiettivo

Un principio fondamentale è capire gli utenti e i compiti che intendono svolgere. Le interfacce utente devono consentire tali compiti nel modo più immediato e intuitivo possibile. Perciò è importante anche la fase dell'analisi dei compiti. Per capire questo è importante coinvolgere nella progettazione l'utente finale: attraverso interviste, sondaggi, questionari, ecc.

Come tutti sanno, la Microsoft è tra le più grandi aziende del settore dell'informatica attuale, è stata la prima azienda a creare un sistema più intuitivo per l'interazione con i computer. Windows è il sistema operativo più popolare al mondo, ma tranne questo hanno sviluppato diversi softwares e videogiochi con diverse tipologie di interazione.

Loro propongono una metodologia per lo sviluppo di progetti relazionati alla HCI, che invece dei tipici metodi di ricerca ha una voce un più nel campo interattivo: la Comprensione. La loro estensione della metodologia è suddivisa in cinque tappe; Comprensione, Studio, Design, Costruzione e Valutazione. E prevedono pure l'attuazione di diversi professionisti al fine di scambiare diversi punti di vista nello sviluppo di queste nuove tecnologie.

3.1.1 Espansione di ricerca e ciclo di design

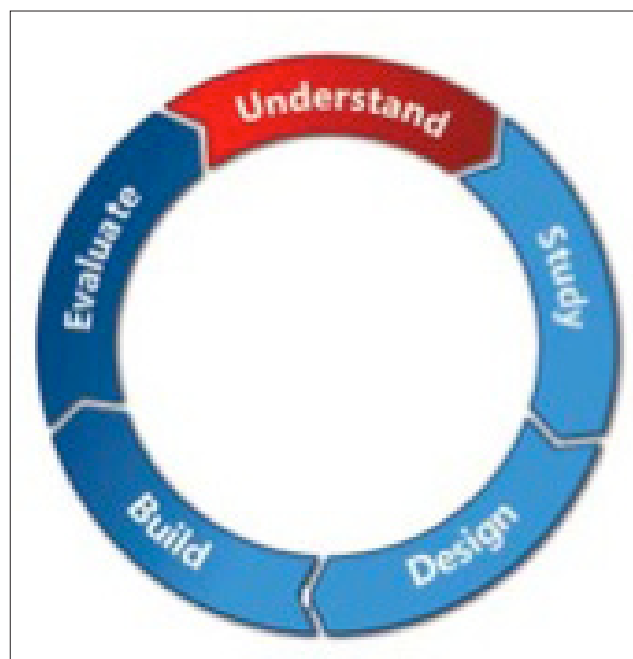


Figura 3.1: Le 5 fasi di un ciclo in di design

Comprensione

In questa nuova fase iniziale si consiglia di concentrarsi sui valori umani e di individuare quelli che vogliamo progettare con la ricerca. Ciò richiederà una riflessione una analisi concettuale anche su altre discipline. Sarà anche interessante parlare con le parti interessate, compresi gli utenti, così come chi è coinvolto nello sviluppo o nella progettazione della tecnologia in questione (se questo sia l'obiettivo). Questo per determinare quali valori aggiunti vengono dati agli utenti da questa tecnologia, e a quali tipi di utenti questo progetto può interessare. In questa fase di lavoro occorre chiarire che tipo di valore aggiunto possiamo ottenere attraverso tali interazioni.

In definitiva, questa nuova fase del ciclo definisce gli obiettivi delle scelte. Si tratta inoltre di specificare cosa e che tipi di persone sono al centro di questo particolare progetto, e in quali tipi di settori, attività, ambienti o culture. In altre parole, si tratterà di scegliere il tipo di valore che ci interessa. Tali indagini a sua volta possono puntare a qualche ricerca di base, che deve essere compiuta in fase due, o concederanno l'orientamento verso la ricerca in questione che è già stata effettuata.

Tipi di utenti, settore di attività e che cosa ritengono come valore?

Tipo d'interazione proposto, e che valore aggiunto porterebbero agli utenti questi tipi d'interazione?

Scopo del dispositivo?

Studio

Questa fase della ricerca consiste nello sviluppare maggiormente quali fattori sono in gioco, come i valori d'interesse sono evidenti nella vita quotidiana. Mentre la fase uno fornisce un quadro di riferimento per guidare la progettazione e la ricerca, in questa fase occorre ideare i dettagli di come individui e gruppi sociali realizzano tali aspirazioni particolari. La cosa diversa rispetto a questo tipo di analisi e l'approccio canonico HCI, è che, mentre un progetto HCI tipico può solo guardare l'interazione di un individuo, un insieme di compiti o pratiche intorno ad una tecnologia particolare. La fase di Studio può essere molto più ampia. Si comincia a considerare i dettagli di compiti particolari o di pratiche, ma poi si chiede come quei meccanismi possono aiutare le persone a raggiungere interazione più valorizzata e durevole attraverso e oltre l'interazione.

Questo tipo di analisi quindi non si limita a prendere in conto delle interazioni delle persone con la tecnologia, ma guarda anche le loro interazioni con il mondo quotidiano, in senso più

ampio: l'ambiente, con oggetti di uso quotidiano, con altre persone, e con gli elementi hi-tech del loro mondo. Si tratta di un'analisi più complessa con input provenienti da discipline al di fuori di HCI, concentrandosi sulle forze che spingono le persone a impegnarsi con le tecnologie, e il modo in cui tali tecnologie sono incorporate nel mondo.

Questa fase normalmente conduce allo studio di un utente o di un altro. Spesso, questo significa etnografia, guardando particolari tipi di persone in particolari situazioni. Partendo da questo, ulteriori studi sugli utenti possono essere condotti per esaminare i modi in cui determinati tipi di comportamenti possono avere valori specifici in una situazione più controllata nel laboratorio. Ad esempio, se l'obiettivo è di produrre esperienza online di shopping e la fiducia tra un supporto shopper e un processo online, questo può essere studiato in modo mirato. Questo può anche essere un caso applicabile per dei particolari set dei valori umani. L'analisi concettuale dalla fase 1 sarà di aiuto al lavoro esistente, in questo caso anche per gli studi in altri campi.

Quindi, Fase 2 fornisce una comprensione di messa a terra di come i valori umani di interesse sono effettuati attraverso l'interazione, tenendo conto dei fattori sociali, ambientali e così via. In sostanza fornisce un ricco mix di prospettive e approfondimenti all'interno dei quali possiamo cominciare a immaginare e tracciare le diverse possibilità tecnologiche.

Attraverso ricerche più mirate al comportamento dell'utente principale e alle sue interazioni col mondo, si può avere un feed back di valori (gestualità, interesse e comportamento) per arricchire le funzioni del dispositivo che dovrà essere creato. Così il tipo d'interazione può essere scelto per poi individuare le tecnologie che potrebbero essere usate in questo tipo di interazione.

Disegno

La terza fase è più che altro un progetto o fase creativa e ci coinvolge facendoci riflettere su quelli che dovrebbero essere gli obiettivi di progettazione. Essa potrebbe essere la fase in cui si vuole generare, sostenere o amplificare i valori umani trattati. Tuttavia, potrebbe essere che l'obiettivo di progettazione è di approfondire la nostra comprensione di una serie di valori, un gruppo di persone, o di un dominio. In questo caso, si potrebbe desiderare di progettare per provocare ambiguità nel modo in cui una tecnologia è utilizzata o interpretata, o addirittura in contrasto con i valori che si sono interessati. Si trattano di tecniche che hanno le loro radici più saldamente nel mondo dell'arte e del design ma che possono essere utilizzate per far progredire la ricerca. Oppure può essere che vogliamo progettare per le persone che sono progettisti, provocando e ispirando le azioni creative e facilitando la sua interazione. Siccome il nostro obiettivo di progetto può essere più difficile da definire, l'ultimo risultato del nostro lavoro di progettazione è

la fase più difficile da prevedere, perché è il punto in cui la creatività va applicata proprio nello sviluppo di un sistema tecnologico.

La fase di progettazione deve considerare la cultura e il luogo in che la nuova tecnologia sarà situata, specialmente se ci sono differenti ecosistemi sociali e fisici come scuole, stazioni, chiese, o piazze. Che cosa potrebbe significare per le diverse persone che li frequentano? Come la tecnologia può essere utilizzata accanto ad altre tecnologie esistenti e presenti?

Disegno e realizzazione del prodotto, servizi o sistemi d'interfaccia grafica?

Costruzione

Questa fase ci può coinvolgere in qualsiasi campo, da metodi lowtech come prototipi di carta e schizzi, a sistemi più hi-tech e pronti per le prove sul campo a lungo termine. Considerando che, in precedenza, gran parte della costruzione all'interno di un HCI è stata essenzialmente basata su software, che comporta lo sviluppo di, ad esempio, di un'interfaccia per un desktop o un dispositivo mobile, ma siccome stiamo progettando per il futuro per cercare di creare nuovi metodi d'iterazione, ciò che costruiamo può essere più ibrido. Per esempio, le telecamere possono essere utilizzate come un dispositivo di input, piuttosto che una tastiera. Si potrebbe, come altro esempio, implicare la creazione di oggetti di uso comune come mobili, o parti del costruito ambiente, quali pareti o pavimenti speciali. Si potrebbe anche pensare ad uno sviluppo senza interfaccia in senso tradizionale. Per esempio, i dispositivi di micro pagamento che richiedono semplicemente una prossimità e nessuna interazione tipo toccare, cliccare o indicare. Alcune interazioni sono distribuite nelle diverse parti di un ecosistema fisico-digitale composto di vari dispositivi e sub-sistemi di collegamento. Altri non hanno interfaccia nel senso che essi sono incorporati all'interno del mondo quotidiano e non sono riconoscibili come i computer. Questo non significa che la ricerca HCI evita la costruzione di tali sistemi. Al contrario, se tali sistemi si riferiscono ai valori umani di qualche tipo, allora HCI deve sforzarsi di esplorare la loro ricerca a prescindere dalla loro forma.

La complessità di tali sistemi ibridi potrebbe implicare che la loro costruzione sia un lento e laborioso processo. Certamente, quando richiesto, si potrebbe pensare di utilizzare un metodo di produzione con ingegneria di qualità. Invece spesso si costruiscono le tecnologie che sono sufficientemente robuste per provare ed esplorare il concetto in questione. Se diventa evidente il concetto che, più ricco d'ingegneria è il dispositivo, più tardi verrà realizzato il sistema. Fortunatamente, ci sono vari strumenti e tecnologie che permettono ai ricercatori di finire molti tipi di costruzione in modo rapido e semplice.

Toolkit fisici (ad esempio 'Phidgets' - immagine), può essere usato per montare rapidamente complessi sistemi di software e di hardware, utilizzando mattoni tipo Lego costituiti da vari

sensori e controllori.

Ogni elemento esegue una o due attività e può essere facilmente programmato per l'interconnessione con altri elementi e altri computer. Così, esperienze diverse come l'interazione tra un dispositivo indossabile e un dispositivo situato da qualche parte, o una macchina fotografica da indossare che potrebbe inviare le sue immagini per essere visualizzate su uno schermo vicino, o delle serie di dispositivi palmari che permettono una modalità di input e output basati sul tocco, qualcosa che possa essere costruito senza la necessità di costose macchine utensili o di programmazione avanzata.

Ci sono altri strumenti e tecnologie sul mercato che offrono opportunità analoghe. Come ad esempio la prototipazione. Naturalmente questo non significa che la fase di costruzione in un particolare programma di ricerca sia sempre facile e veloce, chiaramente dipenderà dall'obiettivo. Inoltre, i ricercatori HCI continueranno a utilizzare le vecchie tecniche per la costruzione, come simulazioni virtuali e anche la tecnica del Mago di Oz, quando diventa del tutto poco pratica la costruzione di un sistema completamente funzionale. In quest'approccio, alcune funzioni del sistema possono essere eseguite da un essere umano che è invisibile per l'utente (come il detto Wizard).

Qualunque sia la tecnica o la tecnologia utilizzata in questa fase, l'obiettivo è di costruire qualcosa, in qualunque modo, che permette ai ricercatori di produrre elementi di prova relazionata con l'esperienza che si sta cercando di attivare. Solo allora si potrà partire alla fase successiva, la valutazione.

Valutazione

La quinta fase prevede la valutazione di quello che è stato costruito. La progettazione può solo rappresentare un'ipotesi migliore per quel tipo di soluzione ricercata e studiata. Questa è la fase in cui viene testato il miglior modo di utilizzo immaginato e previsto. Qui possono essere utilizzate le metodologie esistenti HCI.

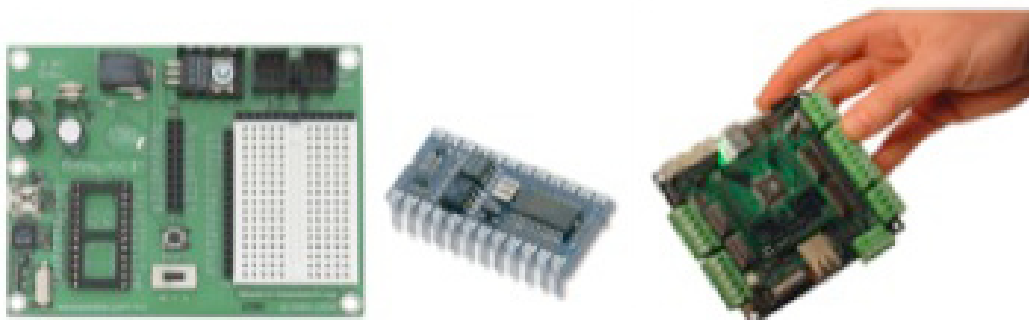


Immagine 3.1: Esempio di schede PCB di sviluppo

Ci sono molte tecniche a cui attingere: da Focus Group per le valutazioni di laboratorio per prove di campo in sito delle tecnologie e così via. Come orientarsi per quanto riguarda al tipo di tecnica di valutazione è opportuno, e in parte, dipende dalla progettazione o dell'obiettivo della ricerca. Quando i valori diventano parte del programma di ricerca, però, ciò che conta come pertinente e rilevante per la valutazione è modificato e ampliato. L'insieme di criteri in base ai quali un progetto è da valutare saranno strettamente legati al tipo di valori perseguiti.

Allo stesso tempo, durante la valutazione, è quasi certo che la verifica di un valore avrà implicazione per altri valori che possono essere in un modo o nell'altro dipendenti da esso. Inoltre, il risultato di un valore può contraddire un altro valore che non era stato previsto prima della valutazione. In altri casi, possono si possono avere benefici inaspettati ottenuti al di là dalle intenzioni originali.

Una nuova sfida alla valutazione per HCI nel 2020 sarà la necessità di valutare a più lungo termine gli impatti che influiscono più in profondità, più del progetto in questione. Questo potrebbe puntare verso valori che sembrano un po' distanti da quello originariamente è stato progettato. Ognuna di queste diverse considerazioni potrebbe indurre i ricercatori HCI a rivedere il loro design originale. Per questo motivo, il processo iterativo rimane importante. Tuttavia, queste considerazioni possono anche suggerire ai ricercatori HCI che altri esperti di altre discipline abbiano necessità di partecipare alla valutazione. Un successivo obiettivo di questa fase potrebbe essere quindi quello di fare ricerche in HCI per identificare quali competenze al di fuori del loro dominio possono essere richieste.

3.2 Biodesign

Negli ultimi decenni l'interesse dei ricercatori per la progettazione e lo studio di soluzioni specificamente indirizzate all'uomo ha originato una serie di discipline caratterizzate dalla presenza del prefisso bio che dal greco vuole dire, vita, che coinvolgono vari ambiti disciplinari tali quali: architettura, ingegneria, medicina, fisica, chimica. Anche per il design, così come è avvenuto per le altre discipline, c'è stato un reale rinnovamento nei confronti dell'approccio progettuale con l'uomo e il suo corpo, stimolando la nascita una nuova area disciplinare quella del Biodesign.

Il biodesign, non è semplicemente il design applicato alla medicina, ma costituisce una nuova disciplina concettuale per l'interdisciplinarietà d stretta collaborazione tra il design, ingegneria e scienze medico biologiche. La finalità del Biodesign è introdurre una innovazione tecnologica

nell'ambito medico o biologico attraverso soluzioni la cui efficacia sia realmente percepita dall'uomo. Inoltre l'obiettivo è di rafforzare il ruolo del design industriale, perché, nonostante ci sia un gran numero di progetti, l'esame del disegno industriale su un'area di ricerca così è assente.

Per lo svolgimento di un progetto versato a Biodesign, è essenziale; avere conoscenza dei dispositivi indossabile disponibili in mercato, le diverse tipologie di sensori e la tecnologia esistente, e pure l'anatomia del corpo umano e la sua meccanica.

I principali parametri da considerare per un progetto di Biodesign sono:

- Precisione dei metodi di rilevamento.
- Elettrochimiche e chimiche dei sensori collegati al corpo umano.
- Efficacia di sistema a circuito.
- Adattabilità alle differenti dimensioni del corpo.
- Studio di forme non invasive.

Il ruolo di un Biodesigner nella progettazione di dispositivi indossabili è quello di capire meglio:

- Il giusto rapporto tra dispositivo e il corpo umano.
- Le condizioni ottimali per consentire uno stabile funzionamento dei sensori.
- La modifica della forma materiale in relazione con la pelle e i muscoli.
- Localizzare e definire le zone in cui mettere forme flessibile, senza interferire con i movimenti fluidi del corpo umano.

Come la tecnologia digitale sta sempre migliorando e la necessità di avere dispositivi indossabili mobili per avere accesso all'informazione è crescente, questo mercato sta prendendo sempre più spazio nella nostra vita quotidiana. Ormai esistono varie entità che trattano e cercano di specializzarsi in questi argomenti come per esempio l'Institute for Complex Engineered Systems (ICES) preso alla Carnegie Mellon University in Pittsburgh, che ha svolto una ricerca per

identificare le aree del corpo dove forme solide e flessibile potrebbero riposare senza interferire col movimento fluido del corpo umano. Il risultato di questa ricerca sono delle linee guida che possono essere applicati nell'attività progettuale. Già il laboratorio di Biodesign dell'Istituto Politecnico di Milano guidato da Marita Canina ha fatto un lavoro ancora più ampio, hanno preso questi parametri dell'ICES e insieme ad altri studi come; Line's of Non Extension di Aberall e hanno cercato di creare delle linee guide più ampie che possono essere usati per la progettazione di dispositivi indossabili in generale, cercando di capire non solo i aspetti fisici e tecnologici, ma pure aspetti psicologici.

Comunque queste linee guide riunite dal laboratorio di Biodesign saranno usate insieme ai parametri del design HCI per creare una metodologia di progettazione per specificare i parametri iniziali per la progettazione di questo nuovo dispositivo indossabile.

3.2.1 Parametri ICES

L'Institute for Complex Engineered Systems (ICES) ha creato dei parametri per la progettazione che cercano di garantire che un dispositivo indossabile possa essere utilizzato senza interferire ai movimenti fluidi di quelli che lo indossano.

Queste informazioni sono state trasformate in linee guide che hanno delle considerazioni e accorgimenti necessari per la progettazione versata all'usabilità.

Linee guide per l'usabilità sono:

1. Disposizione (in che parte do corpo devi essere indossato)
2. Linguaggio formale (definizione della forma)
3. Movimento umano (considerare la struttura dinamica dei movimenti umani)
4. Prossemica (percezione umana dello spazio)
5. Dimensionamento (per le diverse forme del corpo umano)
6. Fissaggio (forme fissate al corpo umano)

7. Contenuto (considera cosa ci sia dentro la forma)
8. Peso (com'è la sua diffusione sul corpo)
9. Accessibilità (accesso fisico alle forme)
10. Interazione con i sensori (per input passivo o attivo)
11. Temperatura (questioni di calore vicino al corpo umano)
12. Estetica (percezione appropriata)
13. Uso prolungato (effetti al corpo e mente)

In questo studio sulla vestibilità i primi sei orientamenti sono i più importanti, e ci sarà di concentrarsi in questi, visto che i altri sette non sono facilmente generalizzabili giacché sono molto più dipendenti dall'ambiente e dei problemi vincolati a progetti specifici.

Questi sono le specificazioni per ogni topico elaborato per l'ICES:

1. Design per vestibilità dinamica richiede una disposizione non ostruiva. La disposizione è stata determinato d'accordo con le aree di vasta superficie nel corpo umano e con l'uso di criteri. Criteri per la collocazione possono variare con le esigenze di funzionalità e accessibilità, tuttavia, è importante lavorare all'interno di apposite aree per un corpo umano dinamico.

I criteri che abbiamo usato per determinare il posizionamento di vestibilità dinamica sono:

- aree che hanno relativamente le stesse dimensioni in tutto gli adulti,
- le aree che hanno un movimento di bassa flessibilità anche quando il corpo è in movimento,
- aree che sono più grandi in superficie.

Applicando questi criteri le aree che si presentano come posti più discreti per il posizionamento non ostruivo sono illustrati in seguito:

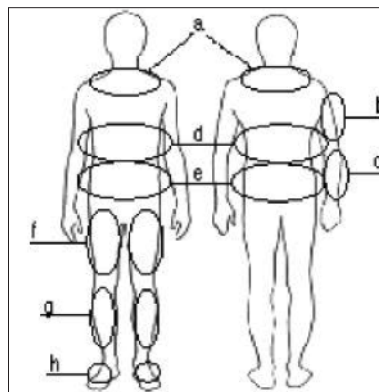


Figura 3.2: Aree non ostrusive ai movimenti

2. Design per il corpo umano richiede anche un linguaggio umanistico. Questo lavora con la forma umana dinamica per garantire una forma comoda e stabile. Un linguaggio formale umanistico include forme concave sulla superficie interna che tocca il corpo, per accettare le forme convesse sulla superficie esterna del corpo umano, la convessità sarà utile anche per deviare oggetti dell'ambiente evitando urti e strappi. Strematura delle facce laterale della forma per stabilizzarla sul corpo. Raggiatura di tutti gli spigoli e angoli per generare una cassetta di sicurezza, e forme morbide da indossare.

Questi passaggi sono illustrati di seguito, prendendo un semplice blocco di un modulo da indossare. Il linguaggio formale umanistico non devi solo rendere una forma indossabile, devi anche aggiungere robustezza strutturale che è cruciale in un ambiente attivo.

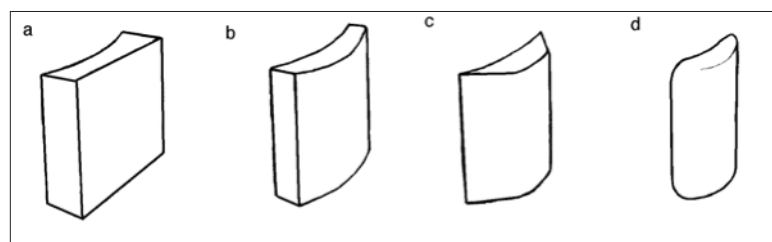


Figura 3.3: Sviluppo della forma indossabile

3. Il movimento umano fornisce un vincolo e una risorsa nella progettazione di forme dinamiche indossabili. Il movimento umano è utile per determinare un profilo o un'impronta per le forme da indossare, come pure per modellare la superficie delle forme. Consideriamo i molti elementi che compongono ogni singolo movimento. Gli elementi includono la meccanica dei giunti, lo spostamento di carne, la flessione e l'estensione dei muscoli e dei tendini sotto la pelle.

Le fotografie illustrano quanto la forma del corpo cambia con il semplice movimento. Permettere la libertà di questi movimenti può essere eseguito in due modi: progettando intorno alle aree più attive delle articolazioni o la creazione di spazi sul modulo da indossare in cui il corpo può muoversi. Per esempio: il tronco è un buon posto per mettere un indossabile, ma le braccia devono avere piena libertà di oscillare intorno al lato e di fronte al busto. Inoltre, il tronco ha bisogno della piena capacità di torsione e piegare. Questi movimenti possono contribuire a scolpire la superficie del modulo.

4. Design per la percezione umana delle dimensioni. Il cervello percepisce un alone intorno al corpo che dovrebbe essere considerato per determinare la distanza di un modulo indossato dal corpo. La comprensione di questi livelli di percezione di tutto il corpo è denominata prossemica. Moduli devono restare entro la portata dello spazio intimo, in modo che essi diventino un punto di vista percepito come parte del corpo. Lo spazio intimo è illustrato qui sotto e può essere compreso tra zero e cinque centimetri dal corpo. I compromessi sono spesso necessari, ma una regola è ridurre al minimo lo spessore il più possibile. Questo aumenta la sicurezza e il conforto, sia fisico sia percettivo. Un buon esempio per osservare è quando un giocatore di football americano giovane indossa le sue prime spalline, e inizia subito a sbattere contro le persone perché ha una portata dimensionale extra.



Figura 3.4: A sinistra; area percepita dal corpo umano e a destra, movimenti di massima

5. La variazione di taglia fornisce un'interessante sfida nella progettazione di forme indossabili. Sia la costruzione di un corpo, il modo in cui sarà guadagnato e perso peso e i muscoli sono importanti. Indossabili devono essere progettati per adattarsi a diversi tipi di utenti. Si può tener conto di queste variazioni dimensionali in due modi. Il primo è l'utilizzo di statistiche e dati antropometriche, che specificano le distanze da punto a punto su diversi organi. La seconda considerazione è di muscolo umano e la crescita di grasso in tre dimensioni. Il montaggio di questi cambi di circonferenze può essere raggiunto attraverso l'uso di solidi zone rigide accoppiate con spazi flessibili.

6. Un comodo fissaggio può essere creato avvolgendo la forma intorno al corpo, invece di usare sistemi con solo un punto di fissaggio, come clip o bretelle. Come per l'orientamento numero cinque, è anche importante avere sistemi di fissaggio che consentono di ospitare varie dimensioni fisiche. Design per il fissaggio stabile, solido e comodo si avvale dell'abbigliamento e delle attrezzature utilizzate all'aperto. Design per le variazioni di dimensione in sistemi di fissaggio può essere ottenuto in due modi semplici. Il primo è attraverso la regolazione, ad esempio, un nastro che può essere esteso, come visto su backpacking attrezzature. Il secondo è attraverso l'utilizzo di sistemi standardizzati di ridimensionamento del settore abbigliamento.

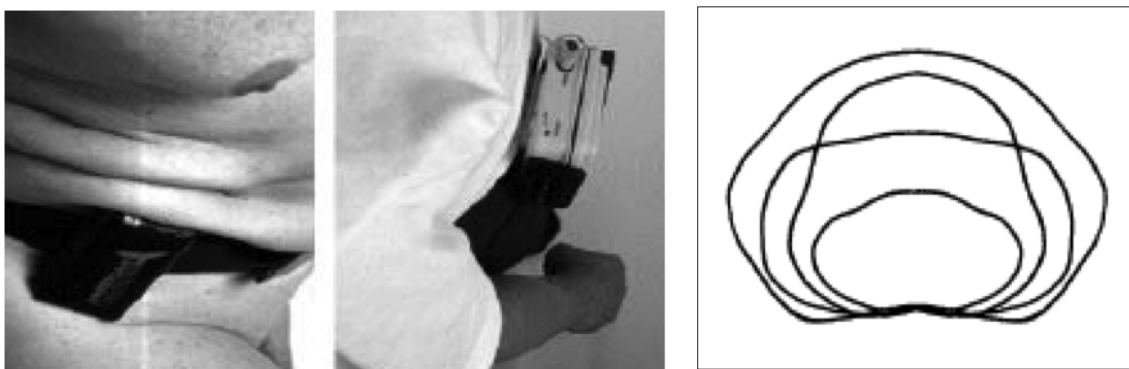


Figura 3.5: Differenti sezioni del corpo umano, a sinistra; dispositivo indossabile ostrusivo e a destra differenti sezioni

7. La progettazione di oggetti indossabili generalmente richiede che l'oggetto contenga materiali come tecnologia digitale, acqua, cibo, ecc. Mentre alcune di queste cose sono malleabili in forma, ci sono molti vincoli che questi contenuti interni possono portare alla forma esteriore.

8. Il peso di un wearable non dovrebbe ostacolare il movimento e l'equilibrio. Il corpo umano ha il suo peso in più sulla pancia, vita e anca. Quindi la maggior parte del carico deve essere lì, vicino al centro di gravità, e quando questo si diffonde fino alle estremità, la regola è ridurre il peso al minimo.

9. Per qualsiasi indossabile è importante considerare il tipo di accessibilità necessarie per rendere il prodotto più usabile. Ricerche approfondite esistono nei settori della visuale, l'accesso tattile, uditivo, cinestesico o sul corpo umano. Un semplice test dovrebbe essere condotti per verificare l'accessibilità degli indossabili specifici.

10. L'interazione sensoriale, sia passiva sia attiva, è un aspetto importante di qualsiasi prodotto. È importante essere sensibili al modo in cui s'interagisce con un indossabile o qualcosa che esiste sul nostro corpo. Quest'interazione deve essere mantenuta semplice e intuitiva.

11. Ci sono tre aspetti termali per la progettazione di oggetti per il corpo. Sono; funzionali, biologiche e percettive. Il corpo ha bisogno di respirare ed è molto sensibile ai prodotti che creano calore.

12. Un aspetto importante della forma e della funzione di qualsiasi oggetto da indossare è l'estetica. Cultura e contesto determineranno forme, materiali, texture e colori che percettivamente indicheranno l'utente e il loro ambiente. Ad esempio, abbiamo creato un computer indossabile per una situazione di riparazione in aerei, raffigurato qui sotto. Utilizzando il cuoio pesante della cintura strumento tradizionale, è possibile aumentare il comodità e l'accettazione da parte dei tecnici di riparazione.

13. L'uso a lungo termine di un computer indossabile ha un effetto fisiologico sconosciuto sul corpo umano. Come sistemi indossabili diventano sempre più utili e sono utilizzate per lunghi periodi, sarà importante testare il loro effetto sul corpo dell'utilizzatore.



Immagine 3.2: dispositivo intascabile in cintura

13. L'uso a lungo termine di un computer indossabile ha un effetto fisiologico sconosciuto sul corpo umano. Come sistemi indossabili diventano sempre più utili e sono utilizzate per lunghi periodi, sarà importante testare il loro effetto sul corpo dell'utilizzatore.

Forme per la usabilità dinamica

Come detto, l'ICES ha creato una serie di forme tridimensionali del corpo umano, che impiegano le linee guide sopra indicati. Queste forme mostrano la dotazione ideale per la vestibilità dinamica. La creazione di queste forme è stata un processo interattivo. Hanno fatto due disegni tridimensionali e tre i modelli di schiuma e li hanno applicati a molti corpi nel processo. Hanno anche condotto due studi di utente, il primo a capire meglio le curve complesse del corpo e la seconda per verificare se queste forme sono, infatti, indossabili per le forme del corpo umano dinamico.

metri e migliorare la sicurezza del gruppo. L'idea è di progettare il Bio-Life utilizzando la tecnologia di sensori indossabili. La proposta si basa sull'uso della teoria delle linee di non estensione per fornire capacità di usura. Questo concetto è uno studio effettuato da Iberall con lo scopo di garantire lo spessore e la pressione costante in una tuta da astronauta.

Per progettare un dispositivo indossabile si richiede la comprensione del dinamismo della superficie corporea. Per misurare l'allungamento e rotazione della superficie corporea, Iberall (1958, 1964, 1970) sviluppa un metodo per la mappare curve nella superficie del corpo che ha nominato di "lines of non extension". Ha osservato la deformazione di piccoli cerchi disegnati sopra un corpo in movimento, le LoNE derivano di queste osservazione . Un cerchio è disegnato sulla pelle e il corpo è permesso di muoversi liberamente, causando che il cerchio si deforme in un'ellisse come i tratti della pelle. L'asse minore dell'ellisse è più piccola del diametro del cerchio originale, quindi il cerchio può essere sovrapposto all'ellisse. I quattro punti d'intersezione tra il cerchio sono contrassegnati e collegati per diventare un "x", le linee di questa "x" mai cambiano la lunghezza del cerchio che si deforma per diventare un ellisse. Le linee della "x" soltanto ruotano attorno al loro punto di intersezione come se fossero bloccati. Iberall ha trovato queste righe a flusso continuo su tutta la superficie corporea. Ha usato le linee come modelli per i capi di maglia costruita con sottili cavi non flessibili. I cavi del capo hanno seguito le linee di non estensione. Quando il capo era mosso, i cavi non potevano allungarsi, potevano solo ruotare su di loro. I soggetti che hanno indossato gli abiti di maglia d'Iberall non trovavano nessuna perdita nella loro mobilità, sembrava che in realtà non c'è alcuna estensione delle linee messi al capo.

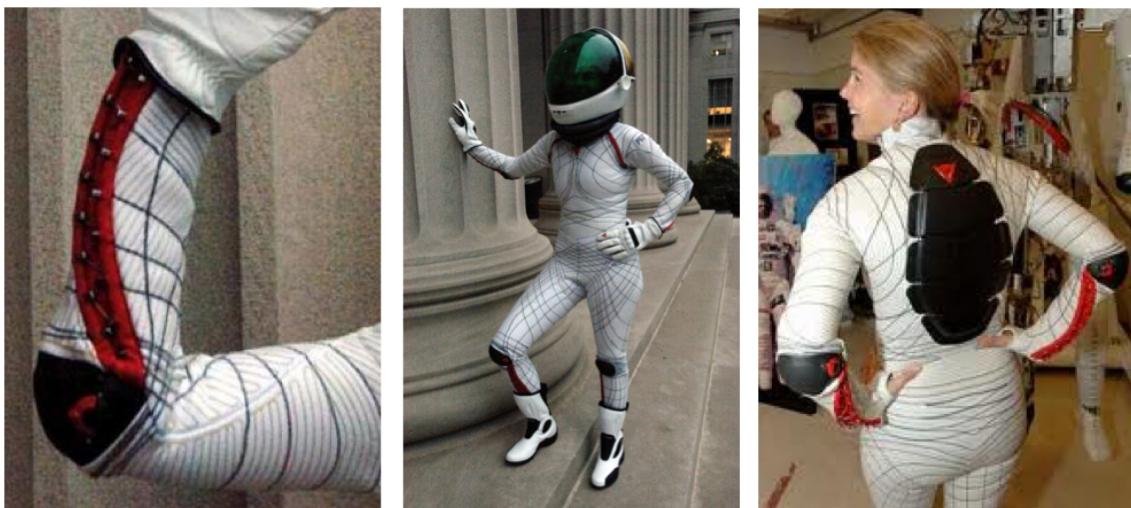


Immagine 3.4: Tutta Bio-life della NASA

Il concetto delle LoNE può servire come modello per un abito di maglia inestensibile che consente la piena mobilità ed è in grado di immobilizzare l'inflazione interna della tuta. È importante notare che ci sono poche regioni che non hanno linee di non estensione, come la rotula del ginocchio e del gomito. In queste zone, sembra che i materiali elastici o attivi sono l'unica possibilità. Ciò faciliterebbe anche la tensione, e quindi facilitare tutta una gamma di movimenti.

Uno degli scopi della ricerca Bio-Suit era di verificare queste righe attraverso la mappatura digitale del campo di deformazione e di trasferire i risultati digitale in una tuta di fibre ottimale. In questa fase della ricerca, prima della verifica digitale essere completata, i ricercatori della Bio-Suit hanno condotto un test empirico delle LoNE. L'obiettivo di questo sforzo è stato quello di determinare se un indumento per la gamba modellata da linee di non estensione di Iberall potrebbe in realtà conservare la capacità di flessione del ginocchio.

Le linee sono state elaborate su una riproduzione in 3D in scala della gamba del soggetto, utilizzando i disegni 2D di Aberall come guida per la ricreazione in 3D. Molte fibre di Kevlar ad alto modulo (Kevlar DuPont 49 in fibra aramidica) sono state disposte sulla parte superiore delle linee, con nastro a due lati per tenere temporaneamente su una base di calza di nylon. Per bloccare le fibre in posizione, un giunto è stato formato a ogni intersezione, aderendo le fibre con uretano epossidica. Fibre di Kevlar sono stati scelti perché sono praticamente inestensibile, se la flessione del ginocchio richiedessi stiramento delle fibre, il soggetto non sarebbe in grado di fornire la forza necessaria per allungarli e sarebbe evidente che la linea si estende.

Per testare le proprietà delle linee di Aberall, l'indumento di Kevlar e il suo sostegno in nylon sono stati rimossi dalla replica di gamba e messi nella gamba di un soggetto. Il soggetto riesce a realizzare facilmente la flessione completa del ginocchio, senza lavoro supplementare o disagio. La figura mostra la gamba del soggetto con l'indumento indossato e il ginocchio piegato.



Figura 3.6: Lines of Non Extension, a sinistra; mappatura delle linee e a destra test pratico

3.2.3 Langer's Lines

Le Langer's lines, chiamate anche linee di frattura, sono termini usati per definire la direzione all'interno della pelle umana lungo la quale la pelle ha il minimo di flessibilità. E possono essere usate anche come un ausilio per la progettazione di prodotti indossabili per ci permette di capire meglio le direzione delle tensione della pelle umana.

Queste linee corrispondono all'allineamento delle fibre di collagene nel derma ed epidermide. Il primo a dare un'attenzione particolare a quest'assunto è stato l'anatomista austriaco Karl Langer in 1961, anche se ha citato il chirurgo barone Dupuytren come il primo a riconoscere il fenomeno. Langer ha fatto numerosi fori a breve distanza l'uno dall'altro nella pelle di un cadavere con uno strumento che aveva una punta di forma circolare, e notò che le punture risultanti nella pelle avevano forme ellissoidali. Da questo test ha osservato i modelli ed è stato in grado di determinare "le linee di direzioni" dagli assi più lunghi dei fori ellissoidali. Conoscere la direzione delle linee di Langer in una determinata area della pelle è importante per interventi chirurgici, in particolare la chirurgia estetica. Di solito, un taglio chirurgico è effettuato nella direzione delle linee di Langer, e incisioni parallele alla linea di Langer generalmente guariscono meglio e producono meno cicatrici. A volte il senso esatto di queste linee sono sconosciuti, perché ci sono, deferenze in alcune regioni del corpo tra individui diversi. Cambi di direzione delle linee di Langer si verificano nel corso della vita di una persona.

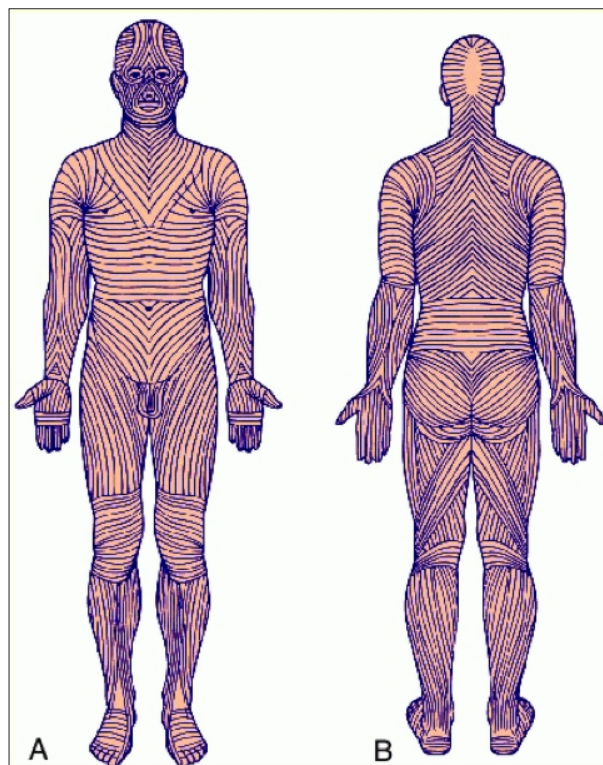


Figura 3.7: Mappatura delle Langer's Lines

3.3 Prodotti e sistemi d'interazione esistenti

Non esiste ancora in mercato nessun dispositivo indossabile d'interazione basato alla gestualità che utilizzi sensori sEMG. Però esistono alcuni prodotti che offrono un'interazione via movimenti ma che si basano in altre tecnologie.

La maggior parte di questi dispositivi d'interazione sono utilizzate con lo scopo di intrattenere gli utenti, rilevando i movimenti del corpo umano in diversi modi; con l'utilizzo di accelerometri, telecamere e superfici sensibili al tocco e pure comandi vocali.

I dispositivi listati in basso sono i più noti in mercato:

- Sixth Sense: colore, movimenti.
- Color gloves: colore, movimenti.
- The Peregrine gloves: guanto mult-touch.
- Kinects Microsoft: video, movimenti.

1. Sixth Sense Wuw

WUW è un dispositivo indossabile che ha un'interfaccia basata nella gestualità, è basicamente configurato per un mini proiettore, una web cam e un micro computer. La proposta del WUW è di avere un dispositivo che non abbia bisogno di uno schermo digitale, con il dispositivo l'informazione può essere proiettata e quindi tutte le superfici possono diventarsi schermo, pure il corpo dell'utente.

Indossando il prodotto dovrebbero essere possibili scattare delle fotografie soltanto facendo la forma di un quadro con le dita. Sixth Sense può proiettare la tastiera di un telefonino sulla mano e riconoscere il semplice tocco del numero virtuale per effettuare le chiamate. Il sistema può pure riconoscere un libro davanti alla sua camera, recuperare il suo annuncio in internet e proiettare la descrizione dello stesso. Le possibilità offerte dal dispositivo sono molti e la sua proposta è rendere possibile che gli utenti possano portare informazioni digitali senza avere bisogno di uno schermo fisico.

Il dispositivo sembra una specie di collana, dove ci stanno la telecamera, computer e proiettore. Tutta la sua interfaccia è basata nella gestualità, la telecamera capta i movimenti delle dita dovuto a piccoli nastri colorati messi nella punta delle dita e traduci i movimenti in comandi, mentre il proiettore mostra l'interfaccia grafica di orientamento.

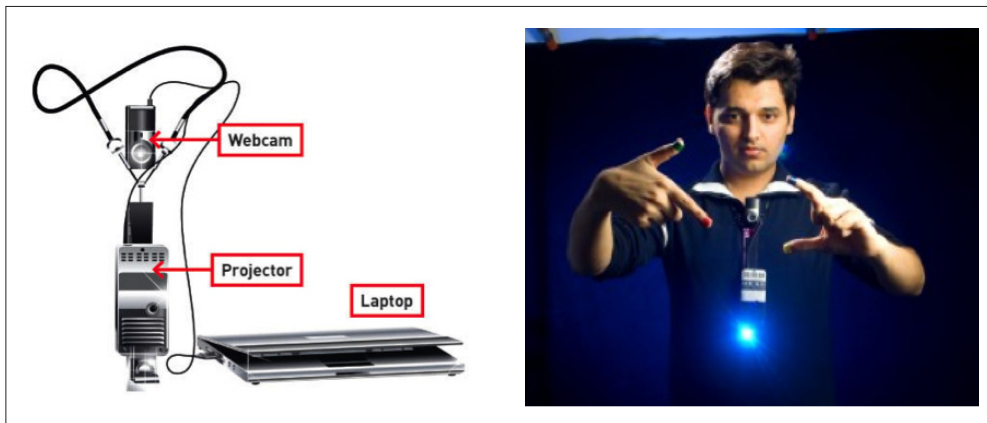


Figura 3.8: Dispositivo Sixth Sense

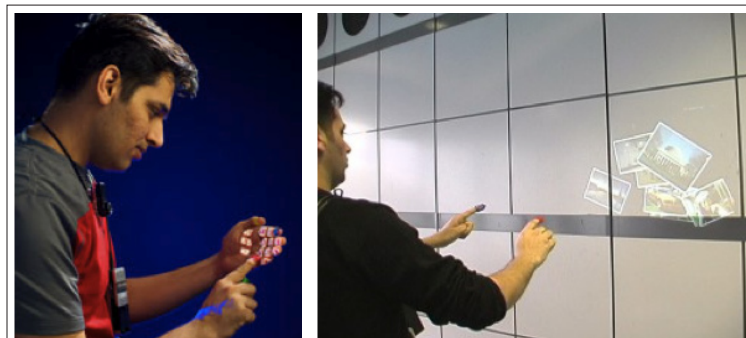


Immagine 3.5: A sinistra: funzione telefono cellulare e a destra visualizzazione d'immagine su un muro



Immagine 3.6: A sinistra Sixth sense news e a destra proiezione di orologio

2. Color Gloves

Color Gloves è un sistema d'interazione gestuale creato nel Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory Massachusetts Institute of Technology e nell'Advanced Technology Labs, Adobe Systems Incorporate University of Washington.

La loro proposta in questo lavoro, è un sistema facile da usare e poco costoso che semplifichi lo input con le mani per un'articolazione 3D. Il loro approccio utilizza una singola telecamera per monitorare una mano che indossa un guanto di tessuto stampato in un modo personalizzato. Il modello è stato progettato per semplificare i problemi per stimare la localizzazione della mano, e permette d'impiegare un approccio più prossimo per monitorare le interazioni. Loro descrivono diversi concept d'applicazioni consentito dal sistema. Con questo loro augurano di fornire un fondamento per nuove interazioni nella modellazione, animazione e controllo della realtà aumentata.

Le potenzialità del sistema sono esemplificate in desktop 3d di lavoro, dove è possibile d'interagire con l'ambiente attraverso l'avatar della mano, visibile nell'interfaccia grafica. Infatti, il dispositivo riesce a rilevare i movimenti della mano e delle dita in un modo molto accurato, permettendo un'interazione molto naturale e intuitiva.

Per utilizzare il dispositivo, l'utente deve avere il software installato sul suo computer, una telecamera normale e il guanto colorato, che è prodotto a posta per il sistema.



Immagine 3.7: Guanto colorato usato per il sistema Color glove



Immagine 3.8: Interazione gestuale con oggetti in ambiente virtuale

3. The Peregrine Gloves

Peregrine Gloves sono guanti speciali che servono per controllare videogiochi con il tocco delle dita. I guanti non offrono un'interazione basata alla gestualità, ma permettono che l'utente abbia accesso veloce a trenta tipi di comandi diversi che sono attivati quando i determinati punti toccano la punta del pollice o la palma della mano. Peregrine utilizza tessuti conduttivi nei principali punti di contatto.

Il guanto è collegato al computer via una porta USB, e può essere usato per più di due ore senza causare fastidio all'utente.



Immagine 3.9: Guanto the Peregrine

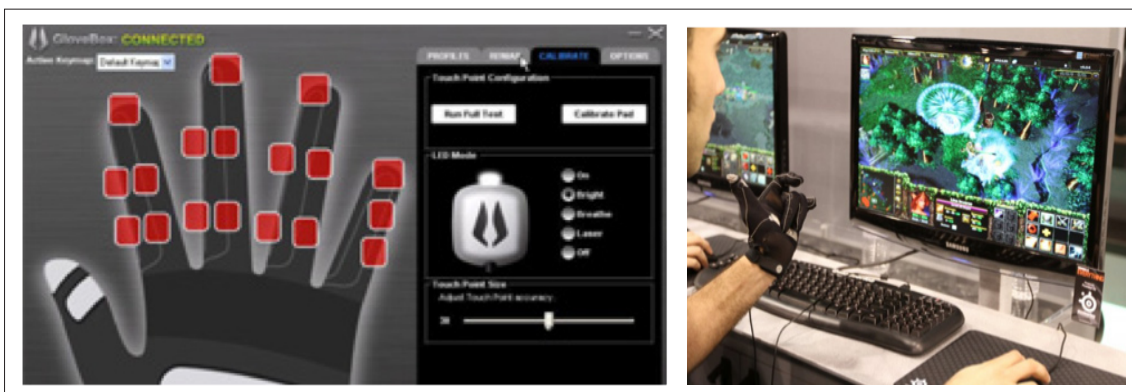


Figura 3.9: Sistema d'interazione basato al tocco tra le differenze parte delle dita

4. X-box Kinetic

Kinetic è il nome del nuovo ufficiale sistema di controllo Microsoft, prima conosciuto come Project Natal. Questo dispositivo è stato lanciato per competere con la Nintendo Wii e il PlayStation Move

Kinetic è un dispositivo che permette, che gli utenti possano controllare videogiochi e altre applicazioni di Microsoft senza aver contato con nessun dispositivo, l'apparecchio è capace di riconoscere i movimenti del corpo, immagine e voce dell'utente.

Il sensore nero Kinetic si collega direttamente in qualsiasi Xbox360, non è necessario acquisire una nuova Xbox per usarla. Pure essendo piccolo, il dispositivo contiene una camera, sensori di audio e tecnologia di rilevamento di movimento che controlla quarantotto punti di articolazione nel corpo umano, tutti movimenti effettuati degli utenti sono rilevati e percepiti dai sensori, questo permette di avere una serie d'input molto ampia e precisa.

Il sensore Kinetic è stato appena lanciato al mercato e per ora sono proposti giochi di danza, avventura, gara di macchine, sport e fitness.



Immagine 3.10: A sinistra Console X-box e a destra dispositivo Kinect

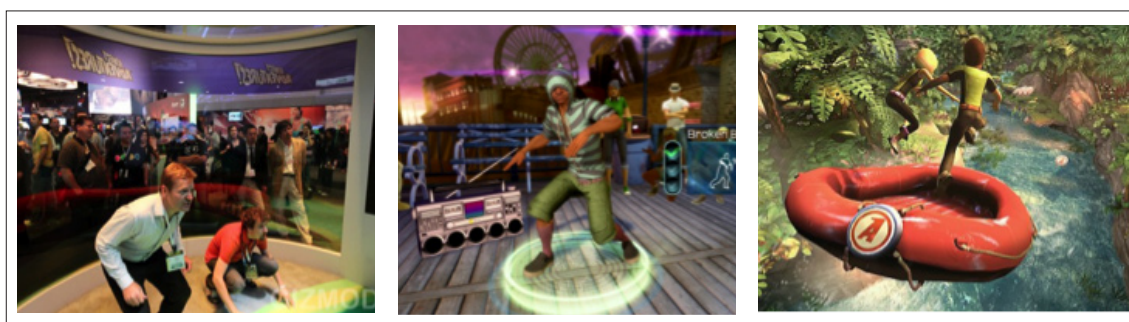


Immagine 3.11: Video gioco controllato via il movimento del corpo

3.4 Segnali Bioelettrici

I muscoli umani quando sottoposti a qualche tipo di sforzo liberano una carica elettrica che può essere rilevata e tradotta in un segnale (EMG), esso varia dal muscolo e dell'intensità del movimento, i segnali bioelettrici sono già utilizzati nella medicina e nel settore sportivo per rilevare informazione su corpo umano. In questo caso abbiamo scelto di usare questi segnali in un dispositivo d'interazione perché ci permettono di avere un input basato a movimenti e gesti. L'impiego di questa tecnica cerca di rendere possibile la manipolazione di oggetti 3d in ambienti virtuali o semi virtuali come si fossero veri, rendendo un'interazione più intuitiva.

Il corpo umano fa largo uso di segnali elettrici per veicolare informazione, questi segnali sono generalmente trasmessi dai neuroni mediante l'attivazione di un potenziale d'azione. Questo potenziale d'azione è essenzialmente un concatenamento di spostamenti di cationi potassio (K⁺) e sodio (Na⁺) dall'esterno all'interno della parete cellulare del neurone e vice versa. Ciò produce una scossa elettrica in cui l'impulso attraversa tutta la cellula nervosa. Il potenziale a riposo di una cellula è approssimativamente -70 mV e può raggiungere i +35 mV al momento della scossa. Poi ritorna rapidamente al suo valore a riposo mediante il meccanismo d'azione dell'ATP e degli ioni.

Come già detto, i segnali elettrici, o biosegnali, sono anche sfruttati nelle cellule muscolari, l'importanza di questi risiede nel tipo d'informazione che trasportano che è fondamentale per la comprensione di complessi meccanismi patofisiologici che caratterizzano il comportamento dei sistemi viventi.

Nell'elettrocardiogramma ad esempio si misura la depolarizzazione delle cellule muscolari del cuore, questo segnale comunque è trasmesso attraverso il gap esistente tra le cellule muscolari, all'interno di una stessa fibra muscolare, invece che attraverso i neuroni.

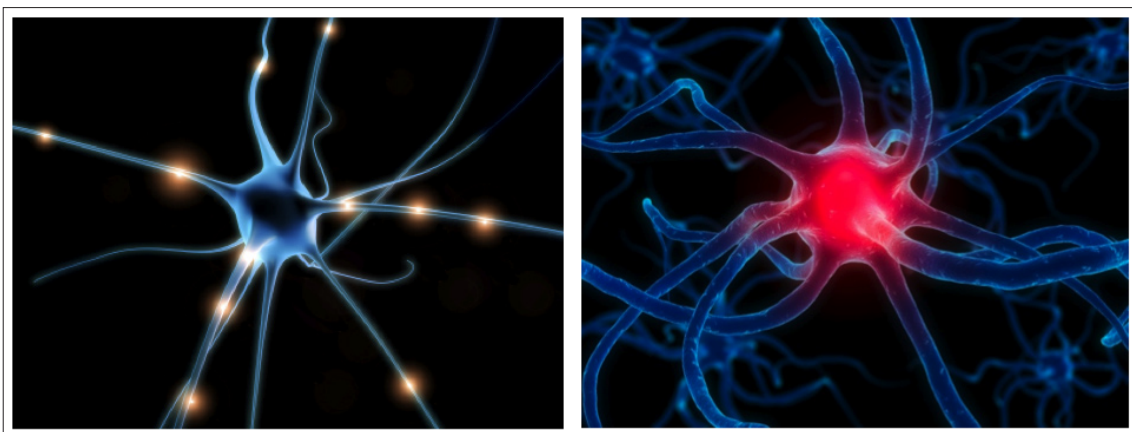


Immagine 3.12: Neuroni

Tuttavia, l'informazione non è direttamente disponibile o interpretabile dal semplice segnale registrato, in generale, il segnale può essere mascherato da tutta una serie di rumori o interferenze aggiuntive dovute al metodo di rilevazione (effetti esogeni) oppure questi segnali possono interferire l'un l'altro quando sono eseguite le misurazioni. Cioè le misure per un tipo di segnale sono condotte attraverso una regione del corpo già generatrice di un altro tipo di segnale elettrico (effetti endogeni).

Per tali ragioni, si rendono necessarie alcune operazioni addizionali per isolare l'informazione più importante ed estrarre da essa i parametri d'interesse. Queste tecniche, dette *preprocessing techniques*, ormai con gli avanzati tecnologici sia di hardware come di software possono fare un rilevamento di dati molto preciso rispetto alla tecnologia analogica precedente.

I segnali elettrici sono inizialmente rilevati da sensori (generalmente elettrodi), mentre le grandezze non-elettriche sono prima convertite in segnale elettrico da un traduttore in modo da poter essere poi più facilmente trasmesse, elaborate e memorizzate. È anche possibile trattare il segnale elettrico sotto forma di un'onda continua nel tempo, che di solito è convertito in forma numerica prima di essere elaborato.

Numerose grandezze fisiche possono essere rilevate in un sistema biologico. Esse comprendono sia grandezze di tipo elettromagnetico (correnti elettriche, differenza di potenziale, campi di forze, ecc...), sia meccaniche, chimiche, o, più in generale, variabili non-elettriche (pressione, temperatura, movimenti, ecc.).

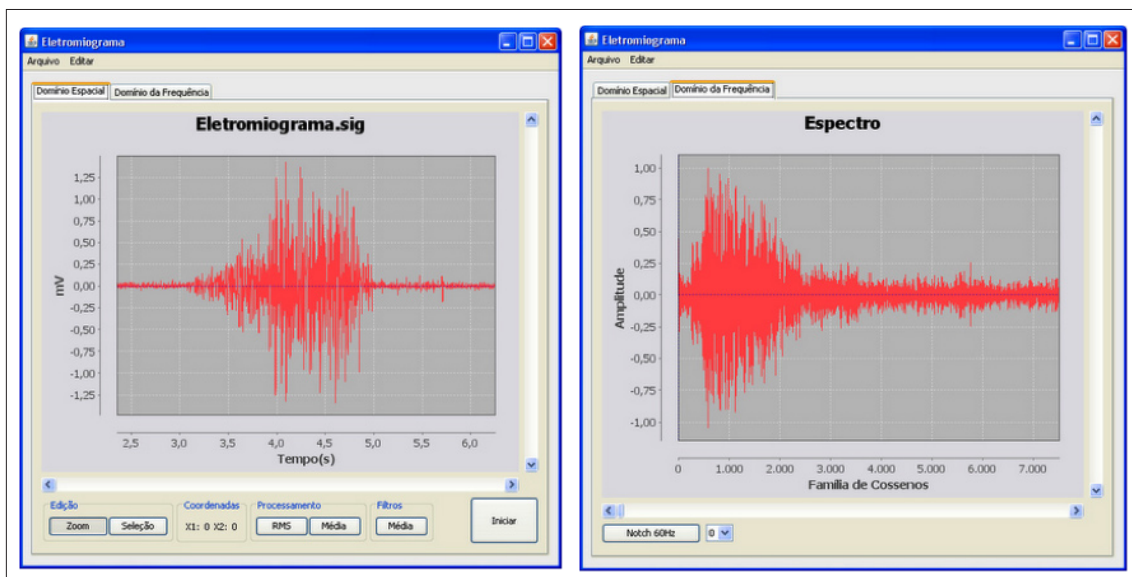


Figura 3.10: Esempio di segnali EMG rilevati

3.4.1 EMG

L'elettromiografia (EMG) è una tecnica impiegata per valutare e registrare l'attività elettrica prodotta dai muscoli scheletrici. EMG è eseguita utilizzando uno strumento chiamato elettromiografo, per produrre un registro chiamato elettromiogramma. Un elettromiografo rileva il potenziale elettrico generato da cellule muscolari quando queste sono elettricamente o neuro logicamente attivate. I segnali sono presi tramite un'ago elettrodo che viene inserito al muscolo ad essere analizzato, provoca piccole scosse elettriche indolori, e può rilevare anomalie mediche, livello di attivazione dei muscoli, o anche analizzare la biomeccanica del movimento umano o animale.

L'elettromiografia analizza di modo invasivo ogni singola fibra muscolare, mentre l'elettromiografia di superficie o rilevazione mioelettrica di superficie sEMG è una pratica non invasiva che con l'uso di elettrodi di contatto permette di rilevare attraverso la superficie della pelle, la corrente prodotta da tutto un intero muscolo.

I sensori EMG di superficie sono solitamente composti di due elettrodi metallici in forma di disco con 1 cm di diametro spazati tra di loro, questi quando non utilizzano un gel conduttore tra pelle e elettrodo devono essere prodotti in cloruro di argento e solitamente sono fissati alla pelle per un nastro o adesivo.

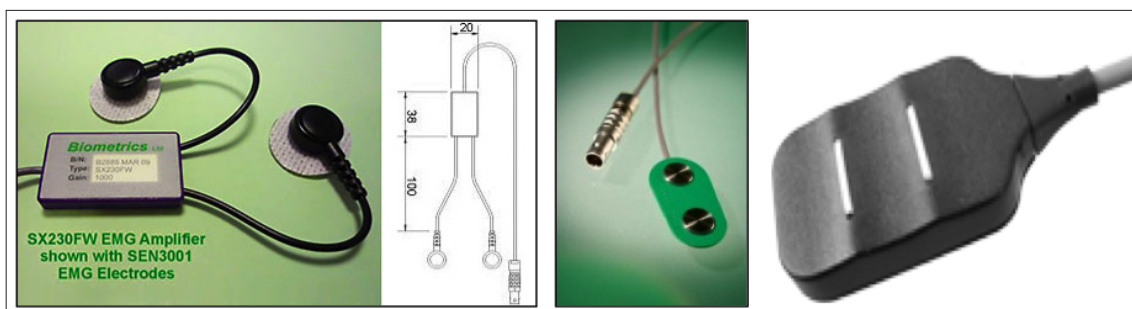


Figura 3.11: A sinistra e in centro, tipici elettrodi si superficie, e a destra elettrodi Delsys

Esistono pure sensori elaborati per essere impiegati direttamente in strutture tessili in modo di non disturbare i movimenti fluidi del corpo umano. Questi elettrodi sono composti da fili conduttivi a base d'argento che sono bordati direttamente sull' tessuto. Essendo in argento hanno un'ottima conduttività elettrica, non presentano problemi in aver contatto diretto con l'epidermie e mantenendo la malleabilità di un filato normale.

In un'altra variazione, Context Project usa la tecnologia di tessitura per svolgere un sistema di cavi tessile, questo trasmette i segnali dei sensori direttamente alle parti elettroniche. Per farlo,

un filo conduttivo come ELITEX viene aggiunto alla fasi di tessitura. Grazie alle possibilità offerte delle macchine Jacquard questo tessuto è prodotto a estratti, i fili conduttivi sono messi tra questi estratti e così rimangono protetti dall'abrasione che può generare rumore elettrico nei sensori. Questa tecnica di produzione a molti estratti rende possibile la produzione di sensori completamente tessuti. Essi presentano una struttura molto flessibile e resistente con un'usabilità confortevole.

I parametri neurofisiologici comunemente registrati dall'elettromiografo sono rappresentati dalla Velocità di Conduzione nervosa (VdC), dalle Latenze Distali (LD) e Prossimali (LP), dall'Amplitude (AMP) del potenziale elettrico e dalle risposte tardive F e H.

La valutazione considera che la rilevazione eseguita sulla pelle e sulla muscolatura renda evidente il segnale proveniente dal midollo spinale, circuito gamma e primo neurone di moto.

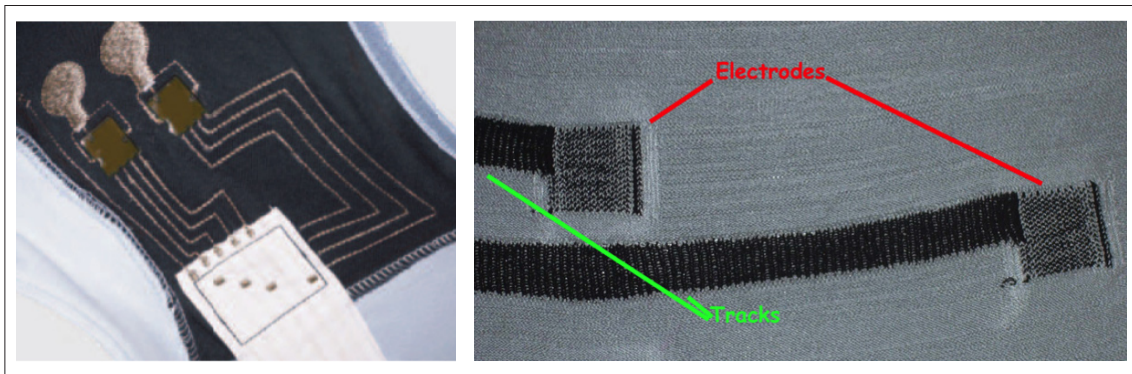


Immagine 3.13: Elettrodi integrati in strutture tessili, a destra; elettrodi ricamati e a destra elettrodi tessuti

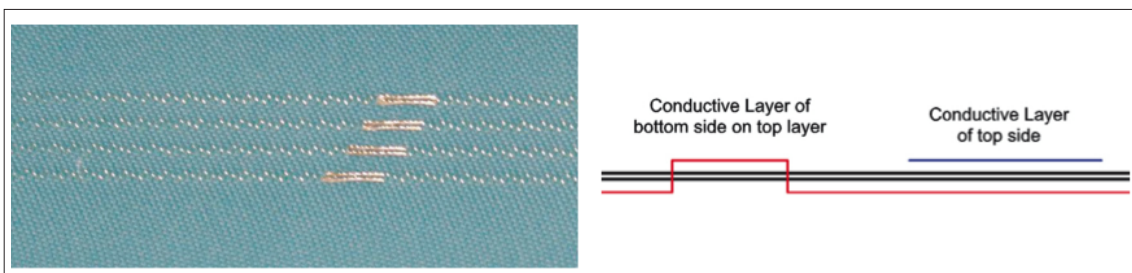


Figura 3.12: Cavi integrati a un tessuto, a sinistra fotografia e a destra schema del tessuto a tre strati

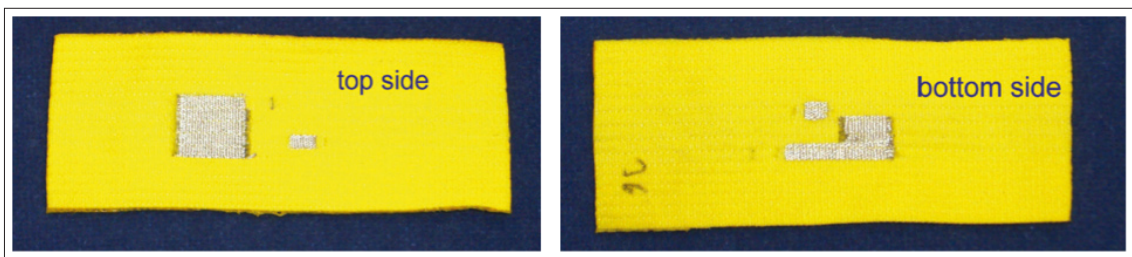


Immagine 3.14: Elettrodo integrati in un tessuto a quattro strati, a sinistra parte superiore e a destra parte inferiore

3.4.2 Utilizzo e benefici dei segnali sEMG

Tranne la base di studi fisiologici e biomeccanici, l'EMG cinesiologia è stabilita come un strumento di valutazione per l'investigazione applicata, fisioterapia e riabilitazione, allenamento sportivo e interazione del corpo umano ai prodotti industriali e le condizioni di lavoro:

Ricerca medica;

- Ortopedia.
- Chirurgia.
- Neurologia funzionale.
- Analisi di postura.

Riabilitazione;

- Post Chirurgia.
- Riabilitazione neurologica.
- Terapia Fisica.
- Terapia di allenamento attivo.

Ergonomia;

- Analisi della domanda.
- Prevenzione dei rischi.
- Design ergonomico.
- Certificazione di prodotti.

Scienza sportiva;

- Biomeccanica.
- Analisi dei movimenti.
- Addestramento e resistenza.
- Riabilitazione sportiva.



Figura 3.13: Area di applicazione della EMG cinesiologica

1. Unità motrice di forza.

I muscoli scheletrici sono composti di fibre muscolari individuali che si contraggono quando sono stimolate da un neurone di moto. Ogni impulso (tiro) del neurone di moto produce una forza di strappo nel suo blocco motore. Quando avvengono vigorose scosse in stretta successione, essi si sovrappongono, producendo la forza tetanica o forza di sostenuta. Questa forza costante è il meccanismo che muove i nostri membri, ci permette di respirare, fa il nostro sangue circolare, e ci permette di interagire con il nostro ambiente.

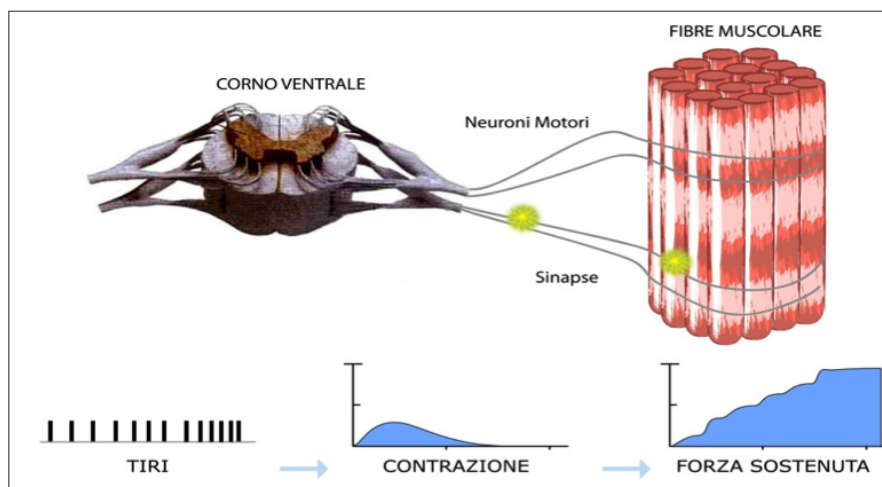


Figura 3.14: Unità motrice di forza

2. Controllo dell'unità motrice e forza

L'output della forza muscolare è modulato dal reclutamento di unità motrice la regolazione dei loro tassi di tiri dei neuroni. Il diagramma a basso presenta i concetti fisiologici che riguardano l'eccitazione della corna anteriore del midollo spinale alla forza di uscita del muscolo. Si consideri un insieme di unità motrice (1,2, 3, ..., n). Ogni unità motrice sarà attivata da un comune sforzo che fornisce un netto per l'eccitazione del motoneurone nel corno anteriore. Tuttavia, ogni motoneurone ha una componente di rumore (rumore N) che consiste in attività neurale di fondo dal sistema nervoso periferico e dal sistema nervoso centrale. Come l'eccitazione

aumenta, le unità di moto, sono progressivamente assunti e di tutte le unità di moto attive contemporaneamente aumentano il loro tasso di tiri. In questo modo le unità di moto anteriore hanno assunto maggiori tassi di tiri (si noti che la frequenza di tiri del gruppo motore 1 è maggiore del gruppo 2 che per sua volta è maggiore che il gruppo N). Si noti anche che nell'esempio di sopra della precedente unità motrice (contrazione lenta) tende a metanizzare, considerando che il più tardi assunti (rapida contrazione) no. Inoltre la rilevazione e la possibilità di registrare l'evento permettono con precisione di valutare lo stato della forza, della resistenza e della tenuta nel tempo.

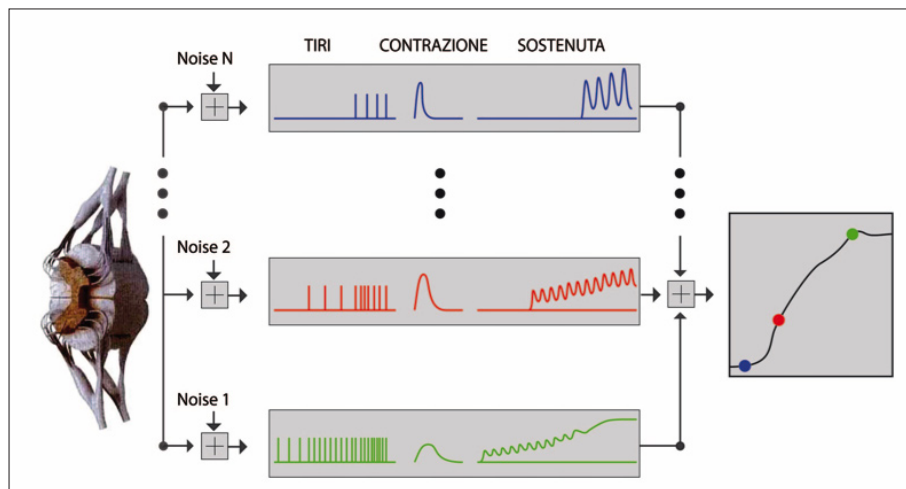


Figura 3.15: Controllo della Unità motrice di forza

3. Controllo dell'unità motrice segnale EMG

L'immagine in basso dimostra come il segnale EMG è generato, mentre l'eccitazione delle cellule dei corna anteriori aumenta. Il rapporto tra assunzioni e tassi di tiri è simile a quello dell'immagine precedente. Si noti che con l'aumentare di eccitazione, le unità motrice supplementare

sono reclutate e le tasse di tiro di tutte le unità motrice attive aumentano contemporaneamente. Si noti che altre soglie di unità motrice hanno potenziali di azione di maggiore ampiezza e fuoco, sparando a tassi più bassi. Inoltre, in contrazione continua a livelli di forza elevata, gli effetti di accumulo di stanchezza possono provocare l'eccitazione a fluttuare su un valore di riferimento, quindi l'unità motrice di ampiezze relativamente alte sono assunti e in sequenza causando la varianza del segnale EMG (e la forza) ad aumentare.

La sequenza temporale degli spari di un'unità motrice è indicata come azione Motor Unit Potencial Train (MUAPT).

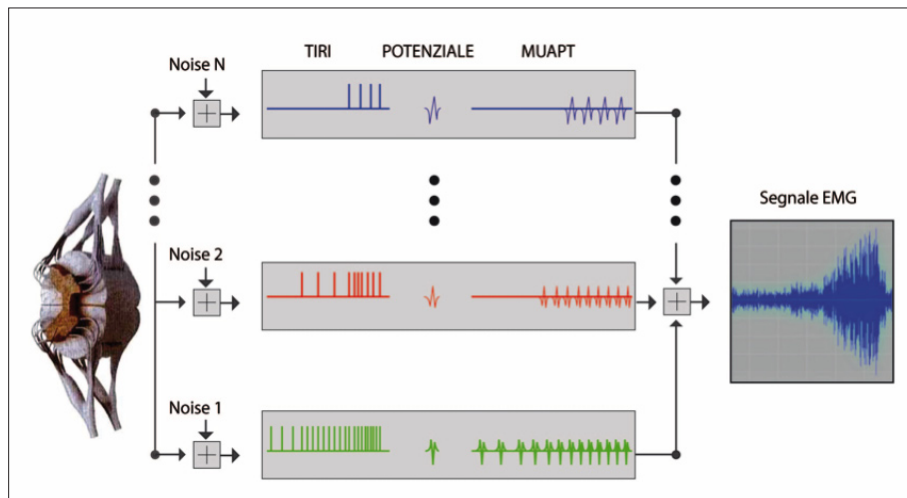


Figura 3.16: Controllo dell'unità motrice segnale EMG

4. Segnali sEMG sintetizzati

L'immagine giù mostra la versione espansiva dei segnali EMG di superficie composto di venticinque MUAPT. Questi sono segnali sintetizzati con forme che rappresentano da vicino le caratteristiche dei potenziali di azione reale. Il segnale in fondo è la somma matematica di tutti i potenziali di azione che compaiono nelle sequenze di sopra. Il segnale in basso è quello che vede il sensore del registro, e quello di sopra è il codice inviato dal sistema nervoso centrale dalle fibre muscolari. Lo scopo di decomposizione del segnale EMG è di trovare, dal segnale registrato dal sensore, MUAPTs individuali. Essere in grado di fare questo permette un esame più approfondito dei meccanismi che governano l'attività motrice.

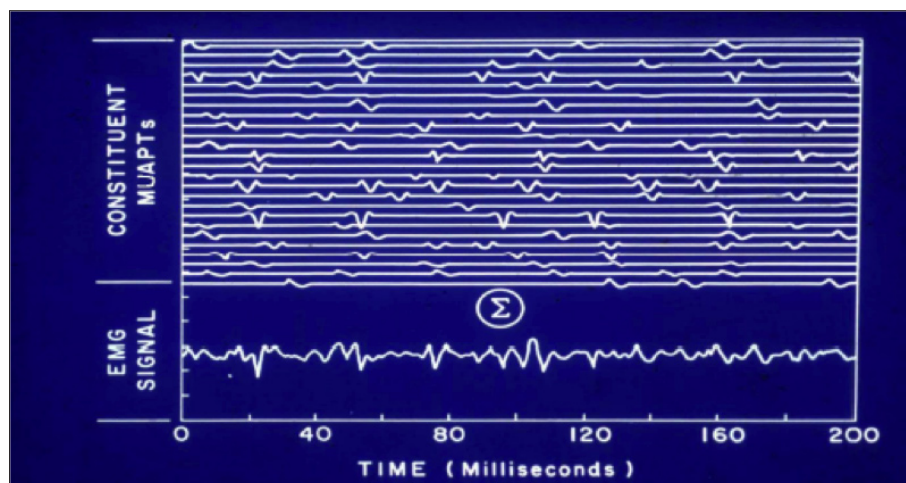


Figura 3.17: Segnali sEMG sintetizzati

3.4.3 Qualità del segnale

La qualità e la fedeltà del segnale sEMG rilevato, determina l'utilità delle informazioni estratte. Dati non buoni possono rendere risultati contaminati e compromettere l'interpretazione.

I fattori dominanti sono:

1. - Localizzazione del sensore.
2. - Caratteristiche del sensore
3. - Rumori contaminanti.
4. - Interfaccia tra pelle ed elettrodo.
5. - Sovrapposizione di segnali di altri muscoli.

I migliori interventi che possono fare i operatori di elettromiografi è quello di cercare di massimizzare la qualità del segnale acquisito. Questo è ottenuto utilizzando apparecchiature superiori, con la corretta applicazione del sensore e sEMG, soprattutto, ponendo il sensore sEMG nel mezzo del ventre del muscolo. Quest'ultima azione di per sé aumenta il rapporto segnale/ rumore e riduce la sovrapposizione di segnali di altri muscoli. La corretta posizione del sensore compie più di ogni altra procedura per fornire il segnale sEMG di alta qualità.

Disposizione del sensore.

La posizione del sensore sul muscolo cambia drammaticamente diverse caratteristiche del segnale EMG. Si noti che il sensore localizzato in prossimità del tendine di origine, la zona d'innervazione, e il perimetro del muscolo produce segnali di ampiezza inferiore. Le fibre nel mezzo del muscolo hanno un diametro maggiore di quelle alle estremità del muscolo o vicino l'origine dei tendini. Poiché l'ampiezza del potenziale d'azione dalle fibre muscolari è proporzionale al diametro della fibra, l'ampiezza del segnale EMG sarà maggiore nel mezzo del muscolo. Un sensore posto sulla zona d'innervazione rileverà la cancellazione dei potenziali d'azione che viaggiano in direzione opposta, e generalmente hanno un'ampiezza inferiore. La posizione preferita è lontano da tutti questi confini, verso la metà della superficie del muscolo. La posizione del sensore sul muscolo è il singolo fattore più importante per ottenere il miglior rapporto segnale/rumore con la minor sovrapposizione di segnali di altri muscoli.

Rumori contaminanti.

Ci sono diverse fonti di rumore che possono disturbare la giusta valutazione di un segnale EMG:

Rumori Fisiologici;

- EKG, OEG, segni respiratori, ecc.

Rumori dell'ambiente;

- Radiazione di fonti energetiche (50, 60 Hz).
- Movimentazione del cavo dei sensori.

Rumori della linea di base;

- Rumori elettrochimici (interfaccia tra pelle ed elettrodi)
- Rumori termici (proprietà dei semiconduttori).

Rumori del movimento dei sensori;

- Movimento dell'elettrodo sulla pelle.

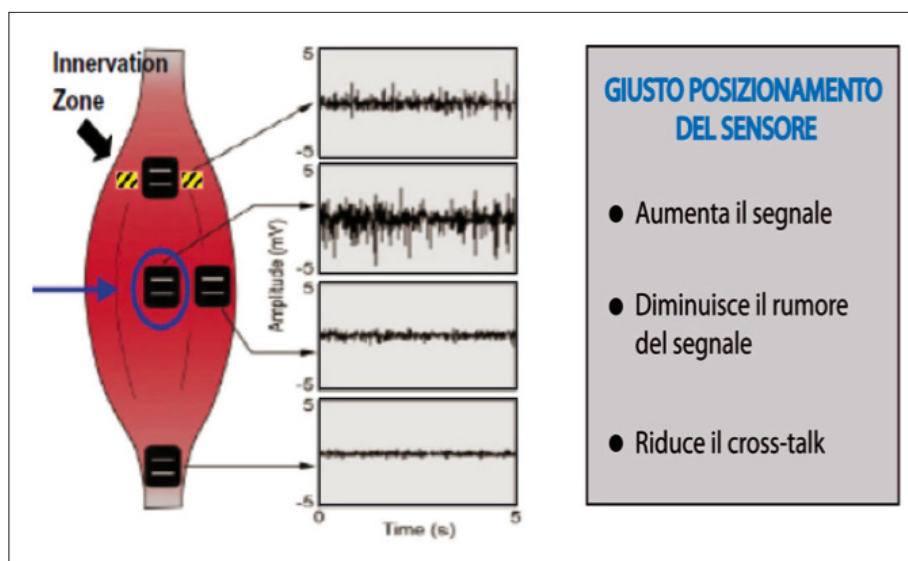


Figura 3.18: Posizionamento dei sensori e le deferente ampiezze di onda rilevati

Il rumore fisiologico proviene da altri tessuti che generano segnali elettrici, quali elettrocardiogrammi, EOG, muscoli respiratori, e simili. Esso può essere ridotto mediante la posizione del sensore sEMG più lontano dalla fonte del rumore, ruotando il sensore in modo che gli elettrodi siano allineate su piani equipotenziale (cioè: entrambi elettrodi sono equidistanti dalla sorgente), e da alcuni filtering.

Il rumore ambientale nasce dalla radiazione elettromagnetica che è pervasiva in tutti gli ambienti. Il rumore di linea di alimentazione (50 o 60Hz) non è generalmente una preoccupazione perché le moderne tecnologie di amplificazione, design appropriato e la combinazione giusta di circuiti con la posizione prudente degli elettrodi di riferimento possono virtualmente eliminarli. I rumori della movimentazione dei cavi sorgono quando il cavo dei sensori si muove e attraversa un campo elettromagnetico esistente nell'ambiente generando così un potenziale che poi è amplificato dal sistema di registrazione. La moderna tecnologia EMG ora utilizza i sensori che hanno la prima fase di amplificazione che si trova a bordo o nell'ambito di centimetri del punto degli elettrodi, rendendo che il cavo sia inefficace per generare rumori di movimenti. Così, l'attuale tecnologia elimina virtualmente le prime due fonti di rumore, che nei decenni precedenti erano difficili da trattare.

Il rumore di base è originario del sistema d'amplificazione e dell'interfaccia elettrodo pelle. Si può osservare quando un sensore è collegato alla pelle e il muscolo è completamente rilassato. Lo scambio ionico tra il metallo dell'elettrodo e gli elettroliti presenti nei sali della pelle genera un rumore elettrochimico. L'entità di questo rumore è proporzionale alla radice quadrata della resistenza della superficie dell'elettrodo. Quindi, può essere ridotto aumentando la superficie degli elettrodi e con la pulizia della superficie degli stessi, ma non può essere eliminato.

Il rumore termico è generato nella prima fase degli amplificatori ed è dovuto a una proprietà fisica dei semiconduttori. Inoltre non può essere eliminato. Entrambi i rumori sono indicati come $1/f$, con l'ampiezza dello spettro di frequenza maggiore a 0 Hz continuo e calo di frequenza più acuta, il rumore elettrochimico è generalmente maggiore del rumore termico.

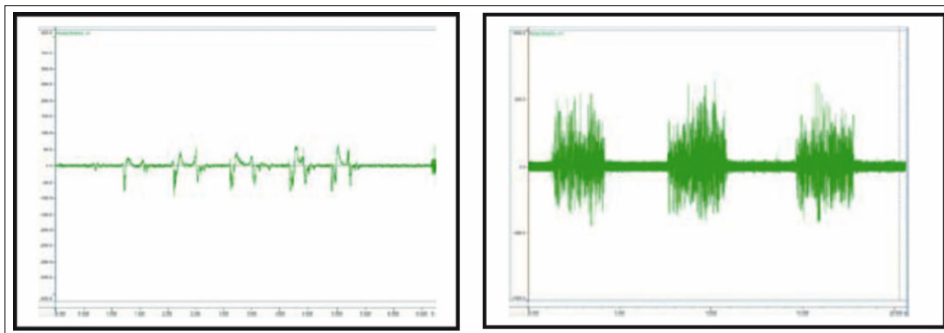


Figura 3.19: A sinistra rilevamento di rumore sEMG generato dalla movimentazione del cavo, e a destra rilevamento di rumore EMG generato da un'onda elettromagnetica

Il rumore generato per la movimentazione del sensore è considerato a livello d'interfaccia tra elettrodo e pelle. Questo rumore è il più indisciplinato e richiede più attenzione. Ci sono due fonti comuni. Occorre quando un muscolo si contrae e si distende provocando un cambiamento volumetrico della pelle che altera l'equilibrio elettro-chimico tra le due interfacce di pelle ed elettrodi, provocando una tensione variabile nel tempo tra i due elettrodi. L'altra, molto più espressiva occorre quando un impulso di forza originaria all'interno del muscolo, come nel caso di un movimento di scatto, è trasmesso agli elettrodi. Questo fenomeno è notevolmente amplificato dalla presenza di gel idrofilo che viene a volte posto tra l'elettrodo e la pelle. Esso è difficile da ridurre e quasi impossibile da eliminare. Una preparazione buona e adeguata della pelle e degli elettrodi sono utili.

Ci sono anche altri accorgimenti che si possono fare per riuscire ad avere un segnale EMG con una miglior qualità, sono cose ovvie, però può fare la differenza, prima di tutto controllare se la terminazione dei cavi è stata inserita in modo giusto, o sia, se un cavo destinato a un determinato muscolo è stato mescolato con altro. Poi, nel controllo della qualità della linea EMG di base, si deve verificare la sensibilità della localizzazione degli elettrodi con la movimentazione dei membri e della pressione locale (ad esempio, al sedersi sugli elettrodi). L'inserimento di elettrodi su la pelle molto unta o la presenza d'estratti di grasso sottocutaneo superiore a 4 cm può pure annullare i segnali EMG visibili.

Sovrapposizione di segnali.

Esiste una relazione tra il segnale sEMG e la forza del muscolo, questa stabilisce che quanto più ampio è il segnale più forte sarà il muscolo. Ogni tanto la forza rilevata del segnale sEMG può stare contaminata da segnali di altri muscoli, questo evento è nominato di sovrapposizione di segnale o cross-talk, questo non sempre è un problema, però in casi in cui si necessita di estrema precisione i cross-talk possono causare interpretazione improprie o false conclusioni, perciò, si utilizzano tecnologie e tecniche adatte che rendono i segnali contaminati più puliti e fedeli a quelli dal muscolo di interesse.

Segnali sEMG di forza rilevati per posteriori analisi fisiologiche o biomeccaniche possono risultare sbagliati se la origine del segnale e della forza non sono chiari. Quando si vuole relazionare una forza prodotta da un muscolo specifico con il segnale sEMG rilevato, questo deve provenire esattamente dal muscolo dove è stato messo il sensore, questo in alcuni casi può essere estremamente difficile da riuscire visto che ci sono regioni del corpo in cui tanti muscoli si trovano insieme, comunque tutti gli sforzi possibili devono essere fatti per che la variazione di forza e il cambiamento del segnale sEMG rimangano giusti.

Per la puntuale e corretta rilevazione del segnale sEMG, l'utente deve tener conto dell'origine del segnale. Se un sensore è posto in una posizione particolare, sopra un gruppo di muscoli, il segnale rilevato verrà da tutti i muscoli della vicinanza e l'informazione contenute in tale segnale è limitata dall'attivazione e della forza di tutto il gruppo. Volendo una misurazione più precisa il sensore deve essere messo esattamente sopra il muscolo desiderato. Quindi la posizione del sensore dipende del tipo di misurazione voluto, se l'intento è di confrontare la prestazione di un muscolo in relazione ad un altro, di un unico muscolo o di tutto in gruppo.

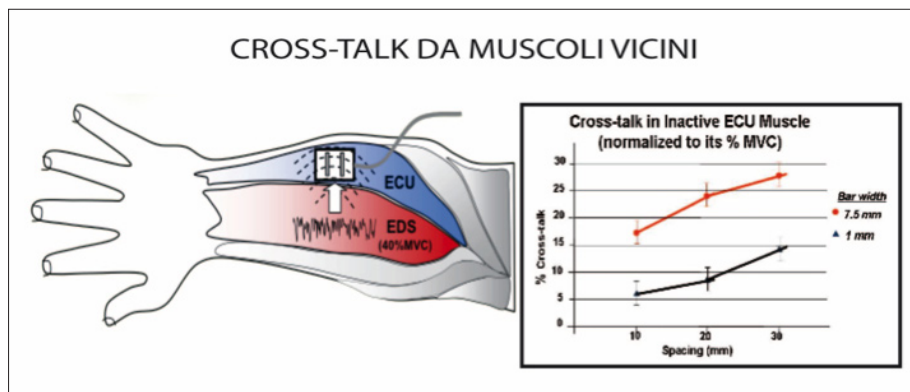


Figura 3.20: Sovrapposizione di segnali sEMG

L'utilizzo di sensori con grandi superfici di elettrodi e grandi spaziamenti tra i elettrodi portano sempre ad una individualizzazione di cross-talk. La quantità di cross-talk rilevata è fortemente influenzata dalla dimensione del sensore sEMG. La Delsys, una delle più importanti aziende produttrice di diversi tipi di sensori EMG ha fatto un test sui muscoli del carpo con diverse misure di sensori sEMG. Secondo loro con elettrodi spazati da 1 cm e intra elettrodi con 1 mm di spessore si ha il minore cross-talk di tutte combinazione testate. I sensori più comunemente utilizzati sono quelli che hanno una spaziatura tra elettrodi di 2 cm e dimensione di intra elettrodi di 7,5mm, essi rilevano un cross-talk 4 volte più grandi che sensori con elettrodi da 1 mm spazati da 1 cm. Elettrodi ancora minori di 1 mm potrebbero ridurre di più la contaminazione, pero dovuto a infattibilità tecnica non sono stati testati.

Un altro modo molto pratico e semplice di ridurre il cross-talk, sempre testato da Delsys, è l'utilizzo di un sensore con un doppio differenziale (DD). Il sensore DD consiste in due stage di amplificazione di differenziale che diversamente dal sensore a singolo differenziale (SD) riesce a filtrare e diminuire la contaminazione di cross-talk. Nel grafico in basso a sinistra si può osservare la parte ombreggiata dove è stata ridotta la contaminazione. Si osserva pure nell'area altra immagine in basso a destra la performance di un sensore DD in cui un segnale sEMG proveniente dal muscolo Flessore Carpi Radialis viene rilevato simultaneamente da un sensore SD e da un sensore DD.

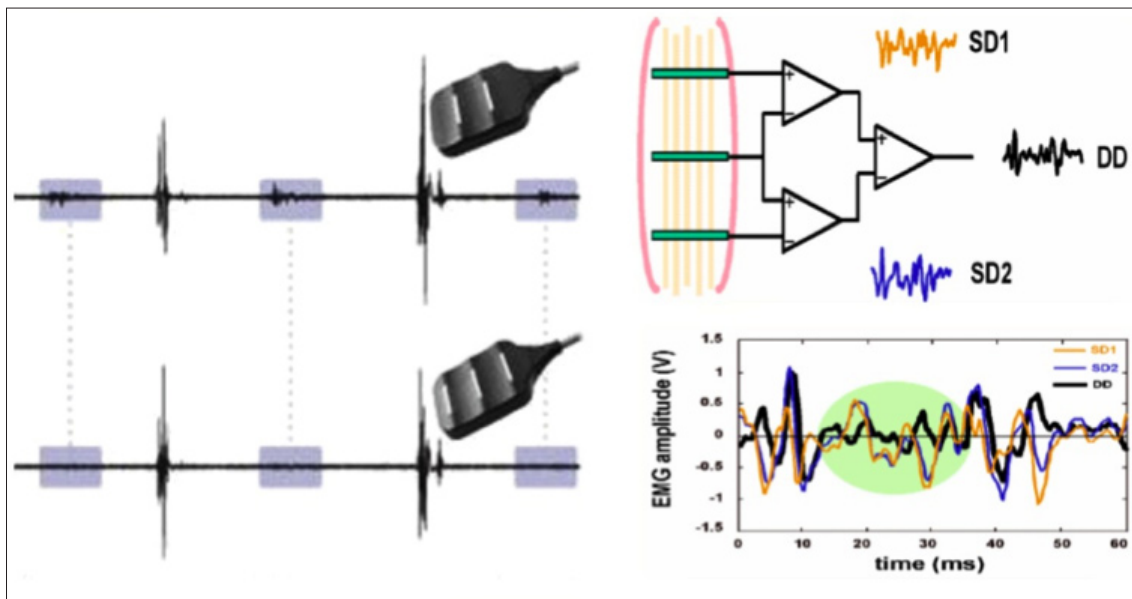


Figura 3.21: Differenza di segnale rilevato tra un sensore di singolo e doppio differenziale

I principali accorgimenti che posso essere impiegati per ridurre il cross-talk sarebbero:

- Utilizzo di un piccolo sensore.
- Intra elettrodi spaziati da 1 cm.
- Elettrodi dimensionati da una barra di 7,5 mm x 1 mm.
- Disposizione del sensore nella parte media centrale del muscolo.
- Utilizzo di sensori a doppio differenziale.

3.5 Fili e tessuti conduttivi

I tessuti metallizzati sono prodotti che hanno le proprietà elettriche dei metalli con le caratteristiche di un tessuto normale, possono essere cuciti e lavorati facilmente, hanno un utilizzo tecnico però man a mano stanno prendendo spazio in nuovi prodotti.

Questi tessuti sono composti di fili con proprietà conduttive dovute alle speciali fibre che gli compongono. L'industria delle fibre conduttive è stata sviluppata in sostanza per risolvere problemi di sicurezza e salute decorrenti delle scariche di energia statica molto presente in grandi impianti elettrici e macchine, in questo settore la tecnologia si è raffinata fino a essere considerata affidabile.

Inizialmente questi tessuti avevano sottilissimi fili metallici che erano aggiunti alla fase di tessitura, il risultato era una maglia composta di strisce conduttive, che funzionava, però era di uso limitato dovuto alla mancanza di area conduttiva e proprietà elettriche precisamente controllabili.

Con la crescita di mercato per questi determinati tipi di prodotti le tecniche di produzione e lavorazione dei tessuti si sono svolte fino a rendere possibile la deposizione di materiale conduttivo direttamente sulle fibre che compongono i fili, permettendoli di avere una superficie totalmente conduttiva con proprietà elettriche precisamente controllate e spessori molto ridotti. Questa tecnica è conosciuta come Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition PECVD, ed è una delle tante vertenti della Chemical Vapor Deposition CVD.

Ormai ci sono tanti altri utilizzi per questi fili e tessuti, come bloccaggio di campi elettromagnetici, generazione di calore, generazioni di energia piezoelettrica, trasmissioni di energia e dati. Essi sono applicati in dispositivi di sicurezza, salute, sporte e adesso tendenzialmente in smart wear o wearable technologies. Le forme alternative di trasmettere dati ed energia si stanno facendo presenti in molti di questi prodotti, si crede che questa tendenza spingerà ancora di più lo svolgimento di questa tecnologia.

3.5.1 Fibre conduttive

Il rivestimento con materiale conduttivo è fatto al tessuto, prima di che esso sia tessellato, le sottilissime fibre che hanno diametri in proporzioni di centinaia di micron sono rivestite con la tecnica di PECVD, questo processo li crea un estratto molto aderente su tutta la superficie della fibra a livello nanometrico. Poi dopo rivestite questi, sono trasformati in fili che per sua volta saranno tessellati in tessuti e maglie. Queste maglie avranno 100% della sua superficie con proprietà conduttiva.

Le caratteristiche finale del tessuto dipenderanno principalmente dei materiali che compongono le fibre del filo utilizzato e del modo in cui esso viene tessellato (quantità di queste fibre presenti e il pattern della maglia).

Le fibre sono sempre composte di un cuore polimerico e una superficie metallica. Con la variazione di questi materiali si riesce a configurare tessuti con diverse proprietà elettriche e magnetiche, di accordo con i requisiti necessari.

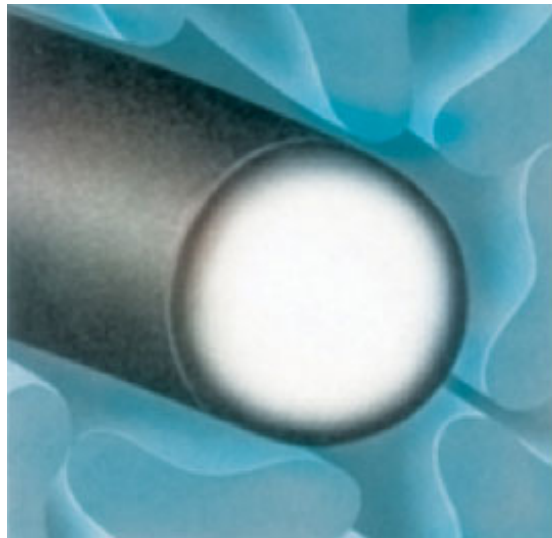


Figura: 3.22: Fibra di poliammide rivestita d'argento

Le caratteristiche finale del tessuto dipenderanno principalmente dei materiali che compongono le fibre del filo utilizzato e del modo in cui esso viene tessellato (quantità di queste fibre presenti e il pattern della maglia).

Le fibre sono sempre composte di un cuore polimerico e una superficie metallica. Con la variazione di questi materiali si riesce a configurare tessuti con diverse proprietà elettriche e magnetiche, di accordo con i requisiti necessari.

3.5.2 Materiali

Tra le diverse combinazioni di materiali esistenti quelli che sono più note dovuto alle sue caratteristiche sono le fibre di:

1. - Poliammide rivestito da argento.
2. - Poliestere rivestito di rame.

1. Argento

Densità: 10,4g/cm³

Conducibilità elettrica: 63.10⁶ S/m²

Conducibilità termica: 429 W/m*K

Nei processi di produzione industriale, l'argento è soprattutto molto versatile e permette di risparmiare tempo e denaro. Per secoli esse ha trovato applicazione in diversi settori. Le sue proprietà uniche lo distinguono di altri metalli e sono responsabile per il suo grande impiego in questo settore.

L'argento è :

- Elettricamente conduttivo.
- Schermante.
- Anti-batterico.
- Fungicida.
- Inibitore di odori.
- Ha un buon contatto con la pelle.
- Regolatore di temperatura.
- Elettricamente conduttivo.

L'argento tra i metalli ha il migliori indici di conduttività elettrica, e perciò nascono tante possibilità per la cosiddetta Smart Fabric. Il suo grande potenziale conduttivo lo rende molto utile per il controllo delle funzioni corporee nel settore medico, sportivo, e anche l'integrazione della tecnologia dei microsistemi nei tessuti, wearable technologies e smart wears.

Schermatura - Questo metallo riesce a bloccare le radiazioni elettromagnetiche. Perciò è ampiamente utilizzato come schermanti d'interferenze nell'industria automobilistica, per le imprese di trasporto aereo e spaziale, come protezione a computer e telefonini e puro come anti smog elettromagnetico.

Anti-batterico e fungicida - L'effetto anti batterico dell'argento è basato nella grande quantità di ioni positivi presente nei suoi atomi che assorbono le cariche elettriche negative, dei microbi. Di conseguenza questi ioni reagiscono con le proteine del patogeno e le distruggono, le proteine sono la fonte energetica di questi microorganismi, perciò quando sono messi in contatto con particelle di argento dopo un breve periodo, muoiono. Queste qualità stanno essendo molto impiegate nel settore medico e sportivo.

Inibitore di odore - Molti batteri e germi emanano odori sgradevoli. L'argento gli elimina e così può avere un effetto inibitorio di odore. Esistono già delle calze prodotte in fibra 99,9% in argento che hanno un effetto anti batterico e proteggono la pelle dalle irritazioni.

Buon contatto con la pelle - Come l'argento combatte i funghi e batteri, gli effetti del metallo prezioso sulla pelle sono particolarmente gentili, soprattutto a persone che soffrono di eczema e le persone allergiche. Alcune proteine esistenti nell'argento possiedono proprietà anti irritanti. Tessuti conduttivi all'argento sono stati già usati in biancheria intima e guanti speciali che calmano la pelle irritata e alleviano il prurito.

Regolazione di temperatura - I metalli non hanno nessuna correlazione tra la conducibilità elettrica e la conducibilità termica, buoni conduttori elettrici sono buoni conduttori termici. Per ciascuno di questi l'argento è al primo posto, quindi in forma di magliette per esempio può dissipare facilmente calore del corpo o dell'ambiente.

I monofilamenti di questi fili sono completamente rivestite con puro argento, l'adesione è ottima, l'argento si mescola al substrato. La metallizzazione del materiale non cambia la proprietà originale della poliammide come resistenza a rottura e allungamento. Le sue fibre possono essere processate come si fossero fatte da un normale monofilamento di poliammide.

2. Rame

Densità: $8,9 \text{ g/cm}^3$

Conducibilità elettrica: $59 \cdot 10^6 \text{ S/m}^2$

Conducibilità termica: $401 \text{ W/m}^* \text{K}$

Il rame come l'argento e l'oro ha un grande coefficiente di conducibilità elettrica. Per una migliore resistenza alla corrosione comunemente le fibre sono rivestite a multistrati, di nickel o cobalto, in questo caso non è indicato un contatto prolungato con la pelle dovuto a possibile irritazione.

Come nel caso dell'argento i monofilamenti, sono rivestiti completamente con rame, che si mescola allo strato di poliestere, esso non perde le sue caratteristiche e malleabilità.

Ha in pratica le stesse caratteristiche schermante, anti batterici e fungicidi, inibitore di odori e regolatore di temperatura come l'argento, pero in più sono anti infamatori. A contatto con la pelle forma un chelato di rame che è riassorbito attraverso la membrana della pelle e trasportato in tutto il corpo. Chelati di rame esercitano un'azione anti infamatoria che contribuisce ad alleviare i sintomi artritici e aiutano a neutralizzare i radicali liberi dannosi presenti nel corpo.

Infatti, l'argento e il rame hanno ottime qualità medicinali e grandi proprietà elettriche, tutti i due metalli sono ampiamente usati in rivestimento di fibre che hanno lo scopo, di essere conduttive, anche si entrambi non presentano problemi quando messi in contatto con la pelle, l'argento è più utilizzato per questo fine per un distinto motivo: resistenza all'ossidazione. Il corpo umano libera liquido in forma di sudore, quando indossato, il tessuto è direttamente messo in contatto con la pelle, così l'ossidazione è facilitata. Per migliorare questa caratteristica è comune che il rame sia mescolato con zinco o che sia applicato uno strato in più di zinco sulle fibre rivestite, esso quando messo in contatto prolungato con le epidemie può causare irritazione

3. Poliestere e Poliammide.

Ci sono in pratica due tipi di fibre utilizzate per l'ottenimento dei tessuti: naturali o sintetiche.

Le fibre naturale sono quei cosiddetti basici o classici e possono avere tre origini diverse: animale, minerale e vegetale. Quelli di origini animali sono le lane, provenienti di diversi specie di mammiferi, o le sete, che sono fatte con i bachi delle larve di alcune farfalle. Quelle di origine minerale provengono dell'amianto, e le sintetiche sono quelli prodotte dall'uomo e hanno come materia prima prodotti chimici come il petrolio. Le più conosciute sono fatti di poliestere PES, poliammide PA, acrilico PAC, polipropilene PP, elastomero di poliuretano PUR e le Aramide (Kevlar e Nomex).

Tra questi, le più utilizzate nella industria tessile sintetica sono le poliammide e le poliestere.

Tessuti 100% poliammide sono leggeri, forti e durevoli. Il tessuto permette una facile evaporazione e veloce asciugatura.

I tessuti in poliammide quando mescolati con altre fibre mantengono una buona stabilità dimensionale, ricupero elastico e buona ritenzione di umidità. Questo materiale presenta ottima resistenza all'abrasione e trascinamento, che può essere facilmente percepito quando ci cerca di rompere un filo di pesca con la mano.

Comunque i tessuti prodotti con questo materiale presentano uno svantaggio dovuto alla sua efficienza in asciugarsi velocemente, hanno poca solidità, cioè perde il colore più facilmente si paragonato ai tessuti in 100% poliestere. Altro svantaggio è che tessuti in poliammide sono indicati per utilizzi estetici o a uso esterno, diversamente dal poliestere che può essere utilizzato in entrambi situazione.

Le principali caratteristiche dei tessuti fatti con le fibre di poliammide sono:

- Leggerezza e forza.
- Buona dilatazione.
- Durevole.
- Morbido.
- Asciugatura veloce.
- Facile pulitura.
- Resistente all'abrasione e prodotti chimici.
- Non assorbe benne l'umidità, può essere caldo e umido in'ambienti caldi.
- È statico.

Già i tessuti 100% poliesteri sono leggeri, molto malleabili, durevoli e hanno un'ottima solidità, quando esposto alle intemperie ad esempio, riesce a mantenere i colori per più tempo che i tessuti in poliammide.

È un prodotto molto versatile, potendo essere mescolato con tutte le fibre esistenti. I tessuti prodotti con fili di poliestere a multifilamenti quando paragonati a tessuti prodotti con poliestere di bassa filatura tranne che un tocco morbido e soave, presentano altre caratteristiche che sono:

- Maggiore fluidità.
- Maggiore potere di trasporto di umidità.
- Maggiore resistenza al lavaggio.

- Maggiore potere di asciugatura.
- Colori più vivace.
- Maggiore stabilità dimensionale.

3.5.3 PECVD a bassa pressione

La deposizione di film sottili nota come PECVD (Plasma-enhanced chemical vapor deposition) è tra le più diffuse applicazioni industriali dei plasmi. Il suo utilizzo nasce e si sviluppa fin dai primi anni Ottanta del secolo scorso per utilizzi di microelettronica. Questo processo è uno dei tanti vertenti dei CVD e si caratterizza per essere economico e di basso impatto ambientale.

Gli impianti per il trattamento a plasma sono costituiti schematicamente da una camera di reazione, un sistema di pompaggio per il sotto vuoto, un sistema di alimentazione di gas e un sistema di generazione del plasma.

Il consumo di reagenti è veramente ridotto e incide in maniera praticamente nulla su prezzo finale del prodotto. Allo stesso modo i sottoprodotti di reazione sono così minimi che, una volta assorbiti dalle pompe, non è necessaria alcun recupero o smaltimento.

I punti di forza dei trattamenti superficiali con plasma a bassa pressione possono essere così riassunti:

- Possibilità di esporre qualsiasi tipo di materiale senza termodegradarlo.
- Basso consumo energetico di gas.
- Processo a secco che non richiede solventi che spesso sono pericolosi per l'ambiente.
- Rilascio trascurabile di sottoprodotti indesiderati.
- Modificazione della superficie senza alterare le proprietà generali del prodotto.

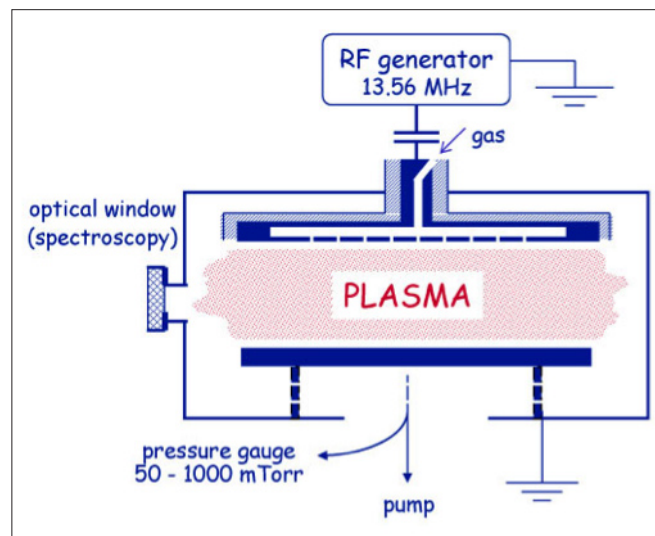


Figura 3.23: Schema di una camera a bassapresione per PECVD

Su versante dei tempi di trattamento dobbiamo suddividere il ciclo di trattamento in tre fasi:

1. Messa in vuoto dell'impianto: circa di 1-3 minuti;
2. Trattamento, dipendente dal tipo di processo (da qualche minuto per plasma grafting a una decina di minuti per deposizione);
3. Messa in aria: circa 5-10 secondi.

Le fasi che contraddistinguono la lavorazione sono distinguibili in: carico del materiale, trattamento e infine scarico del prodotto. Le fasi di carico e scarico possono essere gestite da personale o da sistemi automatici.

Altro aspetto importante sono le operazioni di lavaggio precedenti i trattamenti in vuoto; infatti, al fine di favorire a garantire uniformità del trattamento, le superfici devono essere prive di contaminanti come polveri, grassi o oli.

L'applicazione di questi trattamenti ai prodotti di largo consumo sta prendendo sempre più apprezzamento per la loro ecologicità.

Plasma

La corona solare, il bagliore del fulmine, la fiamma, una luce al neon sono tutti esempi di plasma.

Il plasma è altro che un gas composto di atomi e molecole ionizzate, e può esistere in una gamma molto ampia di temperature e pressione. Essendo formato da particelle elettricamente cariche, è sensibile all'azione di campi elettrici e magnetici esterni.

Qualsiasi gas può essere ionizzato e fatto plasma, per farlo è necessario accelerare la frazione di elettroni liberi, presenti naturalmente nei gas, per mezzo di un campo elettrico in modo da provocare urti fra elettroni e atomi neutri, aumentando così il grado di ionizzazione. Questo può essere ottenuto in vari modi, i più significanti sono: corrente alternata di frequenza 13,56 mhz (radiofrequenza), 10-100 kHz (audiofrequenza), 2,54 GHz (microonde) e corrente continua DC. Tra queste la più diffusa è la radiofrequenza 13,56MHz.

Il plasma mostra un comportamento così diverso da quello dei gas e fluidi ordinari che è definito il "quarto stato della materia". Il plasma è altamente conduttore elettrico e al contrario dei materiali conduttivi normali questa proprietà non diminuisce con l'aumentare della temperatura.

I plasmii freddi sono caratterizzati da: pressioni da diecimila a qualche centinaio di volte inferiore a quell'ambiente; grado di ionizzazione pari a una specie carica ogni milione di specie neutre; temperatura media di qualche decina di Gradi Celsius.

Le interazioni tra elettroni altamente energetici e gas creano nella fase plasma un concentrato di specie reattive non convenzionali che non sarebbe possibile ottenere altrimenti a temperature così basse. Allo stato di plasma si possono trovare frammenti molecolari ionizzati e non, radicali liberi, molecole e atomi in stati energeticamente eccitati.

Questi ultimi tornando allo stato fondamentale emettono luce nel visibile e nell'ultravioletto, dando al plasma il tipico aspetto luminescente e aggiungendo una componente fotochimica alla complessa serie di interazioni che costituiscono la chimica del plasma.

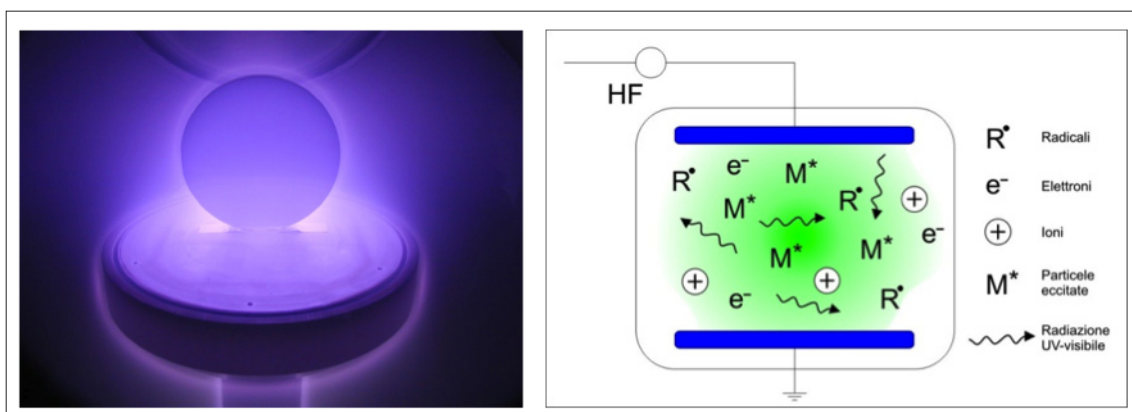


Figura 3.24: A sinistra generatore RF di plasma, e a destra schema delle specie reattive in un plasma freddo.

Scegliendo determinati gas e manipolando le condizioni del plasma si possono ottenere diversi risultati d'interazione tra plasma e materia. Le scoperte nel settore della chimica del plasma stanno ancora in evoluzione e sono innumerevoli i risultati che si possono ottenere.

Le tre principali forme d'interazione tra plasma e materia sono: grafting (cambiamento della superficie), etching (trattamento di pulitura) e deposizione di film sottili.

Plasma Grafting

Usando determinati tipi di gas, è possibile cambiare su scala nanometrica le caratteristiche superficiali di polimeri naturali o sintetici. Questi trattamenti avvengono a una temperatura prossima a quell'ambiente e, essendo la loro azione limitata sulla zona di contatto tra gas e materiale, non fanno variare sostanzialmente le proprietà fisiche del polimero.

Trattamenti con gas ossidanti (aria, ossigeno, azoto, anidride carbonica e altri) su polimeri sintetici o naturali aumentano considerevolmente la loro bagnabilità dovuto alla formazione di gruppi polari in superficie. Questo effetto permette di trasformare l'idrofilia di una superficie e trasformarla in modo di migliorare le sue proprietà adesive e bagnabilità nella verniciatura e nella finitura tessile.

Tabella 3.1: Angolo di contatto dell'acqua di film di polietilene per diversi plasmi

Plasma	φ Gradi
CO ₂	08
CO	16
NO	25
O ₂	35
NO ₂	37
Non trattato	102

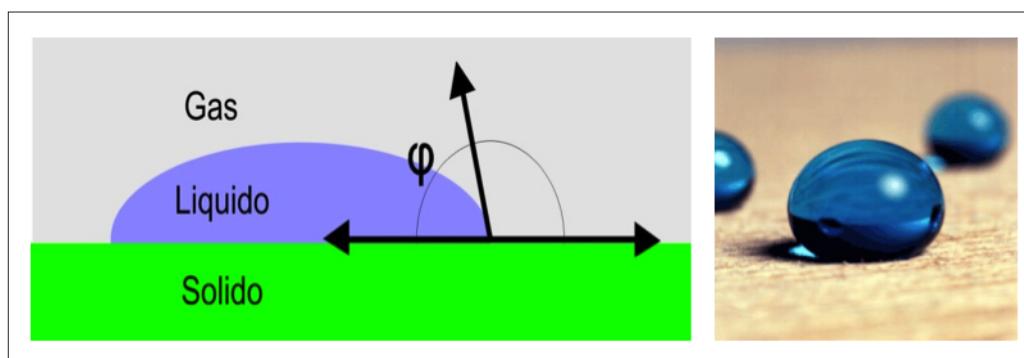


Figura 3.25: A sinistra rappresentazione dell'angolo di contatto, e a destra superficie idrofobica

L'efficacia del trattamento si può misurare attraverso la variazione dell'angolo di contatto di una goccia d'acqua posta su una superficie. Per angolo di contatto s'intende l'angolo sotteso dalla goccia di liquido fra il solido e l'aria, quanto maggiore l'angolo maggiore sarà la bagnabilità della superficie.

Se consideriamo un foglio di polietilene, si può osservare (tabella) che variando il tipo di plasma si ottengono diversi valori di bagnabilità della superficie. Le variazioni sono ascrivibili ai diversi contributi polari che i diversi tipi di plasma riescono a indurre.

L'impiego di plasmi a base fluoruri organici o inorganici (CF_4 , SF_6 , NF_3 , SiF_4 ,...), innestano fluoro in superficie, permettendo di trasformare la superficie del polimero in un materiale simile al politetrafluoretilene (Teflon®) e quindi con spiccate caratteristiche d'idrofobicità e l'oleorepellenza.

È di grande importanza il fatto che i tempi di trattamento per il plasma grafting sono veramente veloci e, in base al grado di conversione richiesto, va da qualche decina di secondo a qualche minuto.

Etching di polimeri.

Si un polimero rimane esposto al plasma per un tempo adeguato si verifica una perdita di peso dovuto allo "strippaggio" dello strato polimerico più prossimo alla superficie.

La perdita di peso è dovuta alla scissione delle catene polimeriche che produce sostanze volatili a basso peso molecolare. In generale i polimeri più sensibili sono quelli in cui il gruppo funzionale contiene ossigeno (eteri, esteri, acidi carbossilici) mentre le poliolefine (polipropilene, polietilene ecc.) sono molto meno sensibili.

Questo fatto è sfruttato per eliminare micro contaminanti organici superficiali e per aumentare le proprietà di bagnabilità e di adesione per successivi trattamenti di finitura come la verniciatura.

Deposizione.

La deposizione di film sottili, nota con l'acronimo di PECVD (Plasma-enhanced chemical vapor deposition), è tra le più diffuse applicazioni industriali dei plasmi. La sua applicazione nasce e si sviluppa fin dai primi anni Ottanta del secolo scorso nel settore della microelettronica e nella costruzione di celle solari.

La tecnica di deposizione attraverso il plasma consente la sintesi di rivestimenti nano strutturati a film sottile per il conferimento di proprietà specifiche e funzionali alla superficie dei materiali

trattati, ad esempio; anticorrosione, antiaderenza, antiusura, antigraffio, autolubrificanti e antiriflesso, idrofobicità, oleofobicità o idrofilia.

Il processo di deposizione avviene all'interno di camere da vuoto, dove i precursori vaporizzati e attivati dal plasma, condensano sulla superficie dei substrati formando ricoprimenti polimerici, metallici e ceramici di diversa natura (ossidi, nitruri, carburi, polisilossani reticolati, metalli, ecc...). In virtù di temperature di processo generalmente inferiori ai 100°C, è possibile utilizzare queste tecnologie sia per trattamenti su particolari metallici che su materiali polimerici, tessuti e altri materiali termosensibili.

Per comprendere meglio le possibilità offerte dai rivestimenti in PECVD, dobbiamo immaginare il plasma come un ambiente in grado di attivare e di coinvolgere qualsiasi tipo di atomo presente nel reattore, scomponendo molecole, anche le più complesse, per poi ricombinarle; in queste condizioni ogni atomo in grado di formare strutture continue (per esempio il carbonio e il silicio) può formare un polimero con qualità che dipendono dalle condizioni di reazione.

Il meccanismo con cui viene la polimerizzazione è tuttora non ben definito, infatti, nella fase di plasma ci sono tante specie: radicali, ioni positivi e negativi, luce ultravioletta e visibile, che contribuiscono per la formazione del film.

Tra le diverse componenti quella che presenta un ruolo di maggior importanza nella fase di creazione del film è la componente elettrostatica, pure presentando un potenziale neutro dovuto alla condensazione di energia, perante ai altri materiale il plasma sempre presenterà un potenziale positivo e la superficie del materiale ad essere trattato un potenziale negativo.

Gli ioni e i neutroni giocano un ruolo primario nel processo. Gli elettroni contribuiscono per la frammentazione e all'eccitazione delle specie presenti e gli ioni interagiscono con la superficie da trattare formando il film.

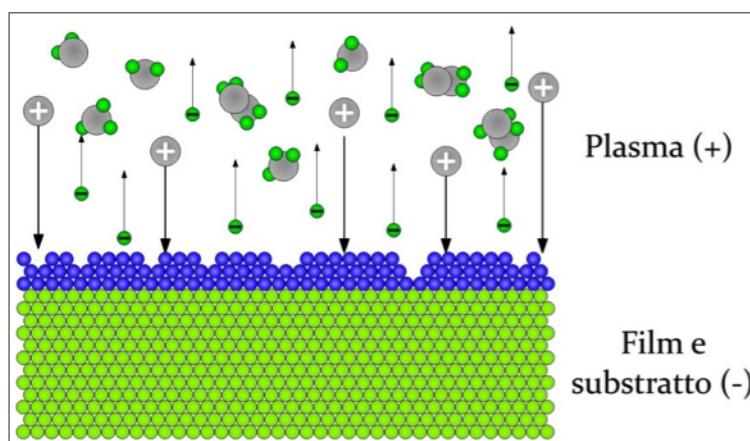


Figura 3.26: Interazione elettrostatica tra plasma e substrato

Le proprietà fisiche e chimiche del film formatosi sono fortemente dipendenti dai parametri di processo scelti; fattori quali potenza trasferita al plasma, flusso di gas, pressione e geometria del reattore devono essere attentamente valutati nella messa a punto di un trattamento in PECVD.

Impiegando lo stesso gas di processo e modificando i parametri sopra indicati è possibile modificare le caratteristiche chimiche fisiche del rivestimento, dando così la possibilità di costruire il deposito in base alle caratteristiche che più ci interessano: per citare un esempio, nella polimerizzazione con organosiliconici e ossigeno, possiamo scegliere se avere un film chimicamente simile a un silicone, oppure un composto molto simile al quarzo.

Un altro esempio è l'influenza che la modifica dei parametri può causare nel risultato finale di un film di argento sulla poliammide. Per avere una deposizione di un nano film di argento si deve creare un plasma da un gas organometallico di perfluoro-1-metile-argentopropene, questo composto d'argento viene preparato da silver fluoruro e perfluoro-2-butyne. Per avere una stabilità del componente d'argento questo plasma deve essere generato in una atmosfera di argon e idrogeno.

Studi fatti per il dipartimento di chimica organica dell'Università di Tubingen, Germania, mostrano come la potenza del generatore di radiofrequenza del plasma, la temperatura del substrato e composizione del gas di atmosfera possono influenzare nella composizione finale del film rispetto alla; purezza del metallo, quantità di carbonio presente, resistività e velocità di formazione del substrato.

Tabella 3.2: Influenza della potenza del generatore RF (temperatura del substrato di 120 C, pressione Ar:22 Pa, H₂:4 Pa)

Potenza RF (W/cm ²)	Tassa di deposizione (nm.min.)	Resistività (Ohm cm)	Ag	C
			%	
0.15	3.6	2.0 +- 0.5	90 - 95	1
0.23	5.5	<2.0	100	<1
0.34	3.9	2.5 +- 0.5	98	1
0.45	2.8	<2.0	95	<1
0.53	1.1	2.5 +- 0.5	93 - 100	2.8
0.75	2.1	2.5 +- 0.5	100	<1

Rivestimenti d'argento di buona qualità possono essere ottenuti con una potenza che varia dal 20W al 100W, si è osservato che la tasso di deposizione diminuisce leggermente col aumentare della potenza, la conduttività rimane sempre vicino al 2 Ohm cm, la percentuale di carbonio viene bassa e la purezza del metallo depositato è alta.

La variazione della temperatura del sostrato è stata studiata in due differenti potenze del generatore RF, ovviamente quelle che hanno presentato un migliore risultato nel test precedente. I migliori risultati sono stati ottenuti con una temperatura di sostrato di 120 C e 150 C, in questi due casi la presenza di carbonio e il grado di purezza dell'argento non variano tanto, la componente che varia di più considerevolmente è la tasso di deposizione del film.

Tabella 3.3: Influenza della temperatura del sostrato (pressione Ar:22 Pa, H2:4 Pa)

Potenza RF (W/cm ²)	Temperatura del sostrato (C)	Tassa di deposizione (nm.min.)	Resistività' (Ohm cm)	Ag	C
				%	
0.23	40	0,8	3 - 8	73	3
0.23	80	1.6	2 - 4	100	< 1
0.23	120	5.5	< 2	100	<1
0.23	150	1.9	< 2	98	<1
0.34	40	2.5	3 - 8	98	1- 2
0.34	80	1.5	2 - 6	99	1
0.34	120	3.8	2 -+ 0.3	98	<1
0.34	150	2.5	3 - 6	92	1,5

L'ultimo test fu stato fatto variando la quantità d'idrogeno nella atmosfera interna della camera. In questo caso si è osservato che la presenza d'idrogeno di soltanto 15% può variare di modo molto espressivo le proprietà del film depositato.

Con la tecnica di deposizione di film d'argento su superficie di poliammide si può ottenere film con spessore maggiore di 500nm e con un'ottima adesione. La quantità di metallo utilizzato

per la deposizione è significativamente poca, per esempio nel caso dei prodotti filati si posso ottenere 1 km di filo con soltanto mezzo gramo di argento.

Comunque le caratteristiche che più distinguono la deposizione di film metallici e polimerizzazione via trattamenti in PECVD può essere schematizzate nei seguenti punti:

- Temperatura media di polimerizzazione prossima a quell'ambiente.
- Proprietà chimico-fisiche del deposito dipendenti dai parametri di processo.
- Elevata presenza di legame incrociati nel deposito.
- Elevata adesione con il substrato, giacché viene anch'esso attivato dal plasma partecipando così della reazione.
- Spessori dei film manometrici.

Tabella 3.4: Influenza della composizione del gas di atmosfera (temperatura del sostrato di 120 C, potenza di RF 0.23 W/cm², pressione Ar:22 Pa, H2:4 Pa)

Gas range (Ar:H2)	Tassa di deposizione (nm.min.)	Resistivita' (Ohm cm)	Ag	C
			%	
1 : 0	1,7	>2x10 ⁸	71	7
5 : 1	1,3	2.0 +- 0.5	99	1
1 : 2	1,9	2 - 3	98	1 -2

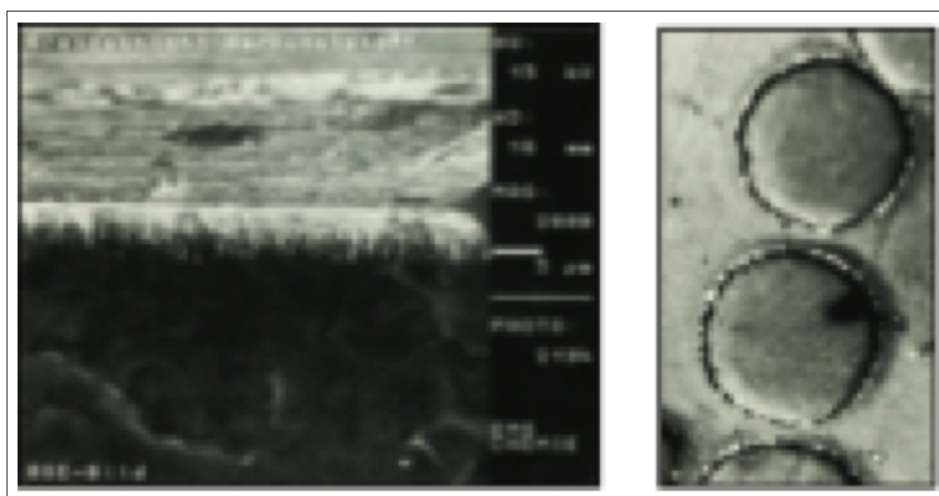


Immagine 3.15: Sezione di fibre di poliammide rivestita da argento di circa 500nm via PECVD

Le caratteristiche finale del tessuto dipenderanno principalmente dei materiali che compongono le fibre del filo utilizzato e del modo in cui esso viene tessellato (quantità di queste fibre presenti e il pattern della maglia).

Le fibre sono sempre composte di un cuore polimerico e una superficie metallica. Con la variazione di questi materiali si riesce a configurare tessuti con diverse proprietà elettriche e magnetiche, di accordo con i requisiti necessari.

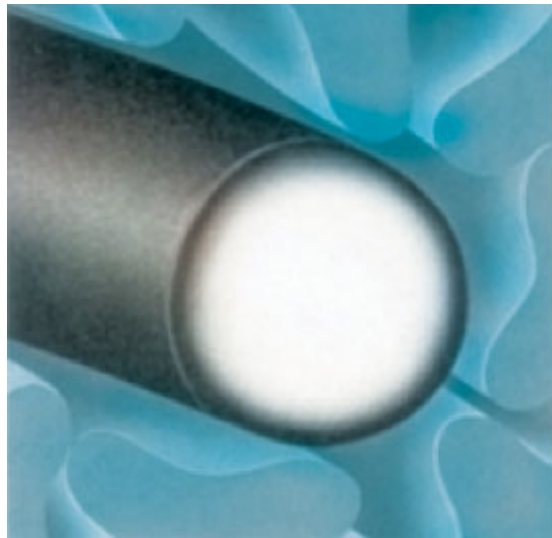


Figura: 3.22: Fibra di poliammide rivestita d'argento

Le caratteristiche finale del tessuto dipenderanno principalmente dei materiali che compongono le fibre del filo utilizzato e del modo in cui esso viene tessellato (quantità di queste fibre presenti e il pattern della maglia).

Le fibre sono sempre composte di un cuore polimerico e una superficie metallica. Con la variazione di questi materiali si riesce a configurare tessuti con diverse proprietà elettriche e magnetiche, di accordo con i requisiti necessari.

3.5.2 Materiali

Tra le diverse combinazioni di materiali esistenti quelli che sono più note dovuto alle sue caratteristiche sono le fibre di:

1. - Poliammide rivestito da argento.
2. - Poliestere rivestito di rame.

Segue in basso la descrizione di uno dei fili conduttivi più utilizzati e le sue variazioni presenti in mercato.

Conductive Yarn Silver Plated Nylon Yarn - 117/17 x 2-ply

Applicazioni: campo medico e applicazione in maglie.

Composizione: filo di nylon 66 rivestito d'argento.

Resistenza elettrica: 100-150 ohm/ pollice

resistività elettrica: 0,025 ohm / cm².

Diametro: 170 microns.

Comunque le sue applicazione possono variare in:

- Conduttore elettrico per ESD.
- Applicazione in tessuti e maglie.
- Settore medico.
- Resistenza per riscaldamento.
- Applicazione antimicrobi.

La resistenza elettrica può variare da:

- 2 – 770 ohm / foot.
- 100 – 220 ohm / pollice.
-

La resistività elettrica può variare da:

- 0,0025 – 0,25 ohm / cm².
-

Il diametro può variare da:

- 80 – 800 microns.

3.5.5 Tessitura

Un tessuto è un manufatto realizzato tramite un intreccio di fili perpendicolari tra di loro, l'operazione necessaria per realizzarlo si chiama tessitura. È costituito da due elementi: l'ordito o catena, ossia l'insieme di fili tesi su telaio, e la trama, un unico filo che percorre da una parte all'altra l'ordito.

Per costruire un tessuto si possono utilizzare molti mezzi, dai più semplici, un cartone dentelato, alcuni bastoni o una cornice di legno, a quelli più complessi come un telaio jacquard o uno industriale. Ovviamente la resa, cioè qualità, la complessità e la dimensione del tessuto ottenuto sono in relazione con le caratteristiche tecniche del mezzo utilizzato.

Tessuti prodotti nel processo di tessitura (conosciuti pure come tessuti piani) non possono essere confusi con tessuti di maglia. Nei tessuti piani ci sono solamente due posizioni possibili per i fili della trama, questa passa di sotto o di sopra i fili dell'ordito.

Ci sono diversi tipi di costruzione di un tessuto, tra questi le basiche sono la tela (taffetà), la serge e il raso. Tessuti del tipo jacquard sono incrociati filo a filo, un processo in cui è possibile fare disegni. Quello che determina i tipi d'incrociamiento del filato è chiamato padroneggio, ed è realizzata con la selezione dei fili dell'ordito che salgono o scendono per la formazione della tela.

Altri tipi di tessuti caratterizzati dal tipo di trama sono: felpa, giro inglese, maglia, misti, tramati, nonwoven o non tessuti e alcuni tessuti speciali.

Con i filati di fibre conduttive si possono fare in pratica tutti i tipi di tessuti e maglie, e dipendendo delle caratteristiche necessarie per il prodotto finale in cui questo tessuto sono applicati, uno, possono ordinare tessuti fatti specialmente per lo scopo voluto. Comunque ci sono già tante varietà in mercato. Questo è liberato degli Svizzeri, Americani e Cinesi.



Immagine 3.18: Telaio operato a dispositivi jacquard per tessuti

3.5.6 Tessuti a maglia

Come già detto, per la formazione di un tessuto tradizionale sono necessari due elementi fondamentali, e precisamente l'ordito (o catena) composta di fili affiancati paralleli e le trame che si dispongono trasversalmente. Invece per costruire un tessuto a maglia è sufficiente un solo elemento, si può utilizzare tanto l'elemento trama quanto la catena. Evidentemente le sue caratteristiche sono diverse, e i tessuti relativi vengono prodotti da macchine e telai che lavorano in modo differente. Comunque l'organo produttivo fondamentale per tutti i due metodi è l'ago per maglieria che permette la formazione d'intrecci curvilinei formatori di maglie che si sviluppa in senso trasversale (trama) o orizzontale (catena).

Il tessuto maglia in trama, viene anche chiamato a maglia raccolta, perché durante il lavoro gli aghi raccolgono essi stessi il filo. Il filo scorrendo da destra a sinistra produce una riga trasversale di maglie, cioè un rango, che corrisponde a una corsa del carro in un solo senso. A ogni rango se ne intreccia un altro, le cui maglie s'incatenano a quelle del precedente e così via; ogni maglia è trattenuta dalla corrispondente del rango precedente. I tessuti a maglia in trama si prestano bene a essere diminuiti o aumentati e sono quindi adatti alla fabbricazione di tessuti sagomati.

Il tessuto a maglie in catena, viene anche chiamato a maglie gettate, perché i fili sono tanti quanti gli aghi in lavoro e vengono gettati su questi ultimi tutti in una volta; più fili entrano in lavoro simultaneamente e si intrecciano fra loro formando una catena di maglie. È prodotto in pezza e tagliato nella confezione, perché non si presta a essere sagomato sulla macchina.

Le fronture sono una parte fondamentale di tutti i macchinari di maglieria. Sono costituite da "zone" di acciaio, nelle quali sono ricavate fresature per il passaggio degli aghi. Sono anche chiamate "letto degli aghi", in quanto vi sono sistemati tutti gli aghi, oppure "pettini" per la particolare disposizione a pettine degli aghi.

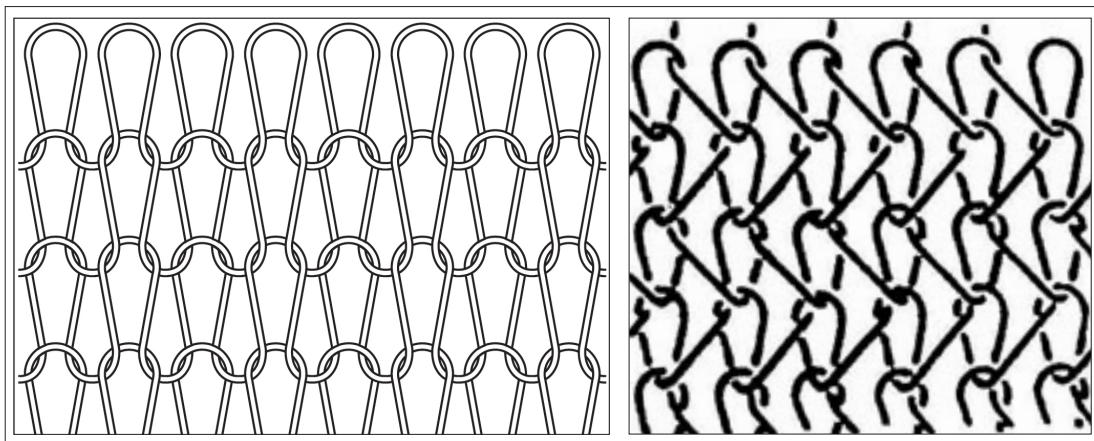


Figura 3.27: A sinistra intreccio di maglia a trama e a destra maglia a catena

Macchine a telai possono avere una o due zone di aghi, e a loro volta possono essere rettilinea o circolare. Quindi esistono macchine o telai circolari e rettilinei, a Monofrontura o a Bifrontura.

Con le variazioni di questi diversi tipi di macchine e le aggiunte di alcuni dispositivi come gli alimentatori jacquard che servono per la inserzione di filati di diversa natura e colore sulla struttura tessile si possono ottenere infinite variazioni e tipi di maglie, giù si vede una lista con i principali tipi di maglie a trama e catena.

1. Tessuti a maglia rasata

Vengono prodotti da macchine circolari a monofrontura, si ottiene un tessuto liscio con intreccio uniforme. Questa categoria si divide in maglie rasate con intrecci derivati e maglie rasate con intrecci operati, la principale differenza è che nell'ultima, ogni ago può essere controllato individualmente possibilitando più variazione di tessuti e in più riescono a dare un rapporto illimitato di disegni con i meccanismi (jacquard).

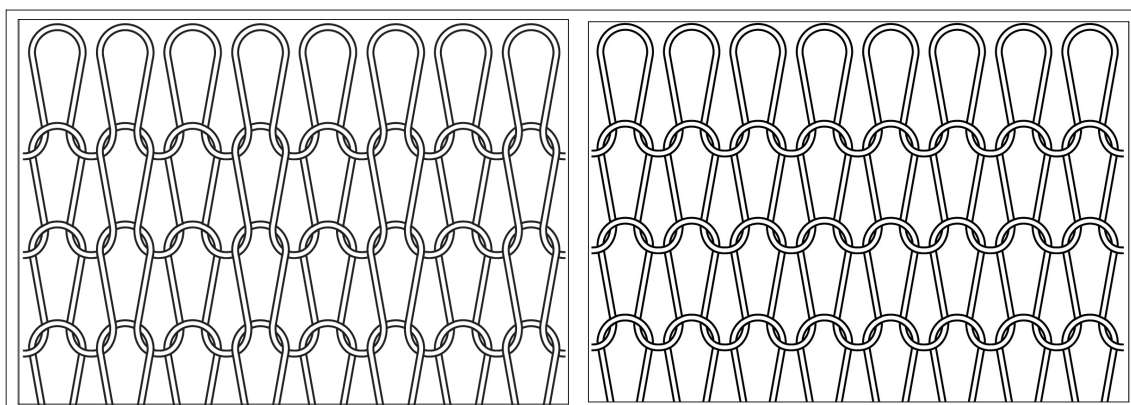


Figura 3.28: A sinistra rappresentazione del lato dritto di una maglia a trama, e a destra il lato rovescio

2. Tessuti a maglia a costa.

Vengono prodotti da macchine a bifronture ad aghi contrapposti e sfalsati, gli uni rispetto agli altri (doppio pettine d'aghi), il tessuto di base è la costa, cioè, con tutti gli aghi in funzione si presenta una struttura con file di maglia alternata, diritta e rovescia, e può essere denominata pure doppia faccia. È molto estensibile in larghezza (circa 20/30%) rispetto a quelle rasate.

Possiede in sostanza tutte le variazioni derivate dalle maglie rasate e in più, quelli a intrecci operati o jacquard possono produrre effetti di rilievo, di traforo e soprattutto per colore, e alcuni combinati tra di loro.

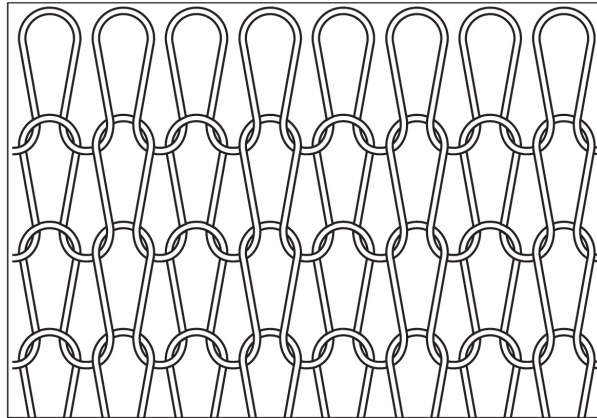


Figura 3.29: Rappresentazione di una maglia a costa, diritto e rovescio 1/1

3. Tessuti a maglia incrociata (interlock).

Sono tessuti a maglia a Bifronture, le macchine che le costruiscono hanno gli aghi contrapposti, e invece di essere sfalsati gli uni rispetto agli altri, sono coincidenti, per cui, mentre uno di essi lavora, l'altro deve essere fermo queste macchine possono disporsi nella lavorazione a costa o incrociata con un spostamento del piatto di un tratto corrispondente alla mezza distanza tra un'ago e l'altro.

Si caratterizza da un tessuto in maglia doppia, essi incrociati tra di loro, presentando un tessuto più pesante e compatto, con le superfici diritto e rovescio uguali completamente, come il diritto della maglia rasata.

4. Tessuti a maglia rovesciata (link-links).

Questa categoria di tessuti si ottiene da una macchina bifrontura ad ago a doppio uncino, che scorrendo tra le due fronture disposte in parallelo. Forma una maglia diritta e rovescia su una o l'altra delle fronture, l'intreccio fondamentale del tessuto a maglia rovesciata è quello di un rango a maglie diritte e il successivo a maglie rovesce. Ha come caratteristica la sua elevata estensione nel senso della lunghezza e come risultato si vede un tessuto a maglia rasata visto dal diritto e un tessuto a maglia rasata visto dal rovescio.

-Macchine circolari per calze.

Tre le categorie di macchine circolari si distinguono quella usata per fare calze, perché sono capaci di produrre maglie tubulari con piccoli diametri, e lavorare con filati di diametro molto sottile

Esistono macchine più adatte alla produzione di calza e calzamaglie sottili da donna, i filati più

usati per questi articoli sono prevalentemente sintetici a fibra continua, in particolare poliammidici con titoli compresi fra 15 e 100 den. E pure quelle più adatte alla produzione di calze da uomo in cui la proporzione fra diametro dei filati impiegati e dimensione delle maglie è tale da ottenere un tessuto a maglia con alto potere coprente, con caratterista opposta alla leggerezza delle calze da donna. Gli spessori dei fili utilizzati variano d'accordo con la finezza della macchina (capacità di produrre maglie con intrecci molti piccoli, misurata in quantità di aghi per pollice presenti nel disco di frontura da macchina, solitamente variando da 40 a 450 den. Si possono usare filati di fibre naturali come lana e cotone, o sintetici come acrilico, poliammide e poliestere. Questa categoria dà più importanza alla mano e alla presentazione del prodotto.

Esistono diverse configurazioni di macchine, ogni una con dispositivi diversi tutti questi sommati possono produrre diverse variazioni nella maglia tessuta, come aggiunta di immagine e disegni, texturizzazione, traforatura, formazione di doppio maglia elastica sulle estremità e pure l'aggiunta di filati di materiali diversi.

Le maglie tubulari hanno un grande impiego nel settore sportivo e quello della biancheria intima, dovuto alle sue caratteristiche di resistenza, durabilità e conforto.

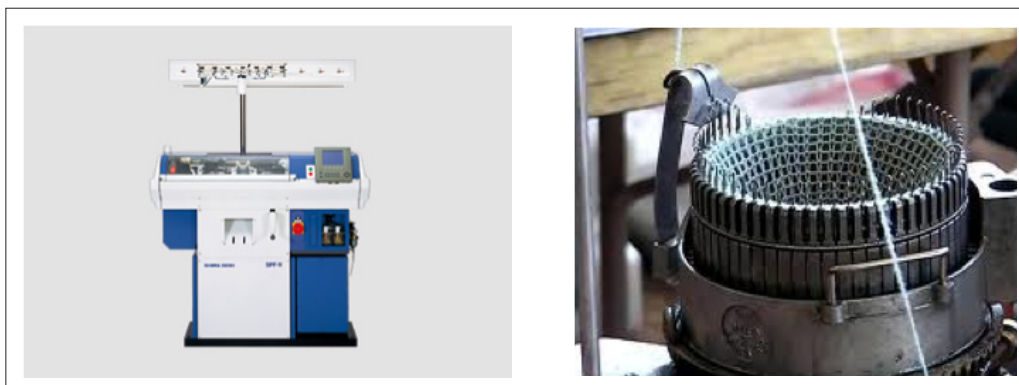


Immagine 3.19: A sinistra una macchina circolare per calze e a destra cilindro di frontura con i aghi



Immagine 3.20: Tipi di capi fatti in maglia circolare, a sinistra; pantaloncino nike pro-combat, in centro tipiche calze e a destra abito sportivo

3.5.7 Tessuti conduttivi in mercato

Segue in basso la descrizione dei più interessanti tessuti costituiti da filati conduttivi in mercato.

Poliestere rivestito da puro rame – Tessuto taffetà.

Tessuto lucido e liscio, flessibile e facile da tagliare, sembra un tessuto normale. Ha una migliore stabilità di colore dovuto alla finitura resistente all'usura. Molto conduttivo e con proprietà schermanti. Può essere utilizzato in tende, rivestimenti di muri, granati, sacchetti e altri.

Spessore: 0.08 mm

Resistenza superficiale: 0.05 Ohm/cm

Schermatura elettromagnetica: 80 dB tra 10 e 3000 MHz.

Peso: 80 g/m²

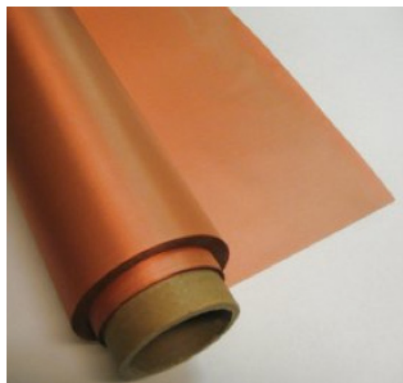


Immagine 3.21: Poliестere rivestito da puro rame, Tessuto taffetà

Poliestere rivestito da rame/nichel – Tessuto ripstop.

Tessuto lucido e liscio, flessibile e facile da tagliare, sembra un tessuto normale. Ha una migliore stabilità di colore dovuto alla finitura resistente all'usura. Resistenza superiore alla corrosione dovuta la presenza di nichel. Molto conduttivo e con proprietà schermanti. Come il nichel può generare allergia, non è raccomandato utilizzare questo materiale in contatto con la pelle. Guanti protettivi sono necessari per maneggiare questo materiale.

Può essere utilizzato in tende, rivestimenti di muri, granati, sacchetti e altri.

Spessore: 0.08 mm

Resistenza superficiale: 0.03 Ohm/cm

Schermatura elettromagnetica: 80 dB tra 10 e 3000 MHz.

Peso: 90 g/m²

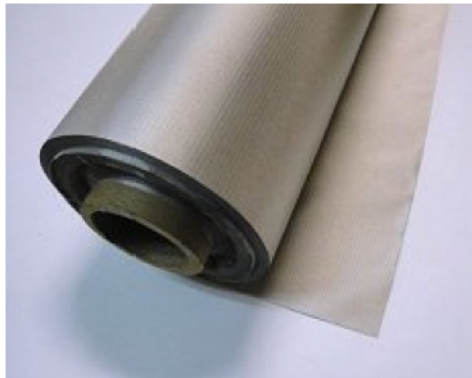


Immagine 3.22: Poliestere rivestito da rame/nichel, Tessuto ripstop

Poliestere rivestito da rame/nichel – Tessuto a maglia.

Tessuto a trama di alta performance per schermatura elettromagnetica, disegnato, per essere traslucido. Mescola trasparenza, flessibilità e leggerezza. Rivestito con nichel e rame per una migliore resistenza alla corrosione, ha un'ottima malleabilità pero non devi essere maneggiato per molto tempo senza guanti protettivi.

Può essere utilizzato in situazione dove si ha bisogno di vedere attraverso lo schermante, come finestre ad esempio.

Spessore: 0,02 mm

Resistenza superficiale: 0.01 Ohm/cm

Schermatura elettromagnetica: 40 dB tra 10 e 3000 MHz.

Peso: 25 g/m²

Trasmissione di luce: 70%



Immagine 3.23: Poliestere rivestito da rame/nichel, Tessuto a maglia

Poliammide rivestito da Argento – Tessuto taffetà.

Tessuto lucido e liscio, flessibile e facile da tagliare, sembra un tessuto normale. Resistenza superiore all'abrasione e trazione dovuto le fibre in Pa6, rivestito con argento 99% puro. Molto conduttivo, schermante elettromagnetico e antibatterico. Non presenta nessun tipo di problema quando è messo in contatto con la pelle.

Può essere usato come schermante elettromagnetico, in dispositivi anti statici, conduttore di elettricità.

Spessore: 0,25 mm

Resistenza superficiale: 2 Ohm/cm

Schermatura elettromagnetica: 60 dB tra 30 MHz e 3 GHz.

Peso: 35 g/m²



Immagine 3.24: Poliammide rivestito da Argento, Tessuto taffetà

Poliammide rivestito da Argento – Tessuto a maglia.

Tessuto lucido e liscio, flessibile e facile da tagliare, sembra un tessuto normale. Resistenza superiore all'abrasione e trazione dovuto le fibre in Pa6, rivestito con argento 99% puro. Molto conduttivo, schermante elettromagnetico e antibatterico. Non presenta nessun tipo di problema quando è messo in contatto con la pelle.

Può essere usato come schermante elettromagnetico, in dispositivi anti statici, conduttore di elettricità, dove si ha bisogno di vedere attraverso lo schermante, come finestre ad esempio.

Spessore: 0,1 mm

Resistenza superficiale: 0.5 Ohm/cm

Schermatura elettromagnetica: 50 dB tra 30 MHz e 3 GHz.

Peso: 25 g/m²



Immagine 3.25: Poliammide rivestito da Argento, Tessuto a maglia

Poliammide rivestito da Argento – Tessuto a taffetà Elastico.

Ha in sostanza le stesse caratteristiche di un tessuto in Pa6 rivestito d'argento pero in più a delle proprietà elastiche nelle due direzioni, dovuta alla presenza di 10% di Dorlastan nella sua composizione. È molto conduttivo pero queste proprietà possono scendere quando il tessuto è allargato.

Questo tessuto è molto adatto per elettrodi di contatto, sacchetti elastici, calze, guanti e curativi anti batterici.

Spessore: 0,5 mm

Resistenza superficiale: 1 Ohm/cm (non teso)

Peso: 130 g/m²

Allungamento: 100% in lunghezza e 60% in larghezza.

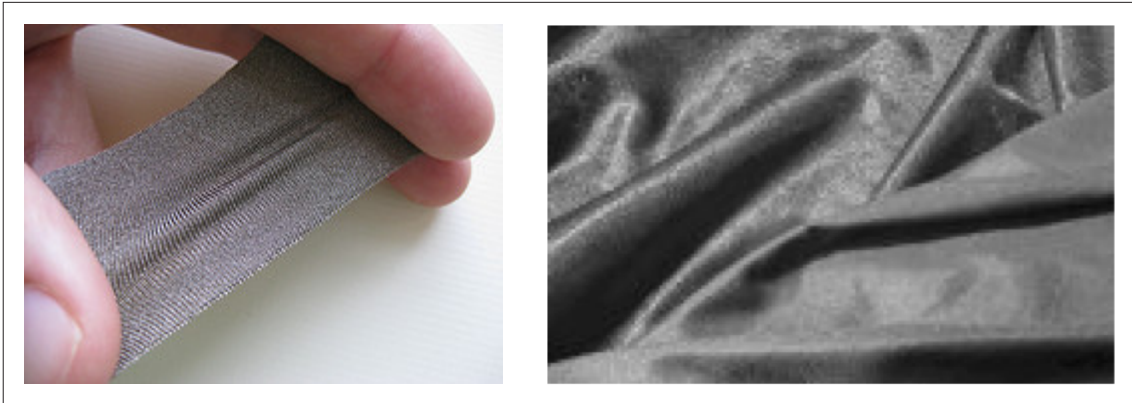


Immagine 3.26: Poliammide rivestito da Argento, Tessuto a taffetà elastico

Spessore: 0,5 mm

Resistenza superficiale: 1 Ohm/cm (non teso)

Peso: 130 g/m²

Allungamento: 100% in lunghezza e 60% in larghezza.

3.5.8 Campi d'applicazioni

Elettricità statica.

La tecnologia di nano rivestimenti metallici in fibre polimeriche è una vertenti delle tecniche di deposizione a Chemical Vapor Deposition CVD e fu praticamente svolta per risolvere problemi di elettrostatica, la tecnologia si è arricchita man mano che fu data una maggiore importanza a questi tipi di problemi.

Ci sono tanti soluzioni per controllare le scariche di elettricità statica. Però l'utilizzo di tessuti conduttivi è cresciuto in modo considerevole perché dovuto alle sue proprietà, riescono in modo sicuro prendere e dissipare queste scariche.

L'elettricità statica è la carica elettrica su un corpo in cui gli atomi presentano un disequilibrio in sua neutralità, questo fenomeno succede quando gli elettroni generano cariche positive o negative a proposito della carica elettrica dei nuclei degli atomi. Quando esiste un eccesso di elettroni a proposito dei protoni un corpo si carica negativamente, e quando esistono meno elettroni che protoni il corpo sta caricato positivamente. Se il numero totale di protoni ed elettroni è equivalente il corpo si trova in neutralità.

L'elettricità statica può essere generata in qualsiasi materiale: conduttori, semiconduttori o isolanti. Nei materiali isolanti, questo effetto è facilmente rilevabile a causa della difficoltà di trasferire i carichi, in qualche modo ha uno squilibrio tra cariche positive e negative che la natura tende a ristabilire, ma comunque ci vuole qualche tempo, e durante questo intervallo il materiale è in grado di attrarre o respingere altri isolanti a causa della forza columbiana. Nei conduttori, lo squilibrio dei carichi cambia il potenziale elettrico del materiale, questo causa una differenza di potenziale tra il materiale elettricamente conduttivo caricato e la Terra, il cui potenziale è considerato in assoluto ($V = 0$). In conseguenza di tale differenza di potenziale possono verificarsi scosse elettriche per ristabilire l'equilibrio, lo spostamento di carica accade in un tempo molto breve, può causare scosse, scintille, rumore e altri fenomeni fisici che possono causare incidenti. Nei semiconduttori, le cariche accumulate in un corpo possono improvvisamente cambiare la conduttività del materiale, in dispositivi a semiconduttore, questo effetto può bruciare l'elemento.

Quando un oggetto, è caricato, sia di energia negativa sia positiva, si dice che esso è elettrizzato, l'elettrizzazione può occorrere per induzione, contatto o posteriore separazione tra due materiali o attrito. Quando un oggetto, è caricato, sia di energia negativa sia positiva, si dice che esso è elettrizzato, l'elettrizzazione può occorrere per induzione, contatto o posteriore separazione tra due materiali o attrito.

L'attrito è la forma più comune di creare elettricità statica, può succedere quando camminiamo su un tappeto, quando pettiniamo i capelli o quando indossiamo un maglione di lana. L'attrito fa sì che uno dei corpi perda elettroni caricandosi positivamente o negativamente, in questo modo la carica dei corpi elettrizzati hanno segni opposti.

Quando un corpo elettrizzato ha contatto con un neutro, esso concede una parte delle sue cariche al corpo neutro, lasciandolo con carica dello stesso segno che il primo, dopo essere elettrizzati i corpi con cariche di segno uguale, si respingono.

L'elettricità statica influenza macchine e attrezzature. Nel settore aeronautico, l'elettricità statica è un fattore rilevante per la sicurezza aerea. Un aereo, per esempio, ha bisogno di essere scaricato dopo l'atterraggio in modo statico, giacché la tensione sviluppata può facilmente superare i 250 mila volt.

Gli elicotteri devono anche essere scaricati elettricamente, perché la carica elettrostatica accumulata sulla cellula può causare scintille e quindi esplosione mentre si avvicinavano ai siti di atterraggio.

L'elettrificazione accade anche in automobili, quando sono sottoposti ad alta velocità dovuto all'attrito generato dall'aria secca. I passeggeri possono prendere una scarica elettrica all'entrare o uscire dal veicolo. Per evitare questi effetti sono state svolte cinture di sicurezza e tappezzerie fatti con materiali conduttivi.

In elettronica, l'elettricità statica può causare molti danni provocati dal carico dei corpi in apparecchiature ed elementi sensibili, come le schede madri di computer, moduli di memoria ecc. E' consigliato indossare guanti speciali per evitare danni.

Elettromagnetismo.

La forza che il campo elettromagnetico esercita sulle particelle elettricamente cariche, chiamato la forza elettromagnetica è una delle quattro forze fondamentali. Gli altri sono: la forza nucleare forte (che tiene insieme i nuclei atomici), la forza debole (che causa alcune forme di decadimento radioattivo), e la forza gravitazionale. Tutte le altre forze che derivano da tali forze fondamentali.

La forza elettromagnetica è legata a quasi tutti i fenomeni fisici incontrati nella vita quotidiana, con l'eccezione di gravità. Questo perché le interazioni tra gli atomi sono disciplinate da elettromagnetismo, in quanto essi sono composti da protoni, elettroni, o da cariche elettriche. Allo stesso modo le forze elettromagnetiche interferiscono nelle relazioni intermolecolari, cioè, tra noi e qualsiasi altro oggetto. Così si può comprendere fenomeni chimici e biologici a causa di elettromagnetismo. Le forze elettromagnetiche possono interferire pure su apparecchi elettronici come computer telefonini e tv ed ecc.

La grande quantità di ioni positivi presente sull'argento ha il potere di neutralizzare determinate ampiezze di onde elettromagnetiche. Ci sono già porta telefonini anti smog elettromagnetico, fatti in tessuto argentato per bloccare i possibili danni causati delle onde emesse dall'apparecchio, o pure sacchetti per proteggere apparecchi di onde elettromagnetiche invasivi che potrebbero danneggiare o manipolare l'informazione di un hard disk di computer o telefonini.

Medicina.

Le proprietà anti batteriche dell'argento sono molto esplorate nella medicina. L'argento è molto tossico a microorganismi pero non presenta grandi pericoli per l'uomo si usato in modo

adeguato. La capacità anti batterica varia di accordo con la quantità di ioni positivi esistenti nello strato, perciò questa capacità è strettamente collegata con la quantità di materiali esistente.

Gli ioni d'argento possono rimanere caricati per più di un anno, pero quando il metallo ossida questa copertura ionica è ricoperta per un strato di ossido di argento che neutralizza il suo potere anti batterico, per ciò in questo caso il controllo tecnologico e l'utilizzo corretto del materiale ha un ruolo importantissimo.

Sia in veterinaria o medicina tessuti elastici rivestiti d'argento sono utilizzati per produrre ben-de con azione antibatterica. Anche abiti e biancherie argentate sono usati in chirurgia o quando si è necessari avere un ambiente il più sterile possibile.

Statex.

L'azienda Statex è tra le dite pioniere nella produzione di fili rivestite ad argento. Ha una grandissima gamma di tessuti e fili con le più diverse caratteristiche. Essi sono venduti a rivenditori o sono usati per produrre pezzi propri. Questi prodotti sono sempre di uso tecnico e trovano utilizzo nei settori della medicina, veterinaria e sicurezza.

Col tessuto da loro svolto chiamato Shieldex, hanno potuto produrre vestimenti multi protettivi che non sono soltanto antibatteriche, sono anche antistatiche.

Questi vestimenti sono stati svolti per essere usati in cleaning rooms, che sono ambienti che necessitano essere sterile dovuto alle normative o a esigenze di alcuni test. L'abito può essere lavato e riutilizzato molte volte prima di perdere le proprietà antibatteriche.



Immagine 3.27: Abito anti batterico Statex

Un altro prodotto interessante fatto da loro è la safe-case, che non è altro che una specie di portafoglio usata per proteggere dispositivi come telefonini, laptop e hard disk delle radiazioni elettromagnetiche.

È già utilizzato per la polizia per proteggere apparecchi che possano avere delle prove di crimini, i dispositivi messi dentro dei safe-case non possono ricevere né anche inviare dati dovuto alle proprietà protettive dell'argento, perciò la informazione contenuta dentro non può essere manipolata.

Per la medicina veterinaria Statex ha sviluppato prodotti come bande elastiche rivestite di argento, che sono manifatturati col tessuto Shieldex Medtex.

Come i prodotti dell'argento hanno un particolare effetto in trattamento medicinale, le bande sono utilizzate in ferite nelle zampe di animali, questi aiutano la cura e evitano che la carne si marci.



Immagine 3.28: A sinistra, sashetto di protezione anti radiazione elettromagnetica Statex, e a destra Banda antibatterica in tessuto elastico, Statex

Smart products.

Tessuti e fili conduttivi hanno tanti tipi di utilizzi tranne quelli tecnici, possono essere facilmente integrati in qualsiasi tipo di struttura tessile o filata per aggiungere una o più nuove funzioni. Tessuti con proprietà conduttiva possono essere riscaldati, trasferire dati, condurre elettricità ben come essere usati per monitorare segnali bioelettrici.

Questa classe di materiale ha reso possibili tante soluzioni per problemi nel settore dell'ingegneria elettrica tessile, prima di essere pronta per l'applicazione esistevano già tanti prodotti che avevano bisogno di questi materiali nano compositi.

Aziende come Novonic e altri sono già specializzati in prodotti che incorporano fili e tessuti conduttivi flessibili. Novonic ha una gamma di prodotti che utilizzano questa tecnologia per

aggiungere funzione a prodotti esistenti o consentire nuovi tipi di prodotti, alcuni sono:

Sistemi di riscaldamento a basso consumo energetico che possono essere facilmente integrati in qualsiasi tipo di vestimenti. Con un piccolo dispositivo d'immagazzinamento di energia possono produrre temperature che variano da 34° C a 42° C.

Novonic Heat è flessibile, elastico e può essere lavato.



Immagine 3.29: Dispositivo di riscaldamento Novonic, a sinistra; riscaldatore integrato al tessuto, in centro le aree di azione, e a destra dispositivo portatile ricaricabile



Immagine 3.30: A sinistra, il dispositivo di connessione Novonic, e a destra cuffia integrata alla giacca

I sistemi di riscaldamento, connessioni flessibili e bloccaggio di onde elettromagnetiche creati per Novonic sono utilizzati in prodotti di diverse marche.

La Giacca per nevi Baybox è un bell'esempio perché ha le tasche superiori fatte in tessuto conduttivo che permettono di riscaldare e pure servono per bloccare le radiazioni elettromagnetiche emessi di telefonini, dentro la tasca esiste pure un connettore che permette di collegare le cuffie sulla parte posteriore della gola. In più ha un dispositivo di GPS inserito sulla spalla destra. Tutti i elementi vengono alimentati da un dispositivo ricaricabile che si mantiene in tasca.



Immagine 3.31: A sinistra giacche BayBox, con dispositivi Novonice a destra schema interno dei sistemi di riscaldamento

TNO Science and industri.

Quest'azienda olandese insieme al gruppo Context Newsletter ha svolto un sistema per incorporare elettrodi in prodotti tessili.

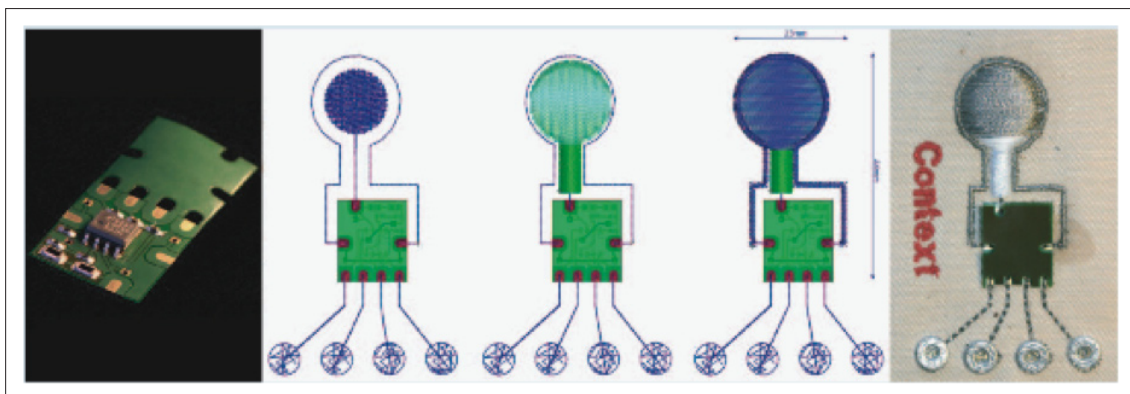


Figura 3.30: Schema per l'applicazione di elettrodi in tessuti

Hanno aggiunto questo sistema in un prototipo di gilet che è capace di monitorare lo stress attraverso l'attività muscolare delle spalle. Questo prodotto ha lo scopo di aiutare i ricercatori a capire il livello di stress che una persona può raggiungere quando sommersa a qualche parola "chiave" o parole di ordine o anche insulti.

In questo caso gli elettrodi sono bordati direttamente sul tessuto per avere un contatto diretto con la pelle e captare gli impulsi bioelettrici emessi dai muscoli sotto stress, dopo rilevati, gli impulsi vengono indirizzati a un dispositivo via un nastro in cui sono stati cuciti i circuiti elettrici.



Immagine 3.32: Gilè per monitoraggio del stress, con sistemi di elettrodi applicati al tessuto

Un altro progetto sempre della TNO utilizza un'altra tecnica per inserire elettrodi in prodotti di natura tessile.

Questo equipaggio serve per monitorare l'attività muscolare nello sport, con questo dispositivo è possibile grazie ai sensori sEMG integrati, di capire l'attività e fatica sottoposta da determinati muscoli mentre si fanno i movimenti. Lo scopo di questo prodotto è che l'utente abbia un feed back dei suoi movimenti per migliorare i suoi colpi.

Invece di usare i fili, sono stati usati tessuti conduttivi che sono tagliati e poi incollati a caldo, formando una specie di panino dove s'infiltra dentro l'elettrodo che sarà inserito nel dispositivo indossabile.



Immagine 3.33: Dispositivo indossabile per monitoraggio della attività muscolare

3.6 Anatomia

3.6.1 Antropometria

Antropometria è il campo dell'antropologia che studia le dimensioni fisiche del corpo umano. Questo studio si basa sull'adozione di misure quali le dimensioni, il movimento e la lunghezza degli arti. Nell'ergonomia, sono presenti due tipi di dimensioni antropometriche: statica e dinamica. Le dimensioni sono ancora legate alle misurazioni fisiche del corpo quando fermo, mentre le dinamiche sono connesse alle misure di movimenti del corpo, o di lavoro.

Per applicare i dati correttamente, è importante valutare i fattori che influenzano la demografia: razza, etnia, dieta, salute, attività fisica, la postura, la posizione del corpo, abbigliamento, momento della giornata ecc.

Le misurazioni antropometriche dei utenti, servono a regolare i mezzi di produzione quando si utilizzano strumenti di lavoro o qualsiasi altro strumento. Secondo Moraes (1983) se la macchina o le attrezzature si aggiustano al corpo dal punto di vista dimensionale, gli errori, gli incidenti, il disagio e la fatica col suo utilizzo, possono essere fortemente ridotti.

Il primo passo quindi è quello di ottenere le misurazioni antropometriche al fine di adeguare il lavoro per l'operatore in modo da ottenere una postura corretta, una composizione corporea più favorevole e maggiore velocità e precisione dei movimenti muscolari, aumentando così l'efficienza dei movimenti degli arti e dell'utente. Le dimensioni dei segmenti corporei variano da individuo a individuo, ma anche nello stesso organismo per tutta la sua vita. Non vi è alcun individuo le cui dimensioni sono perfettamente armoniche, cioè, sono tutti elementi di una media.

La raccolta di dati antropometrici mostra la variabilità delle dimensioni di una popolazione, quindi, non può essere preso in considerazione le misure che si riferiscono a una popolazione da un'altra regione con diversi livelli socioeconomici, età e sesso.

I dati antropometrici sono basi essenziali per la progettazione di un dispositivo che soddisfa le necessità ergonomiche dei utenti, perché solo dalle dimensioni degli individui è che si può definire, in modo razionale, il corretto dimensionamento sia del dispositivo che dell'attività eseguita, fondamentale; la sicurezza, l'efficienza e il comfort dell'utente.

Per il dispositivo che si intende svolgere le misure che importano sono quelli dell'avambraccio, di persone adulte, siano uomini che donne.

Dimensioni antropometriche statiche.

Sono state considerate le misure dell'avambraccio; come lunghezza e larghezza, e diametro.

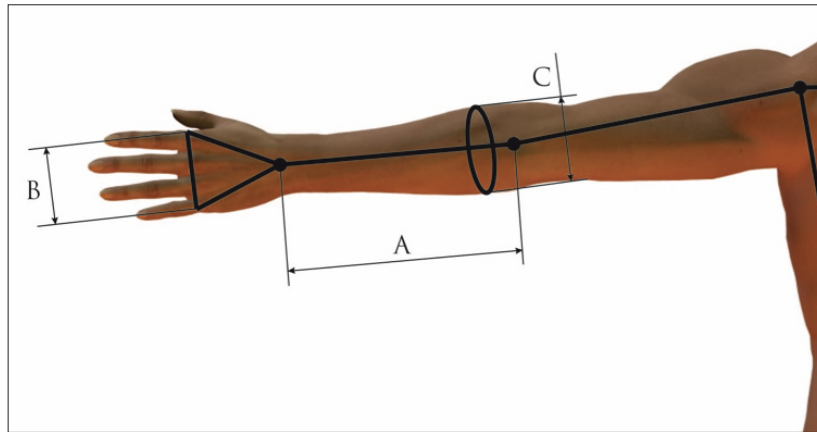


Figura 3.31: Misure antropometriche dell'avambraccio

Tabella 3.5: Misure antropometriche dell'avambraccio

MISURE DELL'AVAMBRACCIO						
percentile 99		percentile 50		percentile 01		
	uomo	donna	uomo	donna	uomo	donna
A	274	247	257	234	234	211
B	102	86	86	76	78	64
C	124	105	109	93	95	83

Dimensioni antropometriche dinamiche.

Per le misure dinamiche sono stati considerati i movimenti della mano in relazione all'avambraccio.

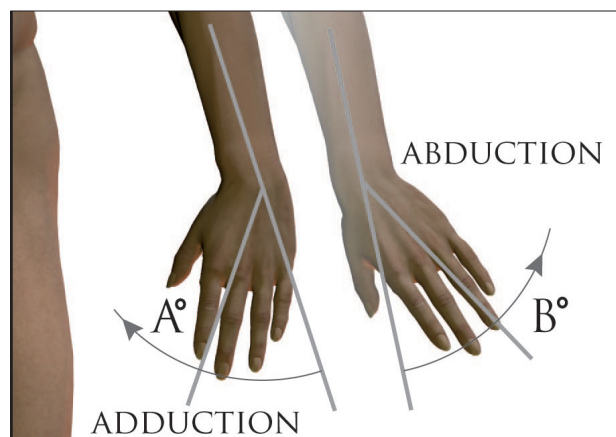


Figura 3.32: Movimento di Adduzione e abduzione del carpo

Tabella 3.6: Misure dinamiche dei movimenti di Adduzione e abduzione del carpo

		ABDUZIONE E ADDUZIONE DEL POLSO					
		percentile 99		percentile 50		percentile 01	
		uomo	donna	uomo	donna	uomo	donna
A		30	36	22	26	14	16
B		40	37	30	28	22	19

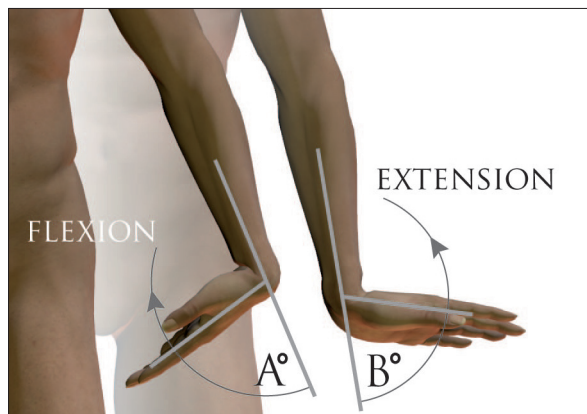


Figura 3.33: Movimento di flessione e estensione del carpo

Tabella 3.7: Misure antropometriche dei movimenti di flessione e estensione del carpo

		ESTENSIONE E FLESSIONE DEL POLSO					
		percentile 99		percentile 50		percentile 01	
		uomo	donna	uomo	donna	uomo	donna
A		85	89,5	67,5	71,5	50,5	53,5
B		76	87,5	62	72	47	56,5

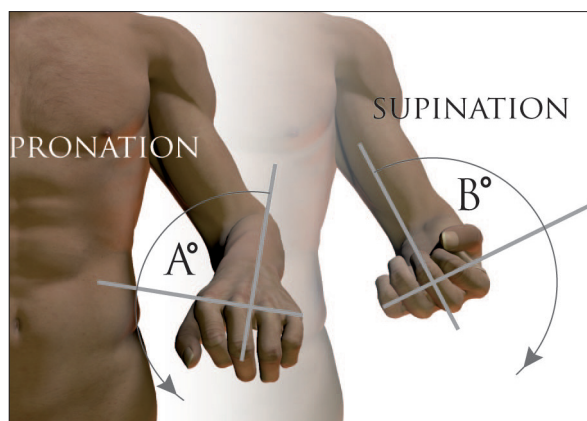


Figura 3.34: Movimento di pronazione e supinazione dell'avambraccio

Tabella 3.8: Misure antropometriche dei movimenti di pronazione e supinazione dell'avambraccio

		PRONAZIONE E SUPINAZIONE DEL POLSO					
		percentile 99		percentile 50		percentile 01	
		uomo	donna	uomo	donna	uomo	donna
A		86,5	99	65	81	42	63
B		135	130	107	108	86	87

3.6.2 Muscoli dell'avambraccio

Per progettare un dispositivo d'interazione basato ai segnali bioelettrici dei muscoli, dobbiamo conoscere gli stessi per sapere le sue localizzazioni e a quali movimenti sono responsabili affinché si possano trovare parametri per la disposizione giusta dei sensori.

I muscoli presenti nell'avambraccio sono quasi tutti responsabili per i movimenti del carpo e delle dita denominati; abduzione, adduzione, flessione, estensione e i movimenti di; pronazione e supinazione dell'avambraccio.

In questo caso saranno considerati soltanto i muscoli responsabili per l'estensione e flessione del carpo e delle dita, altri movimenti come pronazione e supinazione possono essere rilevati attraverso un accelerometro.

I muscoli posizionati alla faccia interna dell'avambraccio sono responsabili per i movimenti di flessione, mentre quelli alla faccia esterna sono responsabile per la estensione del carpo e dita. Questi sono disposti in estratti, alcuni sono superficiali, o sia, hanno un contatto con la pelle e altri rimangono posizionati all'interno dell'arto.

Muscoli Estensori

- Carpo.
 - Estensore ulnare del carpo (muscolo superficiale).
 - Estensore radiale del corto carpo (muscolo superficiale laterale).
 - Estensore radiale del lungo carpo (muscolo superficiale laterale).

- Dita.
 - Estensore delle dita (muscolo superficiale).
 - Estensore del dito mignolo (muscolo superficiale).
 - Estensore corto del pollice (muscolo profondo).
 - Estensore lungo del pollice (muscolo profondo).

- Estensore del dito indicatore (muscolo profondo).

Muscoli flessori.

- Carpo.
 - Flessore radiale del carpo (muscolo superficiale).
 - Palmare lungo (muscolo superficiale).
 - Flessore ulnare del carpo (muscolo superficiale).
- Dita.
 - Flessore superiore delle dita (muscolo 2° dello strato).
 - Flessore profondo delle dita (muscolo 3° dello strato).
 - Flessore lungo del pollice (muscolo del 3° dello strato)

I segnali più forti e chiari rilevati per i sensori sEMG sono quelli dei muscoli superficiali con maggiore dimensione. I muscoli dell'avambraccio sono disposti in gruppi funzionali che sono responsabili per movimenti simili, come per esempio: i flessori del carpo che è un gruppo formato per tre muscoli; flessore radiale del carpo, flessore ulnare del carpo e palmare lungo, tutti i tre sono responsabili per la flessione del carpo pero in modi diversi. Poi ci sono gli estensori radiale e ulnare del carpo che stano aggruppati e gli estensori delle dita superficiali e profondi cha stano posizionati sotto gli altri.

Dovuto all'avvicinamento dei muscoli, molto frequentemente capita che il segnale rilevato abbia un contributo dei muscoli prossimi, questo fenomeno si chiama cross-talk ed esistono alcuni metodi di filtrarli o individuarli. Quindi il segnale originalmente rilevato proviene dal muscolo dove stano posizionati i elettrodi e dai muscoli che stano a canto o in strati più profondi dell'arto.

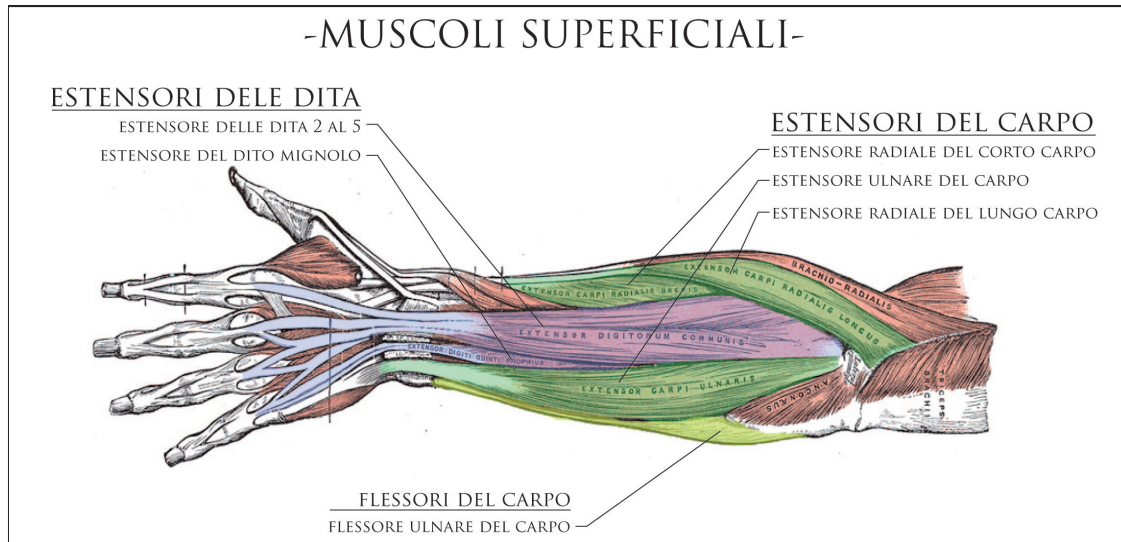


Figura 3.35: Muscoli superficiali dell'avambraccio

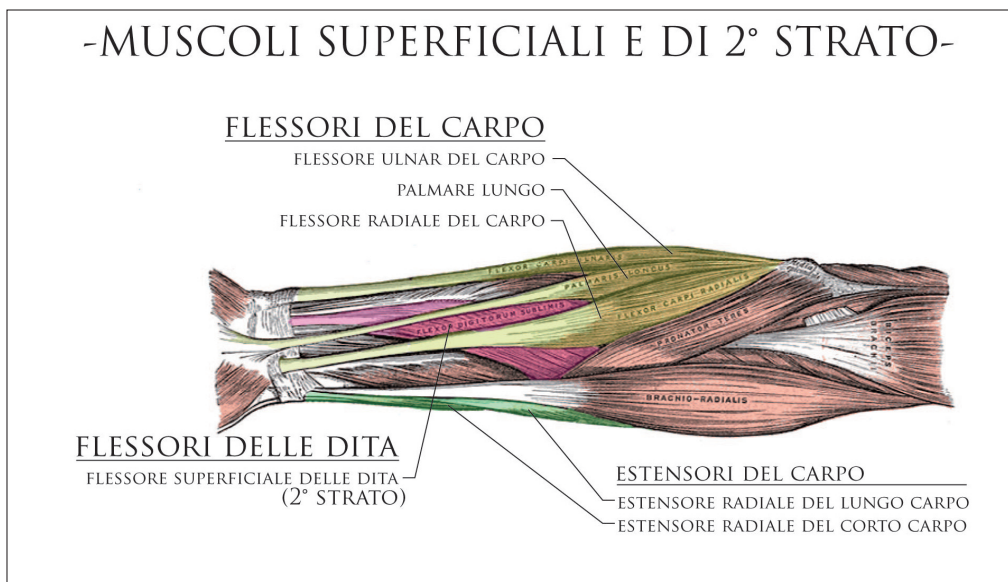


Figura 3.36: Muscoli superficiali di secondo strato dell'avambraccio

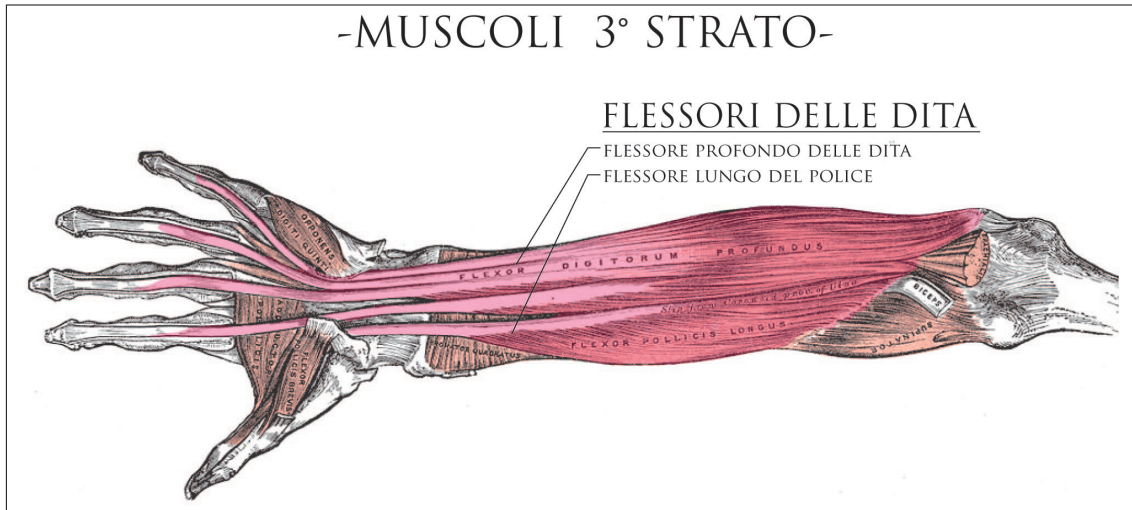


Figura 3.37: Muscoli di terzo strato dell'avambraccio

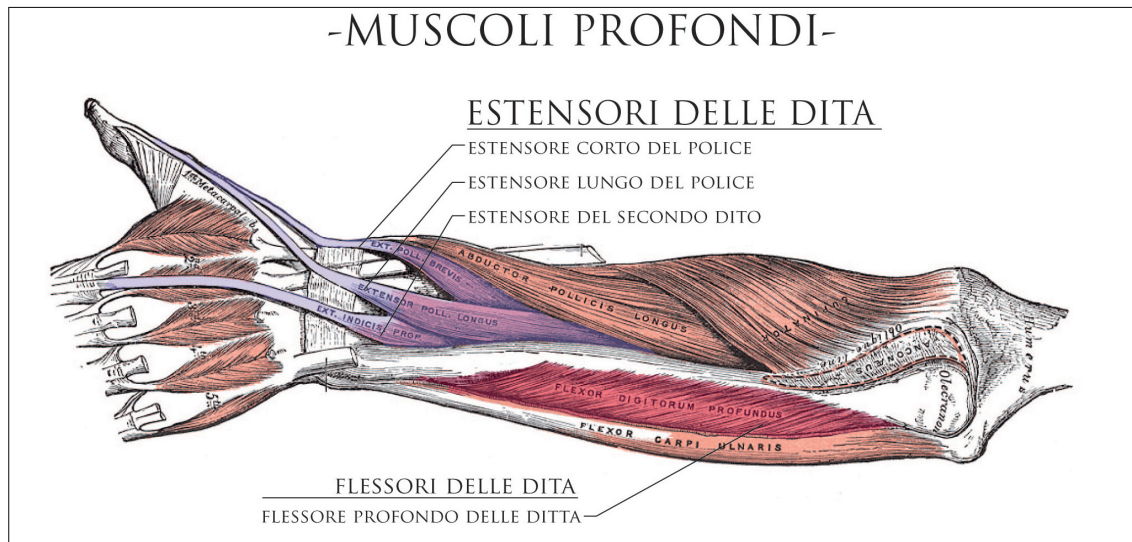


Figura 3.38: Muscoli profondi dell'avambraccio

Capitolo 4

Definizione dei problemi

4.1 Progettando per l'interazione e Biodesign

Le linee guida riunite dal laboratorio di Biodesign, saranno usate insieme ai parametri del Human Computer Interaction (HCI) per creare una metodologia di progettazione e specificare i parametri iniziali per la progettazione di questo nuovo dispositivo indossabile. Prima fase: comprensione e definizione del concept.

Questa fase ha come scopo l'individualizzazione degli utenti, arrivare a un'idea più chiara e specifica del tipo d'interazione proposta, e di come deve essere configurato il dispositivo.

- Identificare l'utente.
- Tipo d'interazione proposta e valori aggiunti da questo tipo d'interazione.
- Pubblico target, settore di attività, valori ritenuti agli utenti.
- Disposizione del dispositivo.
- Identificare ed esemplificare il tipo d'interazione.
- Interazione con altri dispositivi.
- Possibili campi d'utilizzo.

Il briefing iniziale di questo progetto, è la creazione di un dispositivo indossabile che sia utilizzato per interagire con computer o altri sistemi, usufruendo dei segnali bioelettrici del corpo umano grazie alla tecnica di rilevamento chiamata Elettromiografia di superficie (SEMG). Questo dispositivo indossabile, deve essere autonomo, deve cioè funzionare indipendentemente da qualsiasi altro dispositivo, e deve permettere all'utente di indossarlo ovunque egli sia.

Il progetto propone che i segnali elettrici emessi dai muscoli sotto sforzo servano come i principali input del dispositivo. Questo vuol dire che tutta l'interazione deve essere

basata su movimenti, senza però l'utilizzo di un'interfaccia fisica di contatto come joystick, mouse, tastiere, pedaliera o cambi.

Un sistema d'interazione basato solamente sui movimenti, insieme con un'interfaccia grafica adeguata ci porta ad una comprensione ed esecuzione più veloce dei gesti che devono essere fatti per azionare il comando desiderato. Questo rende il dispositivo più intuitivo, e ne permette un apprendimento più rapido.

Il pubblico target idealizzato per questo prodotto è molto ampio, perché comprende tutti quelli che in qualche modo abbiano bisogno d'interagire con un computer o un sistema, siano essi professionisti, videogiocatori, studenti, professori, o qualsiasi tipo di persona che utilizzi tecnologie che propongono una qualche interazione.

Alla fine i principali utenti sono quelli che in qualche modo conoscono, o hanno contatto con diversi sistemi d'interazione e tecnologie, ciononostante questo deve essere un dispositivo che possa essere usato da chiunque, pur non essendo conoscitore o esperto del prodotto, oppure da chi non ha un contatto diretto con la tecnologia attuale, proponendo un'esperienza d'interazione più simile a quella che si avrebbe interagendo con qualcosa di reale, lo scopo del dispositivo è proprio quello di portare nel mondo reale un po' del nostro mondo digitale, e interagire con quest'ultimo nella stessa maniera in cui lo facciamo col mondo reale.

In teoria si potrebbe utilizzare il movimento di qualsiasi parte del corpo che abbia un muscolo superficiale per rilevare i segnali bioelettrici, ma abbiamo scelto d'utilizzare i movimenti della mano perché questo è l'arto che utilizziamo per interagire col mondo materiale. Utilizziamo le mani per manipolare quasi tutto come; prendere un oggetto, aprire una porta, leggere un libro, scrivere, trascinare qualcosa, oppure per comunicare attraverso la gestualità. Quindi dal momento che ci occorre un'interazione più naturale e intuitiva, non resta dubbio che la mano e il braccio siano gli arti più adatti.

I muscoli che controllano le dita e la mano si trovano tutti nel braccio, e quindi questa è l'area del corpo, dove si devono disporre i sensori, lasciando la mano libera per fare i movimenti necessari. In questo modo diventa più facile in un ambiente virtuale o di realtà aumentata prendere un oggetto virtuale e trascinarlo nello spazio come si fossi un oggetto reale o pure sfogliare le pagine di un e-book come si fa con un libro vero

Questo dispositivo per funzionare deve comprendere, oltre ai sensori, anche un accelerometro, per concedere i tre gradi di libertà della mano e determinare la posizione spaziale del suo avatar, ancora un microcomputer indossabile che processi i dati dei sensori e dell'accelerometro e li trasformi in comandi, e che contenga inoltre applicazioni proprie e specifiche..

Il prodotto deve poter comunicare sia con l'utente, tramite un'interfaccia grafica o sonora, che con altri dispositivi come altri computer, cuffie, schermi, proiettori e ancora caschetti per realtà virtuale e aumenta qualora si volesse avere un'esperienza d'immersione.

Dal momento che il dispositivo comprende un microcomputer, questo dovrà essere capace di scaricare ed eseguire, tramite una porta USB e SD card, le più diverse applicazioni con i più diversi scopi.

Ci sono innumerevoli possibilità di utilizzi per questo dispositivo, giù sono listate alcune di quelle che potrebbero essere più interessanti:

- Utilizzo del dispositivo con un'interfaccia grafica che serva da guida per la visita di musei, librerie o zone turistiche in città.
- Modellazione 3d in ambiente semivirtuale, virtuale o direttamente su uno schermo.
- Condurre presentazioni virtuali.
- Visualizzazione e manipolazione di prototipi virtuali di pezzi di design in realtà aumentata.
- Simulazione di arredamento.
- Interazione con oggetti virtuali sovrapposti in un desktop o posto di lavoro reale.
- Azionare e controllare altri dispositivi come mp3 player, telefonini, tv ed ecc...
- Controllare la parte programmabile della casa come; luci, sistema di aria condizionata, telecamere e dispositivi di sicurezza.
- Controllare videogiochi in modo più realistico.
- Disegnare e schizzare in 3d.

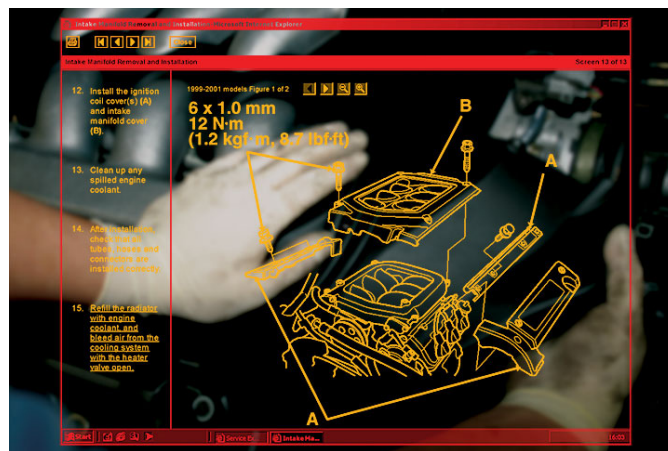


Immagine 4.1 - GUI per applicazione di guida in linea di montaggio industriale in ambiente di realtà aumentata



4.2 - GUI per applicazione di guida turistica in ambiente di realtà aumentata

Seconda fase: studio.

Dopo aver individuato il tipo d'interazione proposto, i possibili modi di utilizzo e la configurazione del dispositivo, sono state studiate le informazioni tecnologiche e scientifiche di base per proseguire con la progettazione, che sono:

- Prodotti disponibili sul mercato.
- Segnali Bioelettrici (SEMG).
- Che cosa sono.

- Qualità dei segnali sEMG.
- Fili e tessuti conduttivi a base d'argento.
- Anatomia.
- Misure antropometriche.
- Muscoli e biomeccanica.
- Parametri ICES.
- Langer's Lines e Lines of Non Extension.

4.2 Configurazione del dispositivo

Per creare e configurare il dispositivo in questione prima dobbiamo capire che componenti ci servono per il suo funzionamento e come devono configurarsi all'interno della struttura stessa. Una volta creato il briefing e rilevata l'informazione di base sul dispositivo, le altre figure professionali coinvolte nel progetto (ingegneri elettrici e dell'informatica) hanno sviluppato e identificato un sistema con la componentistica necessaria per rilevare i segnali di comando, processare i dati acquisiti e trasformarli in azioni d'interazione.

La base del sistema si divide in sostanza in due gruppi; hardware e software, dove i movimenti della mano sono i datori dell'input che la parte hardware rileva e trasmette alla parte software che li processa, gestisce e trasmette a un sistema hardware di output (schermi, caschetti RV, ecc).

Per il rilevamento dei segnali d'input sono utilizzati sensori sEMG (Elettromiografia di superficie) a tre canali che sono composti da; una scheda PCB e sette elettrodi di superficie con i relativi cavi, e un 3dof accelerometro. Dato che questo è un sistema indossabile, il dispositivo non deve essere collegato a un computer tramite cavi, e quindi i dati sono trasmessi via wireless, più specificatamente con un sistema Zigbee, che è caratterizzato da un basso consumo energetico e un basso trasferimento di dati, a una piattaforma mobile o desktop che abbia il software per gestire tutti i dati e li trasformi in segnali percepibili da un sistema di output. Per far funzionare tutto questo, occorre ovviamente una sorgente di energia che in questo caso sarà una batteria al litio a bottone.

Il software che gestisce i dati è stato sviluppato ad hoc per il dispositivo e si chiama Eracle, questo immagazzina i dati degli utenti come altezza, peso, età e sesso, come anche i campioni dei grafici degli impulsi elettrici muscolari di ogni movimento riconosciuto dal sistema, che poi saranno paragonati

con i movimenti fatti dall'utente mentre utilizza il dispositivo ed interagisce con un sistema noto.

Dopo individuato il sistema e gli elementi necessari per il giusto funzionamento del dispositivo, si può iniziare a configurare il prodotto, o sia, dargli una forma fisica e disporre i componenti.

Le prime conclusioni che si possono avere sono di che i componenti; sensori SEMG, 3dof accelerometro, Zigbee e batterie devono stare posizionati insieme in qualche parte del corpo, e che i elettrodi devono stare sparsi sull'area dell'avambraccio per poter raggiungere i muscoli necessari. E quindi questo è il punto di partenza per la configurazione iniziale del tutto, in questa fase il componente inizia a prendere forma ed i principale punti da risolvere sono dove posizionare esattamente gli elettrodi per proporzionare un rilevamento di successo dei segnali e pure trovare una posizione ottimale per le schede.

Ci sono studi di ergonomia che analizzano il posizionamento di dispositivi indossabile sul corpo umano e pure studi dettagliate di anatomia muscolare dove possiamo capire esattamente la posizione dei stessi e il suo scopo nel movimento del corpo umano.

I principali punti da risolvere in questa fase sono: Configurazione di base del dispositivo e dimensionamento.

- Dove posizionare i sensori e quanti usare. (anatomia muscolare).
- Posizionamento favorevole delle schede. (Parametri ICS).

4.3 Cavi e elettrodi

Uno degli obiettivi principali di questo progetto è di integrare sensori SEMG e cavi all'interno di strutture tessili per monitorare l'attività elettrica muscolare in maniera continua. Con i tessuti, la progettazione di prodotti elettronici può svolgersi in diverse direzioni. I circuiti elettronici possono avere una nuova identità; essendo flessibili, elastici, lavabili e indossati in modi molto più confortevoli.

Un sensore SEMG è composto in sostanza da elettrodi che rilevano i segnali elettrici, da cavi che trasmettono l'informazione, e un amplificatore che generalmente è messo su una scheda PCB che filtra e garantisce la qualità dei segnali.

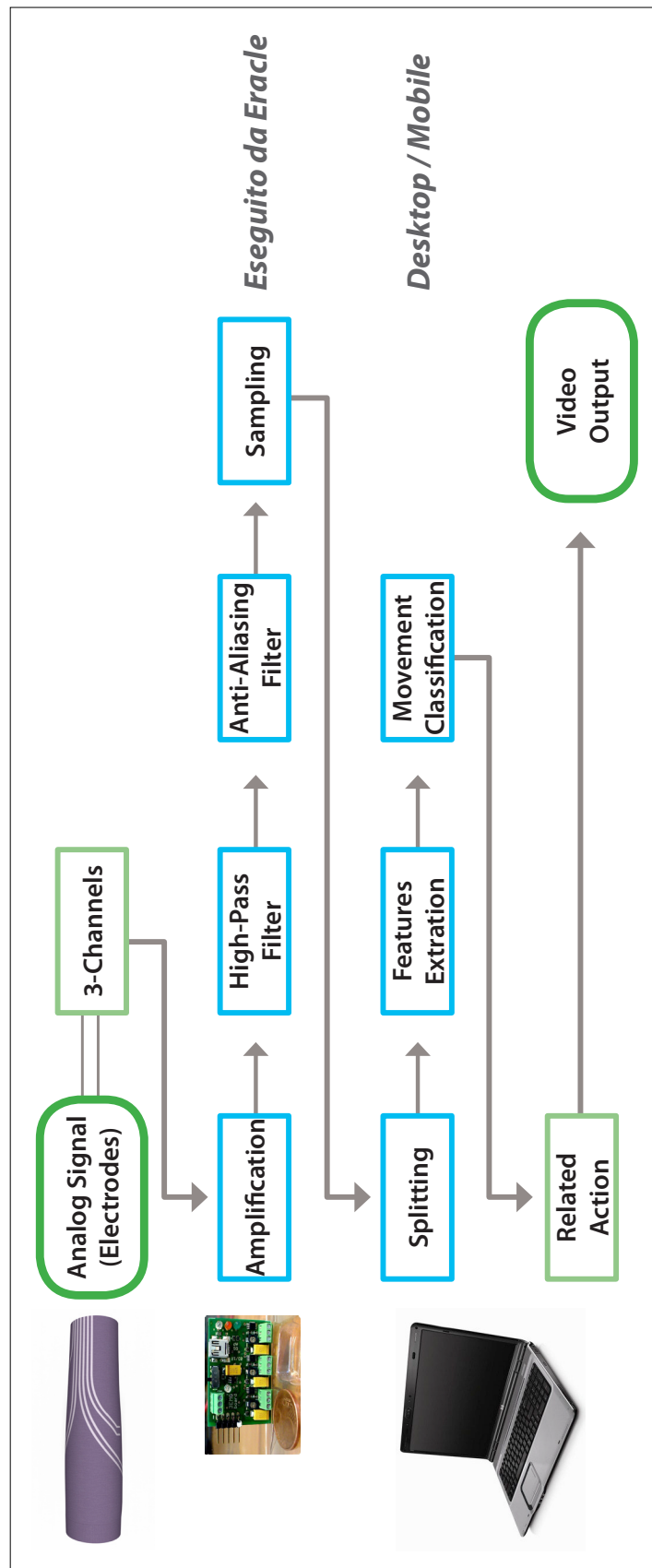


Figura 4.1 - Processo del segnale, dal muscolo al computer.

Sono già stati condotti studi per rendere possibile questa integrazione. Per i cavi che trasmettono l'informazione, sono già state provate diverse tecniche come; lo stampaggio dei canali con inchiostri conduttivi, la ricamatura e la tessitura dei canali utilizzando fili conduttivi. Per i sensori, oltre le tecniche di stampaggio, ricamatura e tessitura, è stata provata anche la laminazione di tessuti con proprietà conduttive.



Immagine 4.3: Tipi di cavi: a sinistra stampato con inchiostro conduttivo, in centro tessuto con fili conduttivi e a destra tessuto ricamato con fili conduttivi.

Tutte queste tecniche sono state testate e validate da enti come TITV e TNO, tutti i tipi di sensori e cavi provati rispondono ai requisiti necessari per un buon rilevamento dei dati richiesti.

Uno dei vantaggi della SEMG è che i muscoli e i sensori lavorano con un amperaggio bassissimo e perciò anche i canali più sottili riescono a trasferire i dati necessari.

Tra tutte queste tecniche la più interessante è quella di aggiungere i cavi e i sensori direttamente nelle fasi di tessitura. In questo modo si ottiene una perfetta integrazione e si elimina il bisogno di una lavorazione posteriore. Inoltre il dispositivo diventa molto più discreto e ancora più confortevole rispetto alle altre tecniche.

Per fare questa integrazione si utilizzano fibre di poliammide rivestite d'argento grazie ad una tecnica a plasma freddo. Queste fibre sono aggiunte durante le fasi di tessitura formando i canali conduttivi.

Questa tecnica utilizzata per la TITV porta però due svantaggi, il primo è che ad oggi riusciamo a creare soltanto canali diritti, continui, perpendicolari e paralleli alla trama del tessuto. La seconda è che i sensori e i cavi vengono tessuti in modi diversi ossia, non possono fare parte dello stesso tessuto, la parte che contiene il sensore deve essere collegata alla parte che contiene i cavi in qualche modo.

Il problema da risolvere in questo caso è perfezionare questa tecnica col fine di rendere possibile la creazione di canali non soltanto diritti, ma con percorsi variati per raggiungere tutti

i muscoli distribuiti in diverse aree del corpo umano. Tutto questo senza compromettere il comfort che ci si attende da un tessuto.

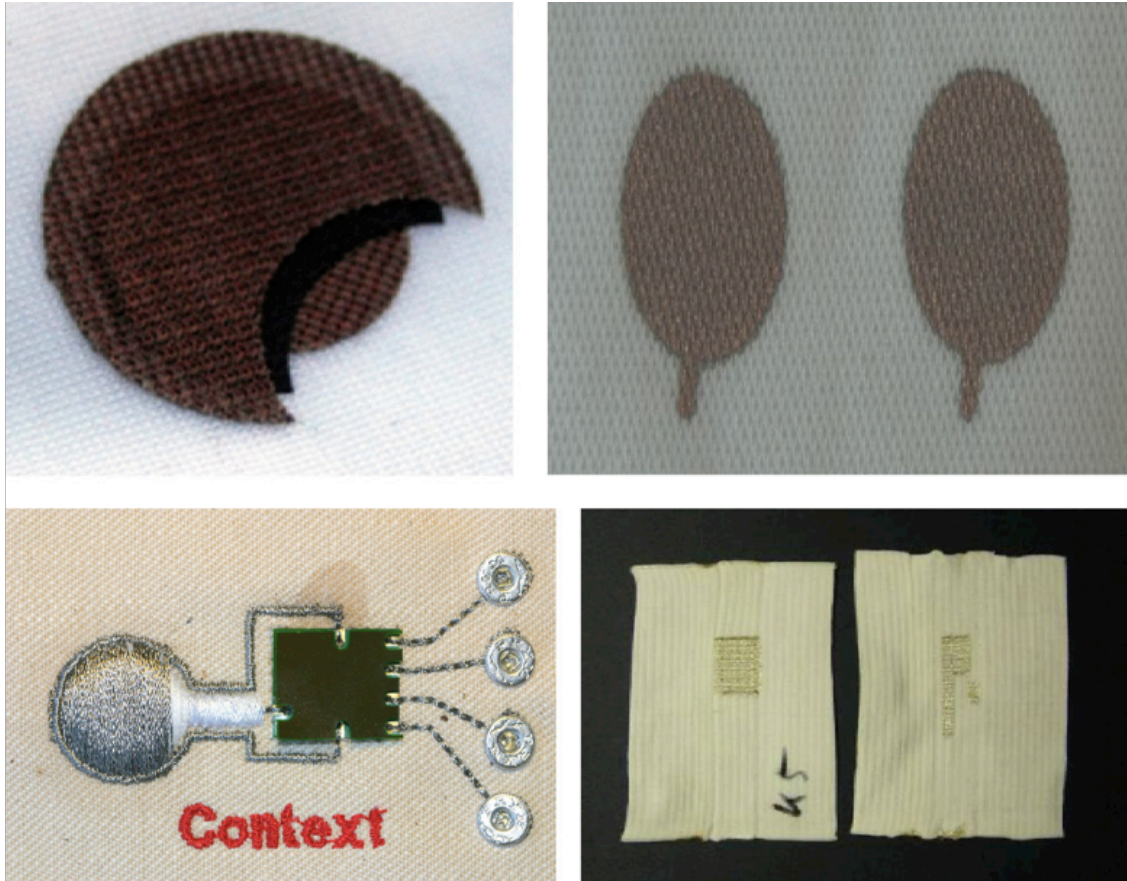


Immagine 4.4: Tipi di elettrodi: sopra a sinistra elettrodo laminato con tessuto conduttivo, sopra a destra elettrodi stampati con inchiostro conduttivo, in basso a sinistra elettrodo ricamato su tessuto e in basso a destra elettrodi e cavi tessuti con fili conduttivi.

4.4 Componentistica

Pur avendo sensori e cavi integrati in una struttura tessile, il dispositivo in se, per funzionare comprende dei componenti elettronici, indispensabili per il funzionamento e l'automatizzazione del sistema d'interazione. Nelle fasi iniziali sono state individuate le funzioni di base per proporre un'esperienza interattiva più avvincente.

Queste funzioni di base (e corrispondenti componenti) sono:

1. Movimeto della mano sullo spazio (Input) - accelerometro triassiale.
2. Movimenti e sforzi dei muscoli (Input) – sensori sEMG.

4. Trasmissione wireless dei input del dispositivo al sistema che lo gestisce – Zigbee.
5. Sorgente d'energia per il funzionamento del tutto – batterie a bottone.

Ci sono molti modi di connettere un sistema di computer a strutture tessili, ormai sono disponibili diversi smart prodotti che utilizzano svariati metodi per l'integrazione della parte "hardware". Tutti hanno vantaggi e svantaggi che vanno valutati in relazione allo scopo dell'utilizzo.

Il metodo più comune per quest'integrazione è quello utilizzato per gli smartcloths, dove i componenti elettronici vengono messi dentro una scocca che viene collegata al tutto attraverso cavi e connettori. Dal momento che il dispositivo che si sta progettando prevede l'eliminazione dei soliti cavi grazie all'integrazione di canali conduttivi nella struttura tessile, questa sarebbe un'ipotesi da scartare.

Altri metodi come quelli testati in ricerca dal gruppo Context utilizzano schede flessibili, che hanno il vantaggio di adattarsi al movimento dei tessuti, ma lo svantaggio di essere costose e soggette a danni provocati da urti, oltre al fatto di impedire che il tessuto sia lavato.

The Peregrine invece, prevede un sistema di fissaggio molto interessante, i componenti rimangono dentro di una scocca che li protegge e che poi viene attaccata al dispositivo attraverso un sistema di calamite che permette una facile inserzione ed estrazione dei componenti, però di contro ci sta il fatto che la parte in tessuto, per contenere la calamita deve avere una parte polimerica rigida che può essere cucita, incollata o termosaldata. Questo è un svantaggio che non permette lo smontaggio del pezzo per un posteriore riparo del prodotto o per il riciclaggio.



Immagine 4.5: A sinistra, scheda di circuiti stampati flessibile e a destra Peregrine Gloves.



Immagine 4.6: A sinistra, esempi di integrazione di elementi elettrici con abiti; a destra, guanto di monitoraggio sportivo.

In questa fase è chiaro che la componentistica deve stare contenuta dentro di una scocca rigida che la protegga. Il problema da risolvere per quello che riguarda i componenti è il modo in cui questi verranno assemblati alla parte indossabile del prodotto.

4.5 Metodi di produzioni

A questo punto è già chiaro che il dispositivo è composto di due parti principali: corpo e cuore. Il corpo è la struttura tessile che dovrà essere indossata dall'utente, lì ci saranno gli elettrodi dei sensori e in qualche modo il cervello. Quest'ultima è la parte del dispositivo che contiene la componentistica elettronica che dovrà essere protetta da una scocca in materiale polimerico.

La forma del corpo del dispositivo è imposta dalla forma dell'avambraccio, e quindi l'aspetto che può essere lavorato è la veste grafica e alcuni piccoli dettagli come il sistema di regolazione e rispettivi materiali. Questo è un aspetto positivo perché rende possibile la stilizzazione per via grafica, incontrando così le preferenze di diversi tipi di utenti.

Per quanto riguarda la testa del dispositivo che ha una struttura polimerica rigida vanno presi in considerazione alcuni punti riguardanti la sua ergonomia.

Ormai ci sono diversi tipi di prodotti che guardano all'ergonomia come aspetto più importante, sia in forma diretta che indiretta. Possiamo considerare di ergonomia diretta, tutti quei prodotti che vengono utilizzati in maniera attiva dall'uomo come ad esempio un oggetto che deve essere impugnato e manipolato. Di conseguenza sono considerati di ergonomia indiretta quelli che vengono indossati o che comunque sono statici sul corpo dell'utente.

La testa del dispositivo può essere considerata come indiretta perché deve essere attaccata al corpo dell'utente ma senza la necessità che venga manipolata o impugnata. Per questa cate

goria di dispositivi indossabili alcuni studi effettuati ci forniscono alcune regole di base per la progettazione formale.

In questa fase sono descritti i metodi produttivi impiegati per la produzione del dispositivo, che derivano di tecniche già citate in precedenti capitoli.

Capitolo 5

Scelte Progettuali

5.1 Configurazione del dispositivo

Come già detto il sistema d'interazione proposto, si basa sulla gestualità e dunque i sensori devono essere messi sui muscoli dell'avambraccio in quanto responsabili del movimento della mano.

Prima di tutto, gli elettrodi devono essere disposti su una struttura tessile che sarà indossata da diversi tipi di utente, questa specie di manicotto deve adattarsi alle diverse misure antropometriche presenti. Come al solito la maggior parte dei prodotti indossabili fatti in tessuto, non riescono a soddisfare tutte le variazioni morfologiche esistenti, specialmente in questo caso, dove la struttura tessile deve stare sempre molto aderente ai muscoli affinché i sensori non cambino posizione con i movimenti del corpo o comunque non abbiano il giusto contatto col muscolo, perciò la soluzione in questi casi è la previsione di diverse taglie.

5.1.1 Modelli di studio.

Per capire meglio come il dispositivo potrebbe comportarsi mentre è utilizzato, sono stati realizzati alcuni prototipi iniziali, con i sensori non funzionanti, ma indossabile, con lo scopo di capire come l'utente lo percepisce sul corpo e quelli sarebbero i vincoli iniziali di progettazione per avere un buon sistema strutturale tessile.

I modelli di studio sono stati realizzati con una maglia elastica di poliammide e elastano molto simile a quella idealizzata per il vero prodotto.

Sono stati fatti test di supposto utilizzo con persone. E' stato chiesto loro di provare a indossare il dispositivo da soli, fare movimenti di; pronazione, supinazione, flessione ed estensione del carpo, braccio e avambraccio e infine di indossarli per un lungo periodo.

Le conclusioni avute dal primo prototipo sono:

- Il sistema di chiusura iniziale a velcro del bracciale non è ideale, perché mette l'utente in



Immagine 5.1: primo modello di studio

difficoltà:

- Quando deve essere indossato da solo, devono essere manipolate due parti del dispositivo allo stesso tempo avendo soltanto una mano libera.
- Per garantire che il manicotto abbia un posizionamento stabile sull'arto, questo deve estendersi fino a dopo il gomito. La forma conica dell'avambraccio fa sì che il corpo del manicotto scenda dopo alcuni movimenti.
- Quando indossato, non interferisce in nessun movimento dell'arto, tutti sono riusciti a muoversi senza nessuna fatica.
- L'effetto del suo utilizzo nel tempo è stato poco percepito, molti utenti si dimenticano di averlo addosso, alcuni descrivono una leggera sensazione di fatica dopo averlo indossato per più di due ore.

Dopo aver analizzato le prime conclusioni, è stato costruito un secondo prototipo che aveva i seguenti accorgimenti: sistema a velcro cambiato per un sistema a cerniera, corpo del manicotto che si stendeva fino a dopo il gomito, avvolgimento totale dell'avambraccio e in più, è stato aggiunto un volume di dimensioni simili a quelle della scocca che dovrebbe contenere gli elementi elettrici.

In questa nuova ipotesi la scocca o cervello del dispositivo sarà inserita nel modello sulla parte esterna del carpo vicino alla mano, d'accordo con i risultati di studi e test dell'ente ICES (pag. 24), che mostra le disposizioni ideali per la vestibilità dinamica. Il risultato di questo studio si può vedere nell'immagine seguente che mostra le parti del corpo umano più adatte per portare dispositivi indossabili, in modo da non compromettere i movimenti e il comfort generale e che possano essere usati per differenti corporature.

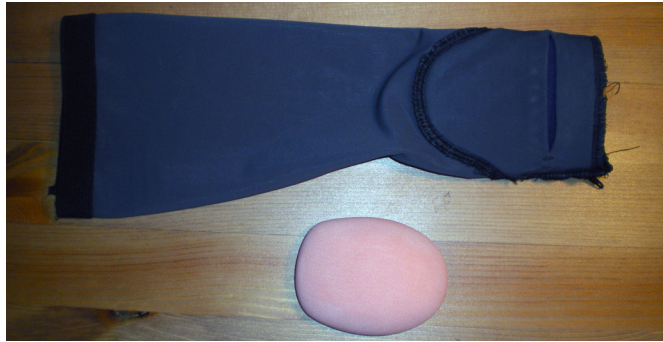


Immagine 5.2: Secondo modello di studio



Immagine 5.3: Secondo modello di studio indossato

Le conclusioni avute dal secondo prototipo sono:

- Il sistema di chiusura a cerniera non è ancora ideale per due motivi, primo perchè le persone che hanno un braccio più largo trovano ancora difficoltà a chiudere la cerniera, che crepa quando viene tirata perpendicolarmente alla sua direzione di chiusura, e secondo che le persone che hanno l'avambraccio più stretto non trovano l'aderenza giusta del dispositivo, e così il carpo si muove liberamente dentro al bracciale, questo provoca una riduzione dei segnali di movimento presi dall'accelerometro e successivamente una diminuzione della precisione d'input rilevata.
- L'estensione del corpo del manicotto fino a dopo il gomito prevede uno stabile posizionamento sull'arto anche in movimento.
- L'avvolgimento di tutta la superficie dell'arto non ha creato un aumento della fatica percepita durante il suo utilizzo a tempo prolungato.
- L'aggiunta del volume di riferimento sulla parte esterna del carpo non ha interferito in nessun movimento.

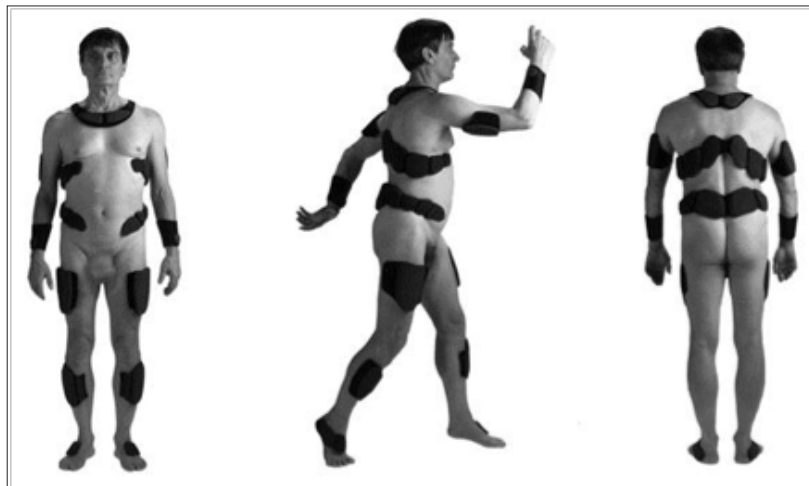


Immagine 5.4: Risultato dei test di posizionamenti effettuati da ICES

Considerate le conclusioni del secondo step, un terzo prototipo è stato realizzato con i seguenti accorgimenti: cambiamento della chiusura nuovamente a velcro, ma con un sistema che consente l'utilizzo di una sola mano.

Le conclusioni avute in merito al terzo prototipo sono:

- Il nuovo sistema di chiusura a velcro si adatta a diversi perimetri di carpo e la chiusura può essere facilmente realizzata con una sola mano.
- Il corpo del manicotto è ancora stabile quando sottoposto a movimenti.
- La fatica percepita ad indossare per un tempo prolungato il dispositivo è ancora bassa e appare soltanto dopo una media di due ore.

Finita questa fase iniziale di prove, è stata creata la configurazione di base del dispositivo e così è stato possibile stabilire i primi vincoli di progettazione che sono: corpo base del dispositivo, posizionamento dei componenti elettronici, sistema di chiusura e posizionamento stabile al movimento.

5.1.2 Sistema di riconoscimento dei segnali Bioelettrici

La seconda fase è stata eseguita in laboratorio da un ingegnere informatico assistito da un ingegnere biomedicale, è stato costruito un modello di prova che utilizza un sensore SEMG (Elettromiografia di superficie) a tre canali, un accelerometro ed elettrodi di contatto assemblati a un corpo di maglia indossabile.

Dopo aver sviluppato un prototipo di software per gestire il dispositivo è stato iniziato il primo

step della seconda fase in cui lo scopo era di capire quali movimenti potevano essere rilevati dal dispositivo.

I segnali più forti e chiari rilevati dai sensori SEMG (cap xx pag xx) sono quelli dei muscoli superficiali con maggiore dimensione. I muscoli dell'avambraccio sono disposti in gruppi funzionali che sono responsabili per movimenti simili, come per esempio: i flessori del carpo che è un gruppo formato da tre muscoli; flessore radiale del carpo, flessore ulnare del carpo e palmare lungo. Tutti e tre sono responsabili della flessione del carpo, però in modi diversi. Poi ci sono gli estensori radiali e ulnari del carpo che sono raggruppati, e gli estensori delle dita superficiali e profondi che si sovrappongono. I muscoli della parte interna dell'avambraccio sono responsabili per i movimenti di flessione e quelli della parte esterna sono per l'estensione.

A causa dell'avvicinamento dei muscoli, molto frequentemente capita che il segnale rilevato abbia un contributo dei muscoli prossimi, questo fenomeno si chiama cross-talk, e il software creato utilizza alcune tecniche per identificarlo e filtrarlo. Perciò nella SEMG, i segnali originalmente rilevati provengono dal muscolo dove sono posizionati gli elettrodi e dai muscoli che stano accanto o in strati più profondi dell'arto.

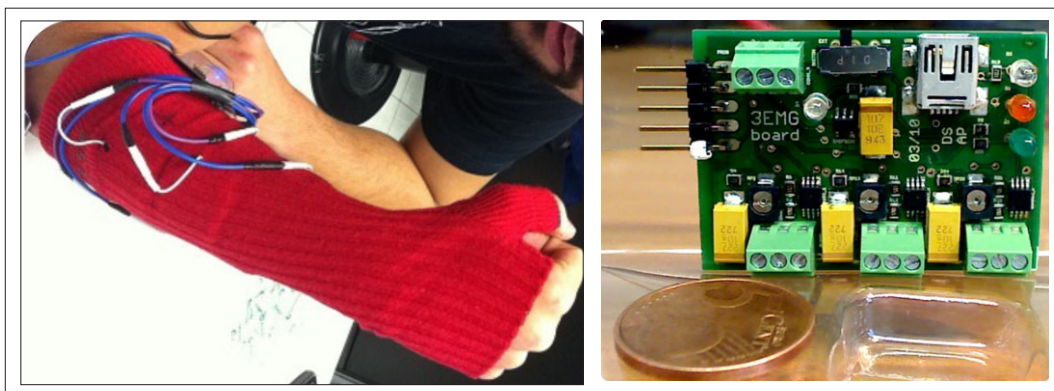


Immagine 5.5: A sinistra e in centro, guanto utilizzato per testare il sistema e a destra scheda di test del sensore sEMG a 3 canali

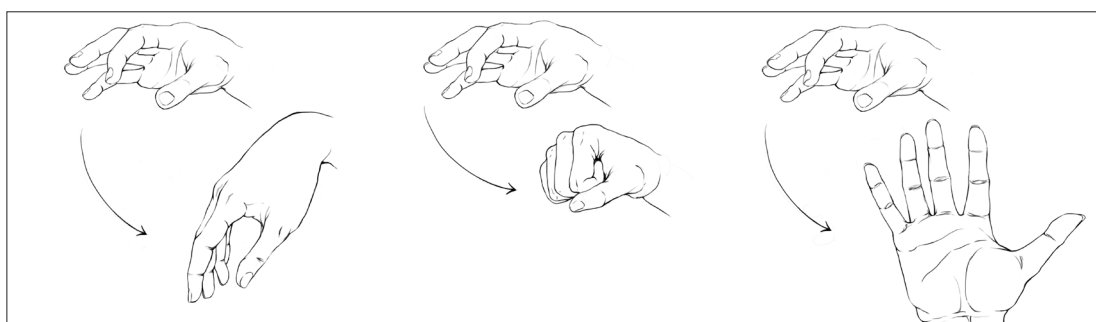


Figura 5.1: Movimenti rilevati: a sinistra flessione del carpo, in mezzo chiusura della mano e a destra apertura della mano

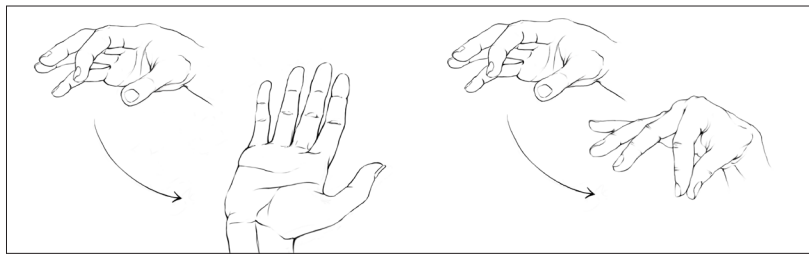


Figura 5.2: Movimenti rilevati: a sinistra estensione del carpo e a destra tocco tra dito indicatore e il pollice

Per le prove, è stato messo un canale di elettrodi sopra i flessori del carpo, il secondo sopra gli estensori del carpo, e il terzo sopra gli estensori delle dita. Infine un elettrodo Terra è stato posizionato vicino al tendine del carpo che ha come scopo aiutare il software a rilevare i cross-talk grazie alla differenza di potenziale elettrico tra le diverse parti dell'arto. Siccome ogni canale utilizza due elettrodi, con tre canali più un elettrodo Terra si ha un totale di 7 elettrodi.

In questo modo, ora il dispositivo è capace di riconoscere cinque movimenti distinti che sono: flessione del carpo, estensione del carpo, apertura della mano, chiusura della mano e il tocco tra il dito indicatore e il pollice. In questo modo i sistemi d'interazioni utilizzati dal dispositivo possono basarsi su questi cinque movimenti che possono essere tradotti in comandi d'azione e in più una navigazione spaziale tridimensionale data dall'accelerometro.

Il secondo step di prove in questa fase è stato fatto su applicazioni pratiche sviluppate ad hoc come; CLICKER; che si tratta di una navigazione in un'interfaccia punta&click, come un mouse in un desktop, ed ERACLE SPRAY; dove si può disegnare in un ambiente virtuale gestendo un pennello mediante i movimenti della mano e cambiare i colori e la dimensione dello spruzzo mediante l'intensità di sforzo muscolare rilevata dai sensori.

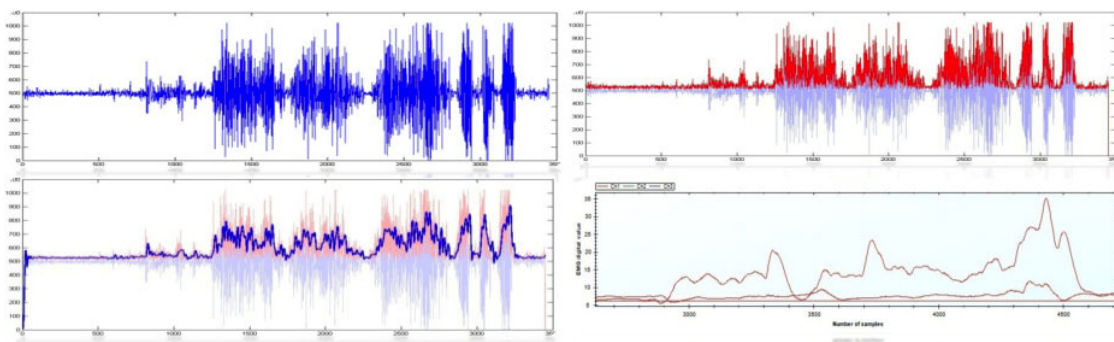


Figura 5.3: Grafici di un segnale sEMG: segnale grezzo, filtrato, e campionato

Questa seconda fase termina con l'ottenimento d'informazioni cruciali per il progetto. La prima, più importante, riguarda la realizzazione dei sistemi Hardware e Software e il loro comprovato impiego nel campo dei modi d'interazione basati sulla gestualità, la seconda riguarda l'identificazione dei muscoli che può essere utilizzata dal dispositivo e, per ultimo, i cinque diversi movimenti rilevati dallo stesso.

Con queste due fasi di prove si sono ottenute le informazioni di base usate per definire tecnicamente e precisamente la disposizione degli elettrodi sulla struttura tessile.

5.1.3 Dimensionamento del dispositivo.

La lunghezza e larghezza del manicotto è data dai dati antropometrici statici citati nel capitolo 3.6.1, osservandoli si capisce che si tratta di donne e uomini adulti. La lunghezza minore dell'avambraccio è di 211mm, la maggiore è di 274mm, quindi abbiamo una variazione di 63mm tra tutte le persone. Quanto alla larghezza si va da un minimo di 83mm ad un massimo di 124mm conforme con la misura C della tabella 3.5 (pag. 83), e si ottiene una variazione di 41mm.

Le misure della taglia base date al manicotto sono quelle che dovrebbero adattarsi a un essere umano adulto, uomo o donna, con le misure medie di un percentile 50 della popolazione. Questa taglia base può adattarsi ancora ad altre misure basandosi su un percentile di elasticità del tessuto impiegato, per tutte le altre misure che non rientrano in questa fascia vengono create delle taglie maggiori e minori realizzate proporzionalmente al percentile alle variazioni morfologiche.

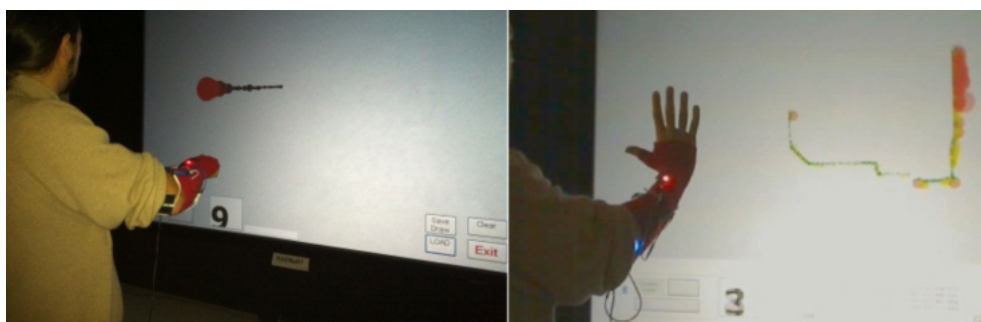


Immagine 5.6: Interfaccia Eracle Spray

Lunghezza del manicotto

Media tra le misure A (tab. 3.5, pag. 83) di uomini e donne di percentile 50, più 20% della stessa (media percentile dell'avanzamento del manicotto sul braccio dopo il gomito).

$$(234 \text{ mm} + 257 \text{ mm} / 2) 20\% = 294 \text{ mm}$$

Larghezza del manicotto

Media tra le misure C (tab. 3.5, pag. 83) di uomini e donne di percentile 50.

$$93 \text{ mm} + 109 \text{ mm} / 2 = 101 \text{ mm}$$

5.1.4 Disposizione dei elettrodi

I gruppi di muscoli superficiali dove sono posti gli elettrodi sono i Flessori ed Estensori del Carpo e gli Estensori delle dita. La disposizione degli elettrodi sopra i muscoli è eseguita d'accordo con studi nel campo della sEMG (cap, 3.4.2). La posizione del sensore sul muscolo cambia le caratteristiche del segnale, la sua ampiezza sarà sempre maggiore nel mezzo del muscolo, quindi questa è la posizione preferita. La posizione del sensore sul muscolo è il singolo fattore più importante per ottenere il miglior rapporto segnale/rumore con la minor sovrapposizione di segnali di altri muscoli.

La disposizione ottimale dei sensori su gruppi muscolari può essere fatta in un modello muscolare umano di studio tridimensionale, esistono softwares specializzati che ci permettono di cambiare il modello inserendo le misure antropometriche volute. Dopo segnalati i punti, l'area superficiale del modello è sviluppata in un piano creando una mappatura che posteriormente sarà utilizzata come modello di riferimento sul tessuto. Per avere una precisione maggiore questi riferimenti possono essere utilizzati come posizionamenti di base per ulteriori test in persone con diverse misure antropometriche, visto che i sensori devono adattarsi a diversi tipi di utenti.



Figure 5.4: Posizionamento dei sensori: a sinistra gruppo dei muscoli estensori del carpo, in mezzo gli estensori delle dita e a sinistra gli flessori del carpo.

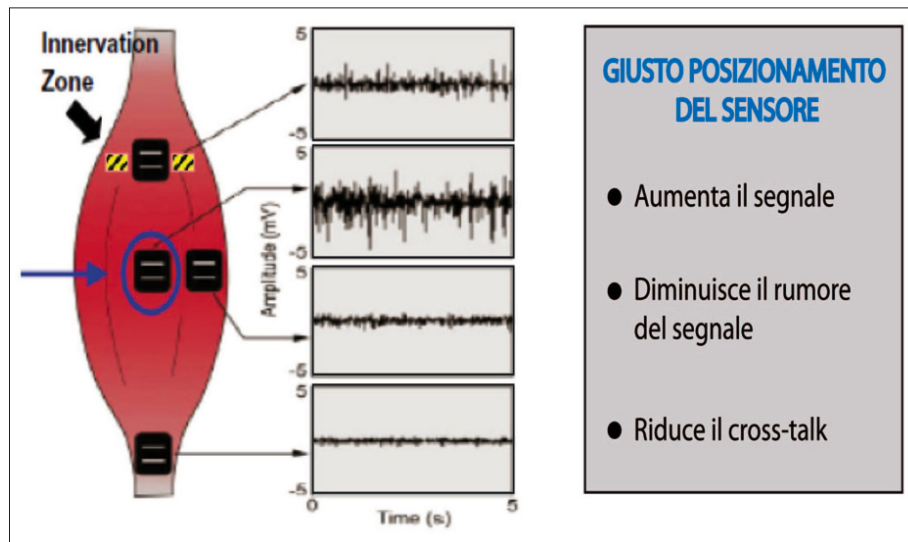


Figura 5.5: Posizionamento dei sensori e le diverse ampiezze di onda rilevati

5.2 Cavi e elettrodi

Per soddisfare le esigenze ergonomiche e morfologiche del nostro progetto il corpo del dispositivo deve essere fatto da una struttura tessile elastica e sottile, così potrà garantire un contatto costante della superficie del tessuto con la cute dell'avambraccio.

Come tessuto di base si pretende utilizzare una maglia, i principali tessuti elastici disponibili in mercato, come la Lycra, sono maglie. Essi dovuti alla sua struttura interna rendono un miglior rapporto tra distorsione permanente ed elasticità omnidirezionale, tra i diversi tipi di maglie quella che si distingue di più è la maglia tubolare.

La principale caratteristica di queste maglie è che producono una struttura tubolare continua che molte volte elimina la necessità delle cuciture, è molto usata nel settore dell'abbigliamento sportivo, intimo e nella produzione delle calze perché il prodotto finale è resistente, leggero e confortevole. Perciò è la scelta più adatta alla produzione del manicotto, che non è altro che una struttura tubolare che dovrà essere indossata sull'avambraccio dell'utente.

Questi, come descritto nel capitolo 3.5.6, attraverso i dispositivi jacquard di alimentazione, possono inserire diversi tipi di disegni e immagini su una maglia e aggiungere fili di rinforzi. Un'altra caratteristica che ha spinto la scelta dell'impiego di questo tipo di maglia al dispositivo è la possibilità della semplificazione delle fasi di montaggio del prodotto finale, le maglie tubolari sono molto versatili, le macchine che ormai sono presenti nell'industria possono produrre pezzi che abbiamo una terminazione in maglia doppia ed elastica già inserita al tessuto nella stessa fase di produzione. La variazione dell'incrocio della maglia può produrre parti più elastiche, con texture e spessori variati, tutto questo programmato in maniera giusta può produrre

pezzi che si adattino meglio alle diverse parti del corpo e ai suoi movimenti.

5.2.1. Cavi e elettrodi

Cavi devono essere inseriti all'interno della struttura tessile e hanno lo scopo di collegare gli elettrodi alla scheda dei sensori, che resta dentro della chiamata testa del dispositivo e si pone sulla parte superiore del carpo vicino alla mano.

Per realizzare questa integrazione utilizzeremo fibre conduttive, che come spiegato nel capitolo 3.5 sono fatte da un cuore di poliammide rivestita d'argento tramite la tecnica Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD); le fibre risultanti di questa tecnica possono formare diversi tipi di filati, inclusive quelli utilizzati nella maglieria circolare.

I canali conduttivi all'interno del tessuto devono avere percorsi continui e collegare gli elettrodi alla scheda sEMG, pero i canali non devono condividere i filati che compongono i canali dei altri elettrodi, perché soltanto di questo modo l'impulsi rilevati dai muscoli potranno essere trasmessi senza interferenza e condurre gli impulsi di maniera adeguata.



Immagine 5.7: Esempio di disegni e lavorazioni fatte in maglie

Le macchine produttrici di maglia tubolare sono molto versatili quanto riguarda all'inserzione di disegni o padroneggio, e quindi possono fare questo lavoro con diverse tecniche, di solito quelle più economiche presentano un risultato meno raffinato delle altre.

Il secondo step di prove in questa fase è stato fatto su applicazioni pratiche sviluppate ad hoc come; CLICKER; che si tratta di una navigazione in un'interfaccia punta&click, come un mouse in un desktop, ed ERACLE SPRAY; dove si può disegnare in un ambiente virtuale gestendo un pennello mediante i movimenti della mano e cambiare i colori e la dimensione dello spruzzo mediante l'intensità di sforzo muscolare rilevata dai segnali.

Questa seconda fase si finisce con l'ottenimento d'informazioni cruciali per il progetto. La prima, più importante, riguarda allo svolgimento del sistema Hardware e Software e il suo comprovato impiego in modi d'interazioni basate alla gestualità, e poi, le identificazioni dei muscoli che possono essere utilizzati per il dispositivo e i cinque diversi movimenti rilevati dallo stesso.

Con queste due fasi di prove sono state create le informazioni di base usate per la definizione tecnica e precisa disposizione degli elettrodi sulla struttura tessile.

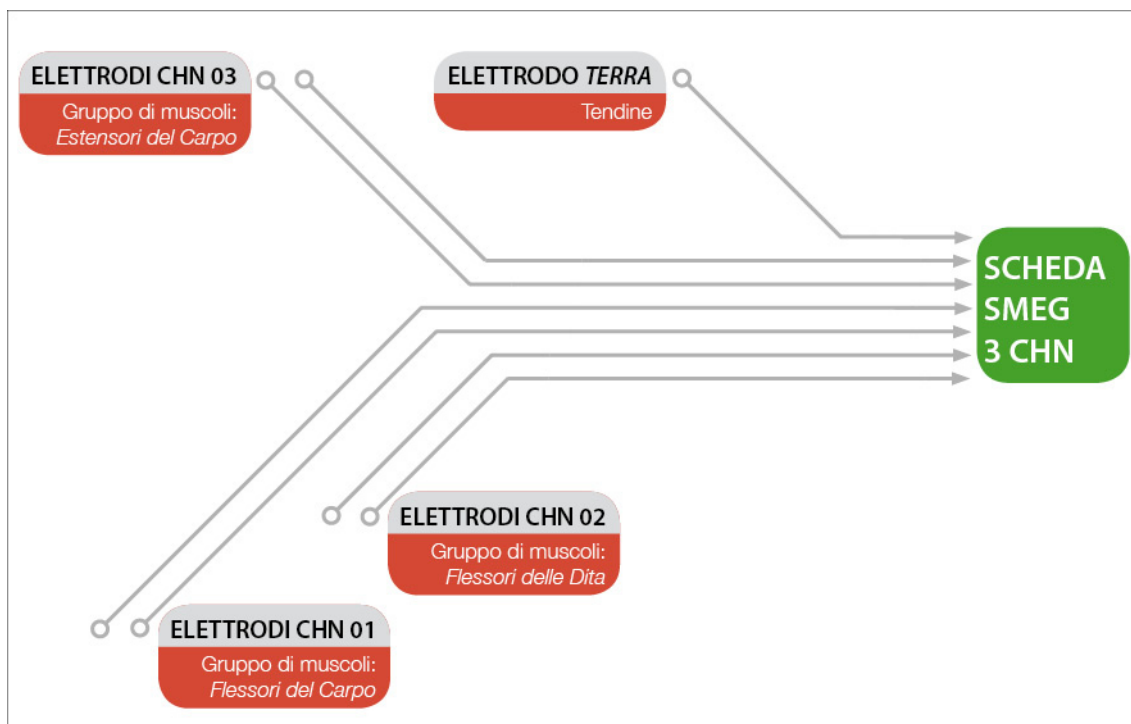


Figura 5.6: Percorsi dei canali conduttivi che collegano i muscoli alla scheda PCB sull'avambraccio

5.2.1.1 Maglia rasata con colori complementari

Il modo più semplice è quello che utilizza macchine a monofrontura munite di meccanismi per l'alimentazione complementare di fili, più conosciute come dispositivi jacquard, che riescono a inserire fili di colori e nature diverse sull'incrocio della maglia, ogni filo ha una lavorazione diversa su aghi diversi.

Con questa tecnica si può inserire immagini con più di 3 colori diversi, formando disegni di forma libera sulla estensione della maglia. I fili formatori dei ranghi vengono alternati, mentre uno di questi viene ammagliato l'atro flotta sulla parte interna della maglia. Nel lato diritto del tessuto appare la maglia rasata, e sul rovescio invece, rimangono le briglie (tratto di un filo rettilineo che non forma maglia e resta slegato o flottante per una o più maglie mancante).

Inserendo alcuni fili di catena alle maglie normali di fondo, cioè formando delle maglie placate in senso verticale, si ottiene un'operatura chiamata talvolta di ricamo. Questi fili di catena sono gettati, mediante passette, sugli aghi corrispondenti e di solito formano delle rigature verticali eppure con spostamenti trasversali, questi motivi di disegni sono denominati baghette nelle calze per uomo.

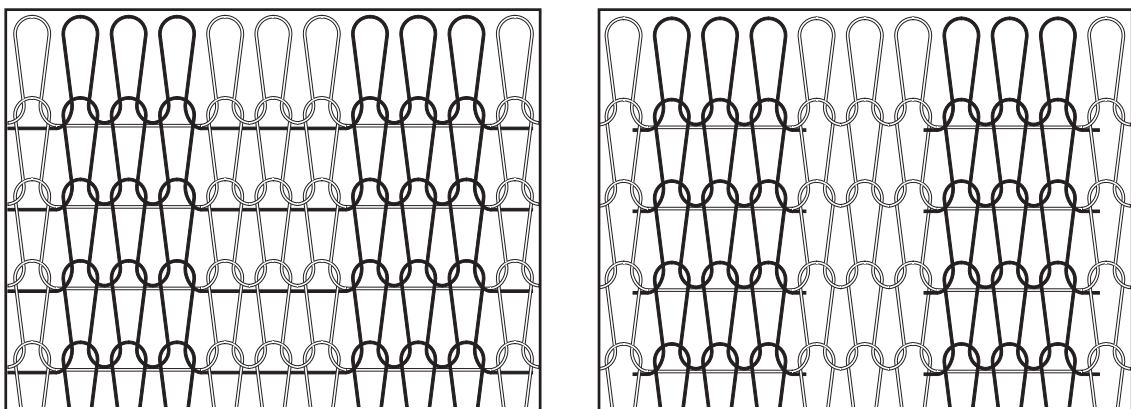


Figura 5.7: Maglia a colore complementare: a sinistra con le briglie e a destra con le briglie tagliate



Immagine 5.8: Esempio di briglie in una vera maglia, a sinistra il lato diritto della maglia e a destra il rovescio

Il risultato di questa lavorazione è un tessuto con disegni formati da strisce verticali e diagonali, presenti solamente sulla faccia diritta del tessuto, nel lato rovescio si vedono soltanto i fili di base della maglia, e quindi è ancora necessario isolamento delle aree conduttive dal contatto con la pelle o con l'esterno.

5.2.1.2 Maglia rasata con colori gettati

In questo modo i disegni sono fatti via placcatura (*vanisé*), questa è una tecnica che all'alimentare due fili contemporaneamente nello stesso ago si ottiene una maglia sovrapposta o placcata, che serve per far apparire solamente un tipo di filo su ogni lato della maglia. Questa tecnica è molto utilizzata per l'inserimento di disegni e scritte sulle calze e biancherie intime. Per evitare che il tessuto perda la sua elasticità dovuto alla presenza delle briglie, un dispositivo raso fili che possiede un sistema d'aspirazione ed un sistema di seghe, tagliano le briglie su tutta l'estremità del tessuto, il più vicino possibile alla sua parete, questa operazione crea una bava che può variare da 1 a 3mm, dipendendo della densità del filato e della accuratezza del meccanismo.

Il taglio delle briglie permette che i canali disegnati sulla maglia siano indipendenti tra di loro, però il risultato finale è un tessuto con i due lati conduttivi, il lato dritto liscio formato per la maglia rasata e il rovescio con la presenza delle briglie del tessuto di base sagomato per fibre spuntate originate dal taglio delle briglie del filato conduttivo.

Per un giusto funzionamento del dispositivo le parte conduttive di tutti i due lati devono essere isolate, nella parte dritta della maglia perché solamente l'area dei elettrodi deve avere un contatto con la pelle, e nel rovescio per evitare l'attrito col ambiente che può generare rumori e interferenza nei segnali trasmessi.

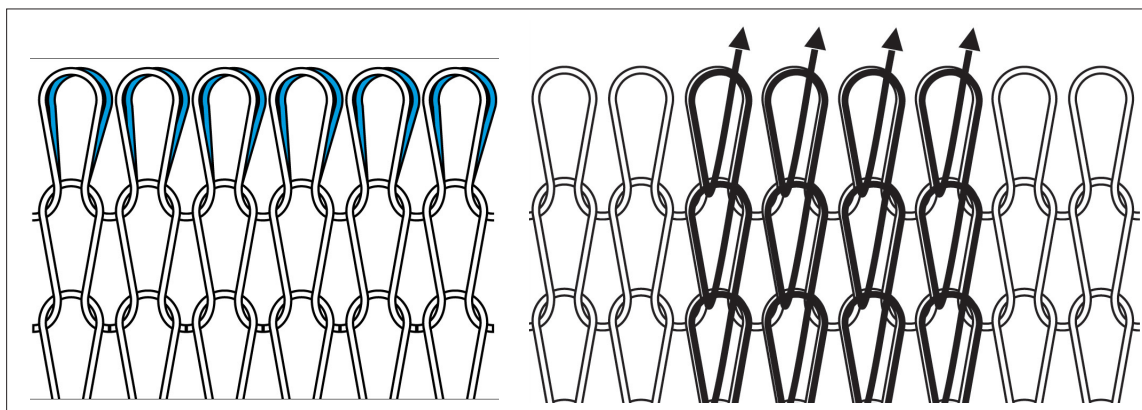


Figura 5.8: A sinistra esempio di effetto placcato, e a destra maglia a catena gettata con effetto placcato

5.2.1.3 Maglia a costa intarsiata con effetto placcato

Per realizzare questo tipo di maglie si utilizzano macchine circolari con bifrontura (due pettini di aghi) con sistema di incroci operati e dispositivi d'alimentazione jacquard. La macchina si presenta più complessa che quelle utilizzate nelle tecniche descritte precedentemente, però si ottiene un risultato finale più sofisticato.

Si dà il nome di intarsio al cosiddetto disegno puro di un motivo per colore a maglie complementari sullo stesso rango, cioè senza fili flottanti al rovescio. Alcuni aghi lavorano con un colore, altri con un colore diverso, in modo che ogni filo venga traslato al rango successivo a fine corsa, cioè nel punto di cambiamento di colore. L'unione tra i vari colori può avvenire in modi diversi, l'unione può essere ottenuta con lo scarto di un ago o con un effetto di placcatura.

Con questa tecnica si possono ottenere disegni con forme più complesse che quella a maglia gettata, con disegni a colore puro o soltanto su una delle facce (effetto placcato), dovuto ad essere una maglia a costa (file di maglie diritte e rovescio alternate) presenta tutte le facce uguali e permette una elasticità in senso orizzontale maggiore che quella delle maglie rasate. Comunque rimane ancora la necessità dell'isolamento dell'area conduttiva. Tutte queste tecniche sono in grado di produrre una maglia con cavi di collegamento tra Elettrodi e Scheda sEMG integrati sulla struttura del tessuto, ogni una con accorgimenti diversi.

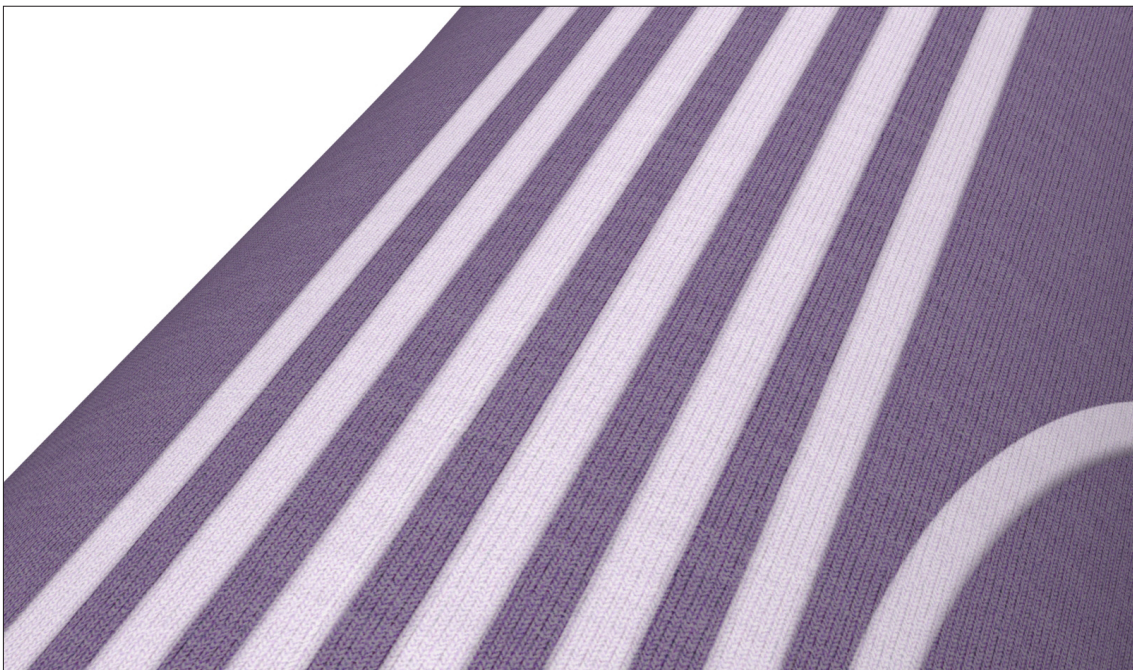


Immagine 5.9: Dettaglio della maglia con i canali placcati



Immagine 5.10: Canali conduttivi integrati alla maglia interna, a sinistra integrazione con la tecnica a maglia gettata con effetto placcato e a sinistra canali conduttivi integrati con la tecnica a maglia intarsiata con effetto placcato

5.2.1.4 Formazione di maglia doppia

Parti di tessuti doppi possono essere ottenute con diversi sistemi: il sistema piú semplice per la formazione di un tessuto a maglia doppia è quello di togliere di lavoro un ago ogni n ($n = 2, 3, 8$) gli aghi tolti di lavoro passano bassi davanti a tutte le alimentazione di filo in modo da trattenere, per tutta la lunghezza del lembo di tessuto doppio richiesta. Al termine della zona da raddoppiare, tutti gli aghi vengono rimessi in lavoro insieme agli altri, per cui il primo rango (trattenuto) viene collegato all'ultimo del lembo doppiato. Questo modo, offre alcuni inconvenienti: la superficie esterna del lembo doppiato e' costituita dal rovescio del tessuto a maglia e riduce il numero di aghi in lavoro sulla zona doppiata, riducendo del pari la possibilità di estensione in larghezza. Più usato è il sistema con il platorello uncini, che evita gli inconvenienti suddetti, a prezzo di una maggiore complicazione della macchina.

Chiamassi patorelli un disco ruotante insieme al cilindro di estrazione della maglia, montato coassiale con esse ed immediatamente al di sopra del piano di abbattaggio delle platine. Questo disco ha delle scanalature radiali in numero pari alla, metta degli aghi del cilindro: in esse scorrono gli uncini, che sono elementi tranciati da lamierino di acciaio armonico temperato. I due tipi piú usati sono:

- Il tipo A presenta la parte anteriore piatta e ne viene montato uno per ogni scanalatura del platorello. Un ago ogni quattro fa il caricamento sul becco degli uncini del primo rango del lembo di tessuto da raddoppiare. Al termine del lembo da doppiare un ago ogni due sale per riprendere dagli uncini stessi (cessione) il rango che vi era stato depositato.

- Il tipo B è invece impiegato in coppia, in modo da formare, con la parte anteriore piegata, un occhiello entro cui possa entrare l'ago. In ogni scanalatura del platorelli è dunque scopo di proteggere i canali conduttivi.

montata un'accoppia di uncini. Per il caricamento del primo rango un ago si è uno no vengono sollevati: sono quelli che passano ai lati delle coppie di uncini. La cessione è fatta invece sollevando quelli aghi che sono in corrispondenza dell'occhiello della coppia di uncini. Il tipo B fa sì che il rango iniziale del lembo di tessuto da doppiare sia collegato al rango finale da un numero di boccole doppio di quelle ottenute col tipo A e pari alla metà degli aghi.

Questa maglia doppia può avere ancora le sue proprietà elastiche aumentate con l'inserzione di una maglia placcata di fili d'elastano, fili di trama che passano dritti all'interno dei punti di maglia senza ammagliare, o semplicemente nel caso di maglie rasate, avere soltanto la terminazione doppia in maglia a costa, che da sola riesce ad aumentare in 30% l'elasticità radiale della maglia.

Quindi per la formazione di un tessuto doppio che ricopre tutto il corpo del manicotto, è bisogno che la macchina, dopo fatto il bordo raddoppiato, continue a lavorare finché sia ammagliata un'altra maglia tubolare di stessa lunghezza e diametro che l'anteriore. Alla fine, queste due corpi saranno collegati per le sue estremità al bordo elastico formando una maglia doppia, un cui la prima, che rimane all'interno avrà i canali conduttivi sul suo lato esterno, mentre la seconda maglia sarà libera per l'inserimento di motivi grafici e ricomprerà la prima con lo scopo di proteggere i canali conduttivi.

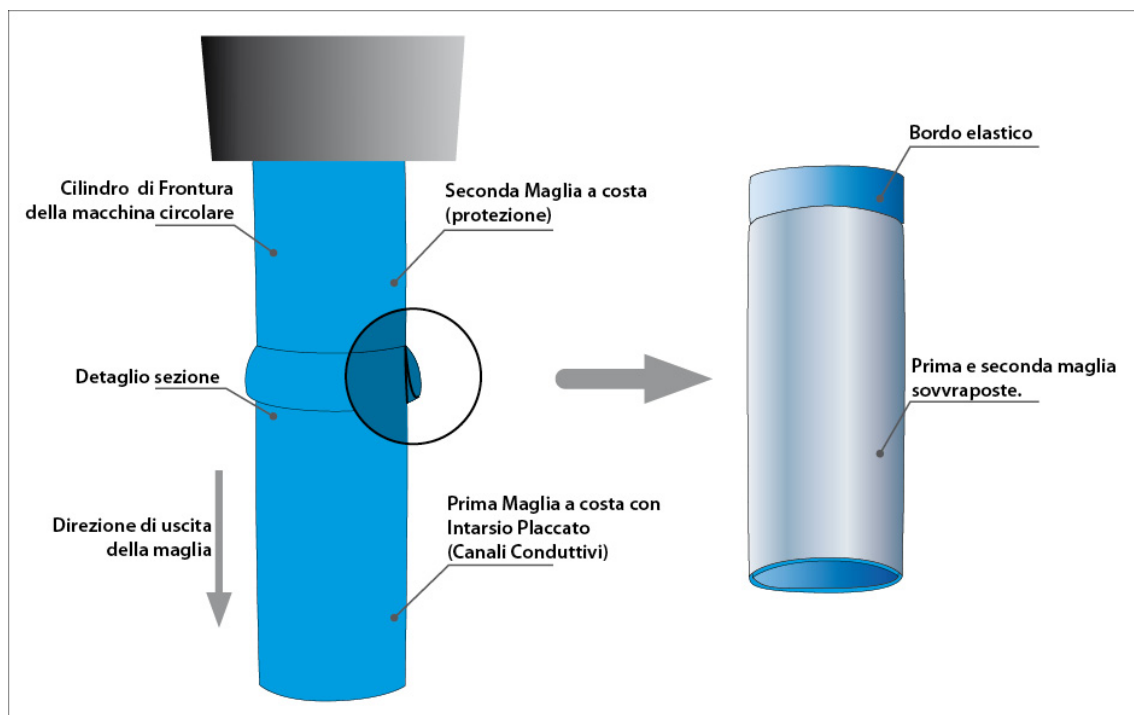


Figura 5.9: Ottenimento di maglia doppia in macchine circolari

Questa soluzione riesce a soddisfare l'esigenze del progetto, pero crea un fattore secondario che può peggiorare la qualità del segnale trasmesso. Il movimento di torsione dell'avambraccio potrebbe generare rumori d'interferenza sui segnali elettrici dovuto all'attrito tra le facce interne delle maglie.

Per capire meglio l'intensità di rumori generati da quest'attrito, sarebbe necessario fare dei test di laboratorio che vanno di là dalle nostre possibilità, caso veramente esista, questo fattore potrebbe essere evitando inserendo una specie di cucitura o ricamo sopra i canali conduttivi, collegando così le due facce ed evitando l'attrito tra di loro. Per evitare una perdita sull'elasticità generale del corpo è necessario che siano utilizzate le solite cuciture a zig-zag, oppure utilizzare la tecnica LoNE, utilizzata in tutte spaziale (cap. 3.2.2).

Si conclude che per soddisfare le esigenze tecniche dei cavi, che sono principalmente; avere canali conduttivi con percorsi indipendenti tra elettrodi e scheda sEMG, e assenza d'attriti generatori di rumori su segnali. Utilizzeremo la tecnica di disegni a maglia intarsiata con effetto placcato su fondo di maglia a costa su una maglia doppia.

5.2.2 Elettrodi

Gli elettrodi sono la parte del sensore sEMG responsabile per il rilevamento del segnale elettrico emesso dai muscoli. Esistono diversi fattori che influenzano sulla qualità del segnale, i principali sono: materiale, forma e contatto con la pelle.

Di solito i segnali bioelettrici lavorano con amperaggio bassissimo, e quindi ci vuole un materiale molto conduttivo, gli elettrodi quando non utilizzano gel vengono prodotti con le superficie in cloruro d'argento, che è estremamente conduttivo e biocompatibile, in questo caso utilizzeremo sempre le fibre di poliammide rivestite d'argento.

L'idea iniziale era quella d'inserire gli elettrodi al corpo del dispositivo con la stessa tecnica utilizzata per i canali, pero questi per funzionare correttamente devono avere un contatto costante con la pelle, questo contatto potrebbe essere compromesso caso il tessuto si pieghi sopra le aree di contatto mentre l'arto è movimentato. Per evitare questo problema elettrodo dovrà essere ricamato ad alto rilievo sopra i canali generando così una area più spessa e rigida, più difficile da piegarsi (simile a quelli testati della TNT (pag. 80), pero con forma diversa, saranno sempre utilizzate le fibre di poliammide rivestite d'argento, pero in un filato diverso, proprio per la ricamatura.

L'utilizzo di sensori con elettrodi di grandi superfici e grandi spaziamenti porta sempre a un'individualizzazione d'interferenza cross-talk. Perciò i nostri elettrodi saranno spazati da 1 cm e dimensionati da una barra di 7,5 mm x 1 mm, d'accordo con i risultati di studi della Delsys (cap. 3.4.2) questo dimensionamento ridurrebbe l'effetto di cross-talk di 4 volte rispetto ai soliti elettrodi a bottone.

5.2.3 Aderenza tra pelle e tessuto

Il software utilizzato per gestire il dispositivo lavora praticamente con campioni grafici dei segnali acquisiti nella fasi di calibrazione del dispositivo, questi campioni vengono paragonati con tutti i segnali rilevati dal braccio, quando si trova un simile il comando viene azionato. È importante che gli elettrodi siano disposti esattamente su una determinata area del muscolo, pero in questo caso, più che altro è necessario che siano sempre sopra la stessa area del braccio, quindi non è gradito un spostamento dei elettrodi mentre il guanto è indossato. Questi problemi di contatto possono succedere quando i movimenti dei flessione, estensione o torsione braccio spostano l'area di contatto dei elettrodi, o un fattore secondario, proveniente dal movimento di flessione dell'avambraccio che fa con che il tessuto sia tirato facendo con che la manica scenda.

Infatti, questo ultimo è molto comune nel mondo dello sport principalmente in quelli di corsa

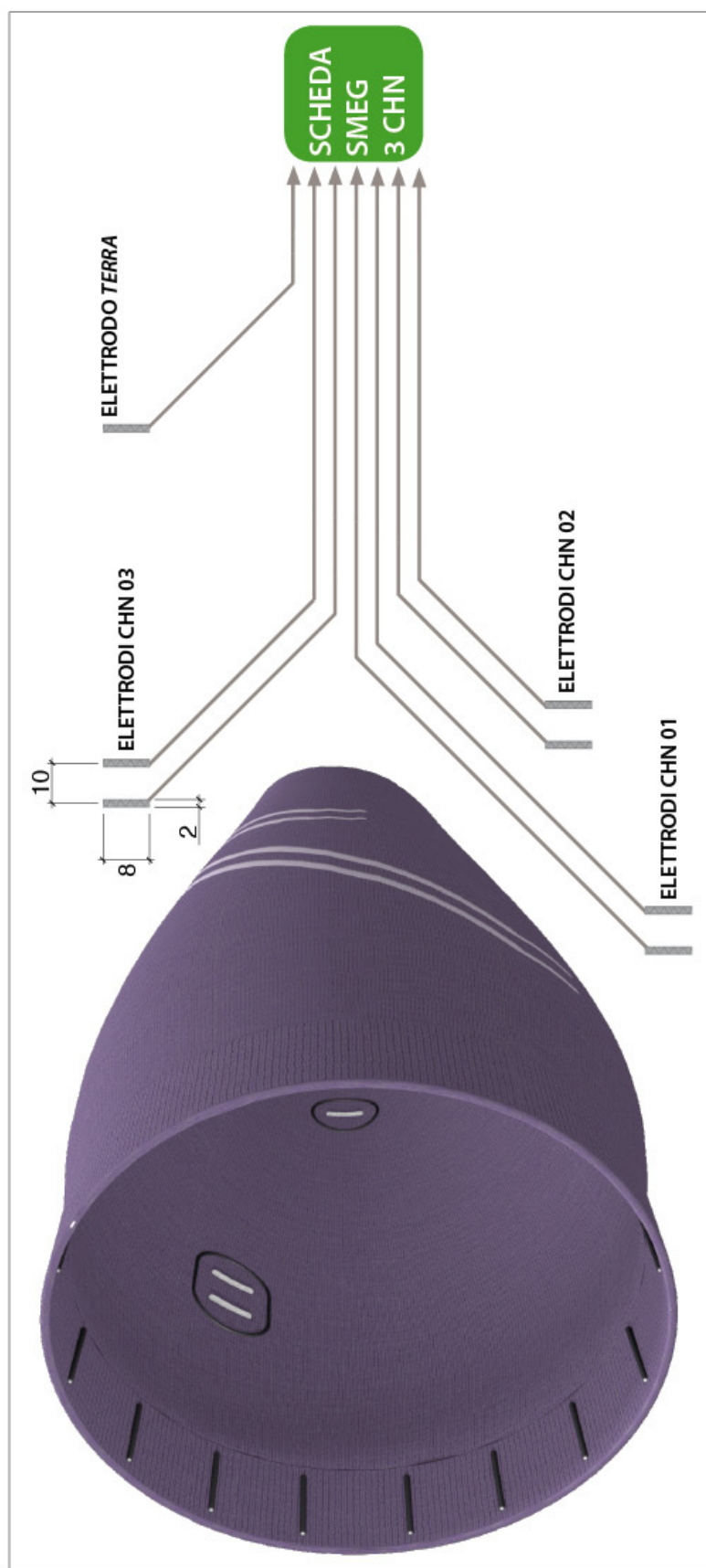


Figura 5.10: Mappatura dei elettrodi ricamati sopra i canali conduttivi sulla maglia interna

e ciclismo, dove l'atleta deve movimentare il corpo bruscamente, questi per motivi di prestazioni e conforto utilizzano tutte in maglia, simile a questa utilizzate nel dispositivo, di solito questa "tiraggio del tessuto" succede nelle gambe dei pantaloncini che sono tirate verso la cintura. Ci sono in mercato tutte professionali che per risolvere questi problemi hanno sul lato interno dell'orlo l'applicazione di un materiale aderente, solitamente un polimero gommoso.

Il metodo più pratico dal punto di vista produttivo è quello che prevede l'inserimento di una striscia interna sulla estremità dell'orlo fatta da un filo elastico aderente messa insieme al tessuto con la tecnica di vanisé della maglieria, o così detta effetto placcato, in questo modo il tessuto esce già dalla macchina con l'area aderente già applicata. La seconda un po' meno pratica, ma però molto più efficiente dal punto di vista dell'aderenza è quella di applicare strisce di inchiostro gommoso molto aderente sull'area dove si vuole, questa tecnica è molto utilizzata nelle calze anti scivolo per bambini, dove la soletta a punti aderenti fatti sempre da inchiostri gommosi.

Questa tecnica pure essendo meno vantaggiosa dal punto di vista produttivo, nel senso di che allunga il tempo di produzione del prodotto perché necessita di una fase in più nella linea di produzione, si presenta più vantaggiosa per il nostro dispositivo per riesce a risolvere il problema di spostamento dei elettrodi e dell'orlo con un fattore di aderenza molto più elevato rispetto a quello che prevede l'utilizzo di fili di elastano placcati. Le aree di applicazione del materiale aderente dell'orlo e degli elettrodi si dispongono sulla stessa faccia del tessuto, dunque possono esse applicate nel stesso passaggio.

Questo inchiostro aderente si tratta di una resina acrilica e un copolimero vinilico di espansione, curato a 140C, può essere utilizzata in cappi di uso domestico, ospedaliero e sportivo. L'estratto può essere applicato con dime svasate, stampa serigrafica o attrezzature specifiche, può variare il disegno, colore e spessore d'accordo col scopo voluto.

5.2.4 Collegamento tra tessuto e componenti elettrici

Per concludere il corpo del dispositivo resta soltanto definire come sarà fatto il collegamento tra tessuto e componenti elettrici, questa è una parte delicata e di fondamentale importanza per il progetto visto che fino ad oggi le soluzioni per integrazione che vanno più in fondo non prevedono un collegamento ottimale. Le ricerche fatte da enti come TITV prevedono collegamenti con la cucitura dei canali alle schede con fili conduttivi e addirittura del saldaggio direttamente sul tessuto, questa soluzione sono un tanto caserecci, ma alla fine hanno soltanto lo scopo di provvedere un contatto affinché i progetti siano analizzati.



Immagine 5.11: Esempio di briglie in una vera maglia, a sinistra il lato diritto della maglia e a destra il rovescio

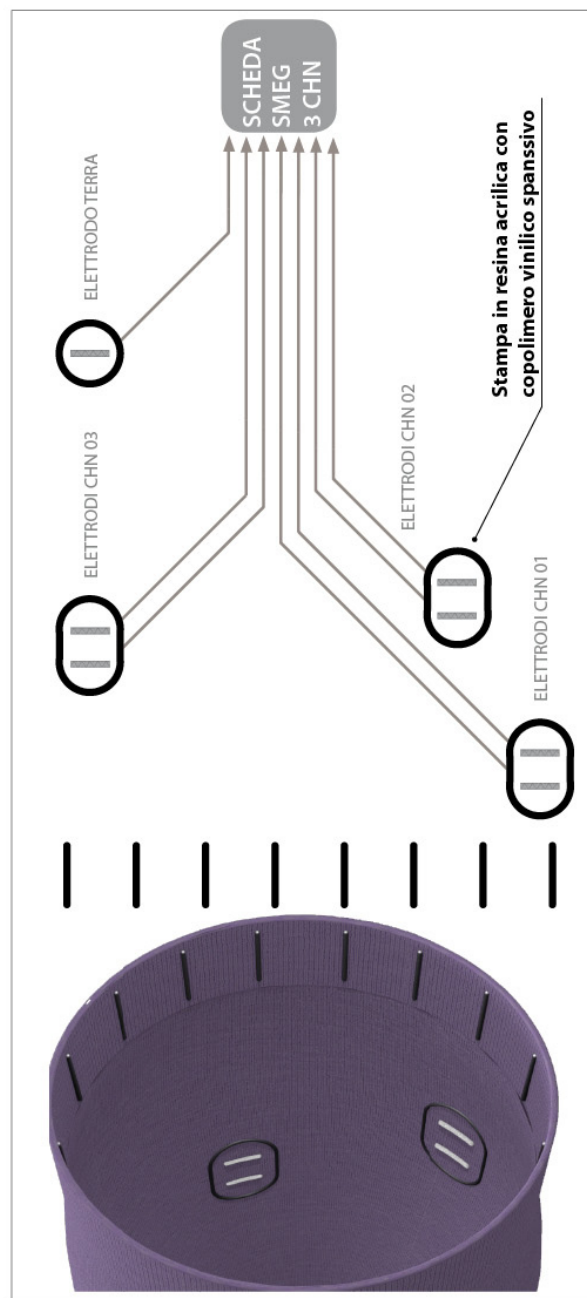


Figura 5.11: Schema stampa aderente intorno agli elettrodi e all'interno del bordo elastico

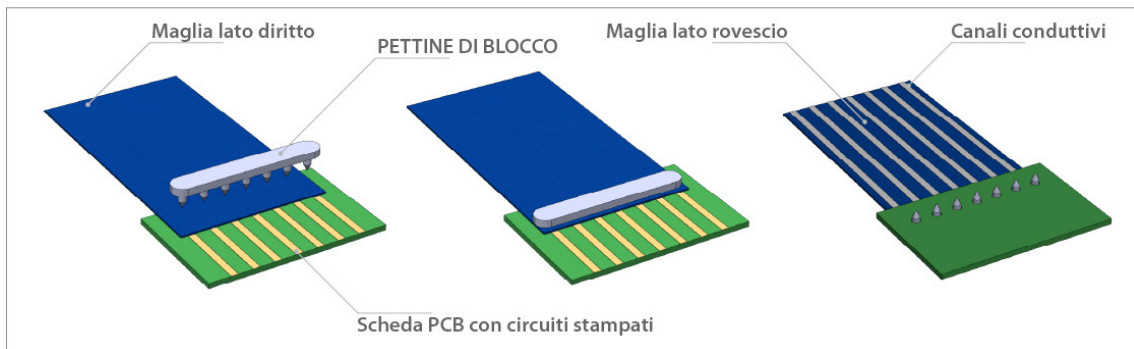


Figura 5.12: Schema di connessione a pressione con sistema a pettine

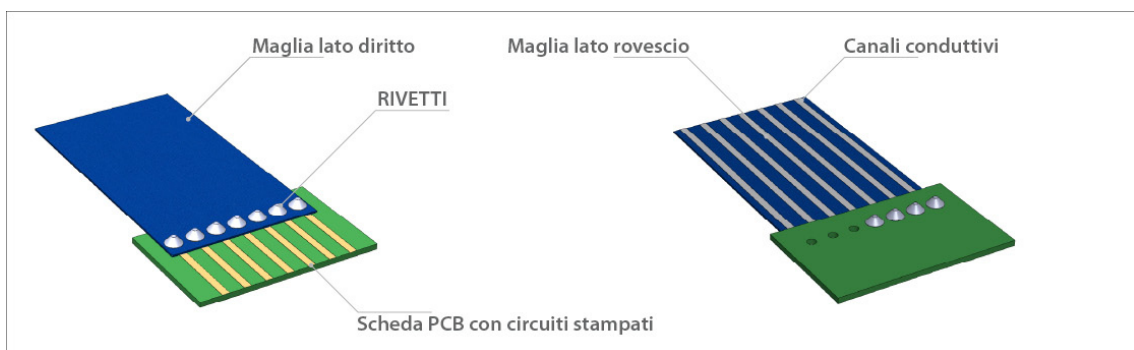


Figura 5.13: Schema di connessione a pressione con sistema a rivetti

Nel nostro caso i canali conduttivi come già visto, si presentano in strisce che si dirigono verso l'estremità del tessuto per poter arrivare al dispositivo queste strisce rappresentano il metodo trovato per l'inserimento di canali indipendenti all'interno dell'e struttura tessile.

Dobbiamo considerare che i canali non trasmettono informazione, e si impulsano elettrici di amperaggio bassissimo, e quindi servono fili con spessori minori di quelli usati nella telefonia fissa, l'importante è che i fili siano estremamente conduttivi per non avere una perdita di segnale mentre questi attraversano il suo percorso.

Questi canali devono collegarsi con la scheda PCB che contiene i sensori, di solito queste connessioni si fanno via saldatura, che per un tessuto sottile come le maglie che utilizziamo non è ideale perché potrebbe danneggiare e fragilizzare la sua struttura.

Le soluzioni trovate utilizzano sistemi a pressione che premono e mantengono attaccati l'area conduttiva del tessuto con l'area conduttiva della scheda. Le due migliori ipotesi si possono vedere nell'immagine in basso, dove in una soluzione ogni canale viene rivettato alla scheda PCB di modo permanente, mentre nell'altra i canali vengono messi in contatto con la scheda via una specie di pettine che gli inchioda contro la scheda, il vantaggio di quest'ultima soluzione

e' che l'attacco e' reversibile e il tempo d'assemblaggio e' minore del anteriore visto che l'attacco si effettua in soltanto un passaggio.

5.3 Componentistica

In questa fase è definita la testa del dispositivo, ossia la scocca polimerica che contiene i componenti elettrici del prodotto. Per partire con la progettazione della scocca dobbiamo concludere gli ultimi dettagli della componentistica interna.

5.3.1 Componenti interni

Un fatto da considerare è che la scocca deve essere separabile dalla parte in tessuto, o sia, l'utente deve essere capace di staccarla facilmente, questo per due principali motivi:

Il primo è che come un'abito la parte tessile del può sporcarsi di diversi modi, e quindi per fattori di igiene, questa deve essere lavabile, almeno a mano. Con la presenza della testa questo lavoro sarebbe molto difficoltoso e metterebbe in rischio l'integrità dei suoi componenti interni.

In secondo, il dispositivo prevede diverse taglie che si adattino alle diverse misure antropometriche, con i componenti fissi al manicotto, ogni taglia avrebbe bisogno di una testa per potere funzionare. Se invece una unica testa potessi essere collegata a diverse taglie, un gruppo di persone con diverse misure che si alterna nell'utilizzo del dispositivo, potrebbero acquisire soltanto una testa e le diverse misure che li servono.

Come visto nel capitolo anteriore i canali conduttivi presenti nel manicotto vengono collegati ad una scheda PCB rigida che passa i segnali rilevati al sensore sEMG, adesso però, questo collegamento deve essere staccabile, il collegamento tra tessuto e PCB non sarà toccato per evitare problemi di connessione e mancanza di contatto. Ci sono diversi tipi di connettori in giro per diversi necessità, nel nostro caso siamo vincolati dal fatto che il tessuto deve essere collegato ad una scheda rigida e quindi e' di questa che deve partire il collegamento con l'altra parte del dispositivo. Tra i diversi tipi di collegamenti, quelli a Card Edge sono quelli che meglio si adattano alle nostre necessità, perché prevedono un facile inserimento e può essere programmato con la quantità di canali voluti.

Ci sono già diversi card edge connectors standard disponibile in mercato che variano in tre principali fattori: quantità di canali, facce di contatto (una o due), connessione con scheda PCB e fissaggio.

Il nostro sensore sEMG richiede l'utilizzo di 7 canali, le quantità di canali nei card edge è sempre a numeri pari (2,6,10, 12,14, 26 ecc). Inizialmente quella disponibile in mercato che meglio

si adatta ha 10 canali, in questo caso come stiamo progettando un dispositivo indossabile, si cerca la miniaturizzazione, le card edge di singola o doppia faccia hanno le stesse misure, perciò per non sprecare spazio prenderemo una card edge a 14 canali con doppia faccia (sette sopra e sette sotto) e utilizzeremo soltanto una delle facce. Comunque, considerando un alto volume di produzione questo componente potrebbe essere fatto ad hoc.

Alla fine i componenti che ci saranno dentro della scocca sono: scheda PCB fatta ad hoc (35 x 40mm) contenendo; accelerometro 3d.o.f., Sensore sEMG a tre canali, Sistema wireless Zigbee, connessione per batterie a bottone, tasto on/off e card edge a sette canali, scheda PCB fatta ad hoc (25 x 40mm) con punti di connessione per i canali conduttivi (tessuto) e la parte maschio della connessione a card edge.

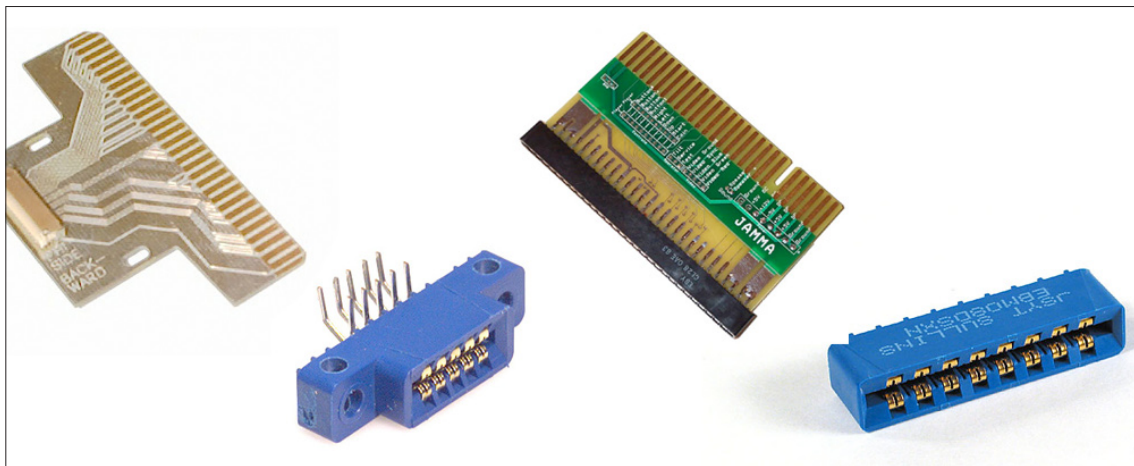


Immagine 5.12: Esempi di connettori card edge (femmina) e schede pcb (maschio)

5.3.2 Definizione della forma

Definita la parte interna abbiamo il riferimento per la definizione della scocca. Prima definiamo la sua forma d'accordo con le regole dell'ICES (cap. 3.2.1). Secondo loro, design per il corpo umano richiede anche un linguaggio umanistico. La testa del dispositivo sarà sempre in contatto col corpo e quindi devi considerare la sua forma dinamica per garantire conforto e udibilità. Un linguaggio formale umanistico include forme concave sulla superficie interna che tocca il corpo, per accettare le forme convesse sulla superficie esterna del corpo umano, la convessità sarà utile anche per deviare oggetti dell'ambiente evitando urti e strappi. Strematura delle facce laterale della forma per stabilizzarla sul corpo, raggatura di tutti gli spigoli e angoli per generare una cassetta di sicurezza, e forme morbide da indossare.

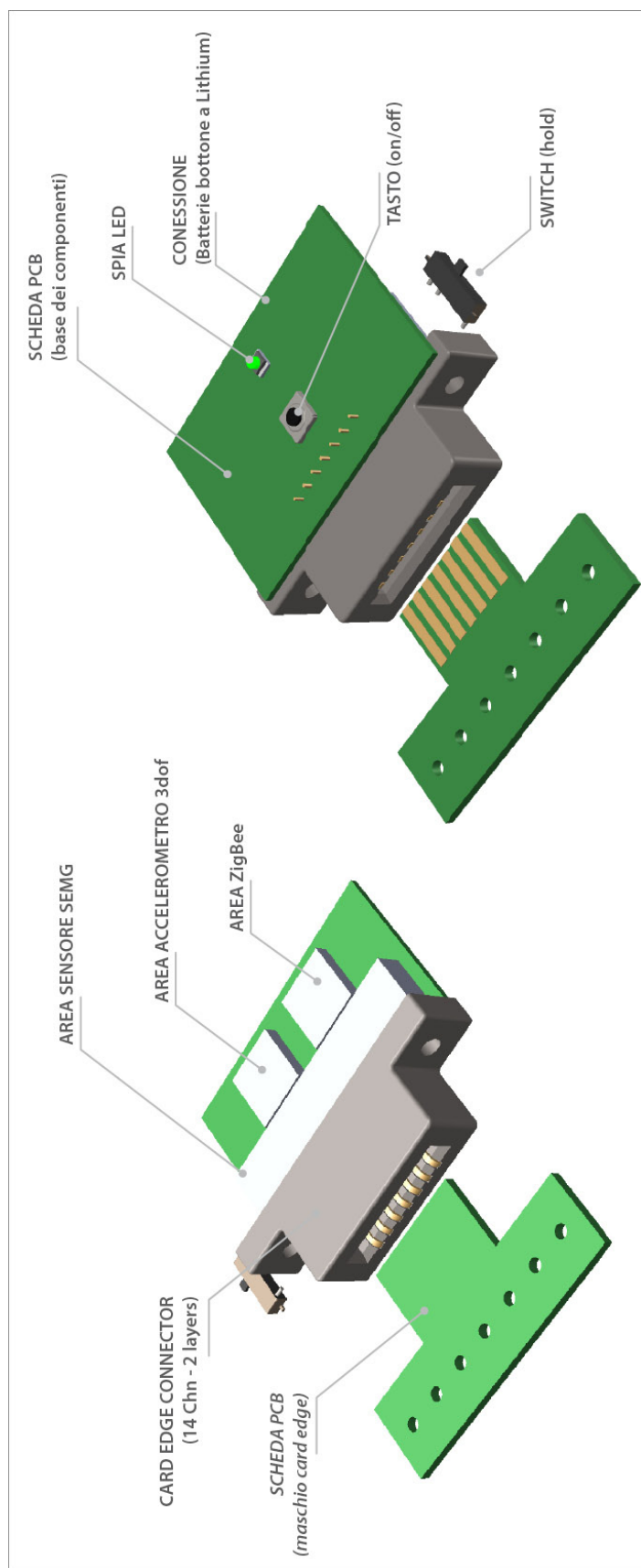


Figura 5.14: Schema dei componenti interni del dispositivo

Questi passaggi sono illustrati di seguito, partendo da un semplice blocco proporzionale ai componenti interni prestabiliti fino alla sua forma finale, Il linguaggio formale umanistico non devi solo rendere una forma indossabile, devi anche aggiungere robustezza strutturare che è cruciale in un ambiente attivo.

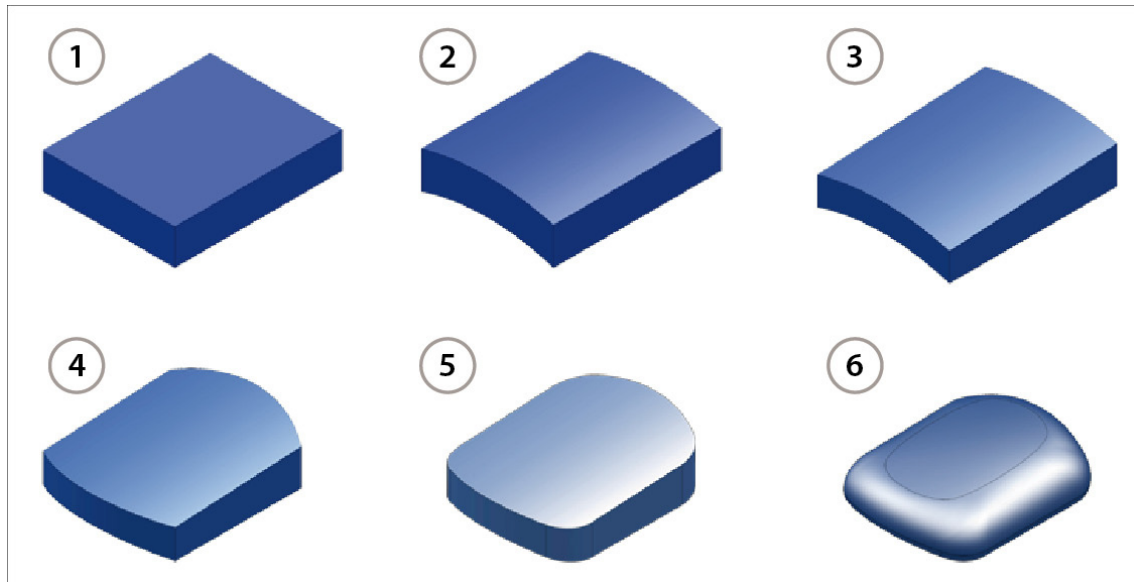


Figura 5.15: Sviluppo della forma della scocca seguendo le guide dell'ICES

Quanto riguarda all'accoppiamento della testa alla parte in tessuto, abbiamo già preso in considerazione diversi fattori che sono stati citati nel capitolo, precedete, tra tutti, si evidenzia quello utilizzato in *The Peregrine Gloves*, perché permette una facile e intuitiva connessione e disconnessione del dispositivo senza aver bisogno di togliere il guanto, quindi prendiamo questo concetto di praticità come riferimento. Il problema di questo caso è che il sistema prevede l'utilizzo di calamite, ed essi hanno bisogno di essere attaccati di maniera definitiva alla parte in tessuto.

Abbiamo già una connessione via card edge tra gli elettrodi e la testa del dispositivo, adesso si deve provvedere un metodo di fissaggio tra testa e il corpo che non necessiti di nessun tipo di accoppiamento permanente. Il metodo che meglio si adatta a queste esigenze, è quello tascabile, perché permette un facile inserimento del dispositivo, di maniera non permanente e che principalmente può essere prodotto facilmente.

La tasca può essere prodotta con la stessa maglia del dispositivo, questa, dovuto al fatto di essere elastica, terrà la scocca sempre in contatto con la parte superiore del carpo senza difficoltà i movimenti di torsione dell'avambraccio perché non è fissata da nessuna parte e può scorrere all'interno della tasca.

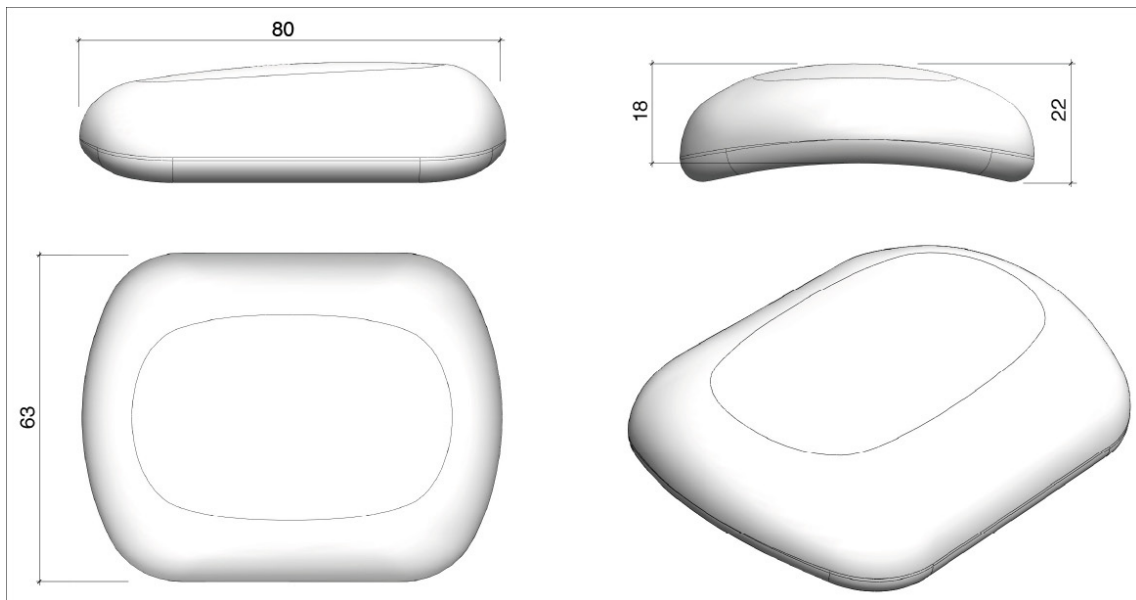


Figura 5.16: Viste ortogonali e in prospettiva della scocca definita



Immagine 5.13: Tasca del dispositivo fata in maglia elastica

5.4 Metodi di produzione

In questa fase vengono descritti i metodi produttivi impiegati nella produzione del dispositivo.

5.4.1 Cuore del dispositivo

Dopo di aver risolto la componentistica interna del dispositivo il suo linguaggio formale e metodo di fissaggio, il prodotto è stato ingenerizzato.

Il prodotto finale è composto di due parte; una femmina attaccata alla parte in tessuto, e un maschio, questa può essere scollegata eventualmente ed è il contenitore dei componenti elettrici responsabili per il funzionamento del dispositivo. Per facilitare il compito di scollegare il maschio ci sono delle aree che possiedono piccole nervature per provvedere l'aderenza dell'estremità delle dita con la superficie della scocca.

Sulla parte superiore della scocca avremo un tasto che accendi e spegni il dispositivo e una spia a LED che indica sì lo stesso, è acceso o no, quando indossato tutti questi rimangono nascosti dalla tasca in tessuto, la luce può essere vista normalmente perché la struttura traforata della maglia permette che la luce del LED la oltrepassi, quanto riguarda al tasto, ha la sua superficie esterna concava e il suo perimetro è circondato da una nervatura per facilitare la sua localizzazione attraverso il tatto. Sulla sua faccia laterale sta un tasto di sicurezza, più precisamente un switcher, questo serve per bloccare il tasto di accensione del dispositivo evitando così che lo stesso venga spento per sbaglio, questa è la funzione Hold molto comune in piccoli dispositivo che vengono intascati, come: telefonini, mp3 players e video giochi portatili.

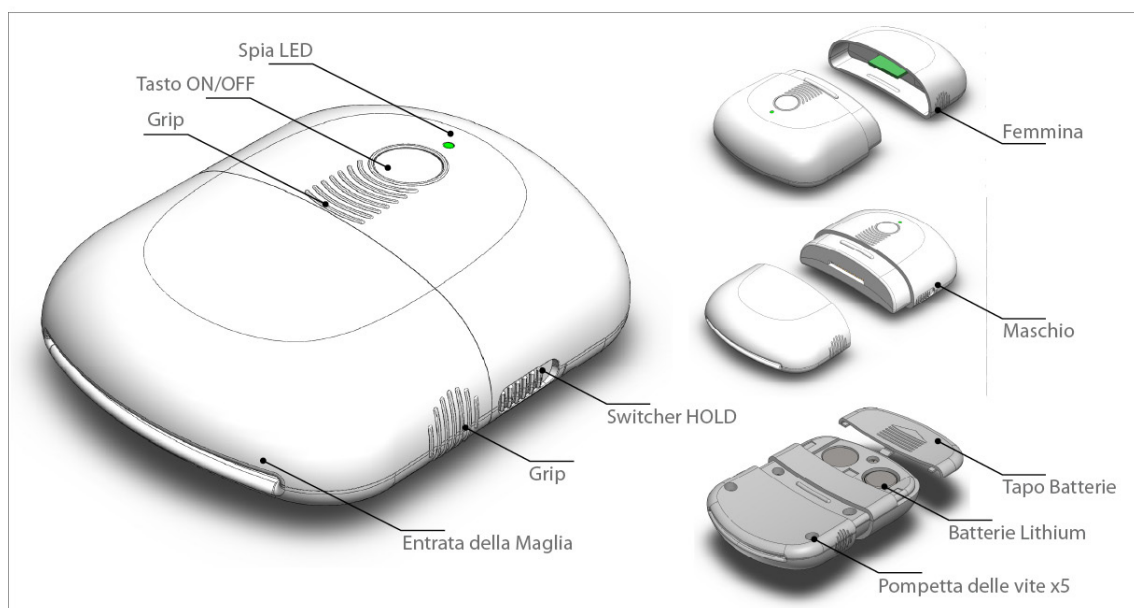


Figura 5.17: Dettagli del dispositivo

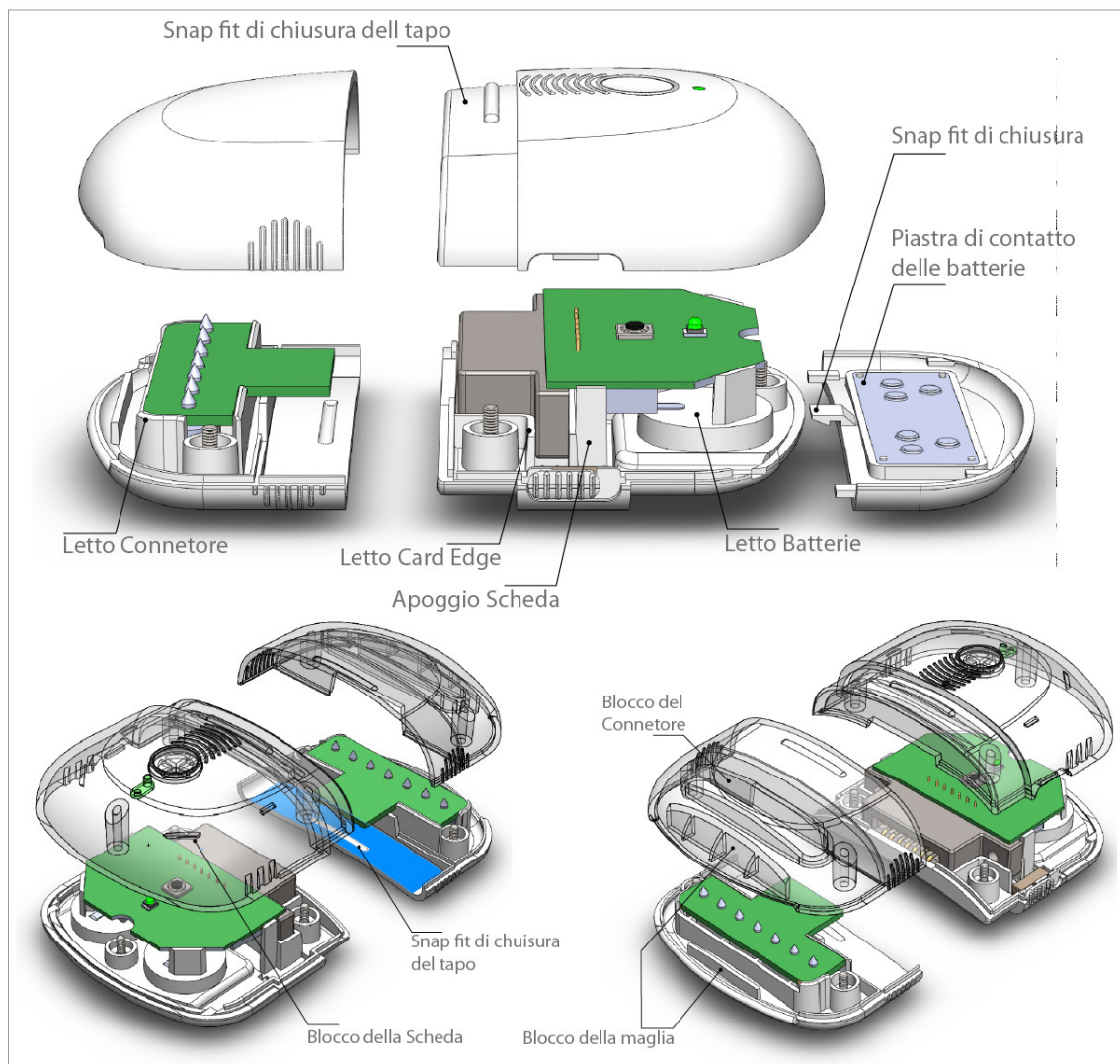


Figura 5.18: Dettagli interni della scocca del dispositivo

Il fornimento elettrico proviene da due batterie a bottone a base di litio, queste sono messe sulla parte inferiore della scocca e sono nascoste da un piccolo tappo che si chiude con un sistema a snap fit che si vedi solitamente nei telecomandi. La scocca è chiusa per cinque vite, ma si vedono soltanto due fori d'inserimento, le altre tre vengono nascosti dal topo delle batterie e della scocca della parte femmina.

La scocca è prodotta con la tecnica di stampaggio a iniezione e il materiale scelto è l'Acronitrile Butadiene Stirene (ABS), che è una resina stirolica termoplastica ottenuta per polimerizzazione di gomma butadienica con acronitrile e stirene.

L'ABS proviene della miscela di una resina con un elastomero e deve il suo successo alle ottime proprietà tecniche che lo caratterizzano. È, infatti, un materiale rigido e tenace anche a basse

temperature, molto duro, resistente alle scalfitture, con elevata resistenza all'urto. È principalmente impiegato per la produzione d'imbballaggi, componenti per l'industria automobilistica, mobili, giocattoli, vernici e gusci o coperture per casalinghi e articoli elettronici di largo consumo (televisori, telefonini ecc.).

In questo caso ci sono due esigenze progettuali per la scocca, una è una buona resistenza meccanica richiesta per dispositivi indossabili e l'altra è quella di avere una stabile finitura superficiale. Tra i possibili polimeri che potrebbero essere utilizzati, come; PP, PS, PC, l'ABS è quello che presenta un maggior costo benefico.

La scocca è composta di quattro parti senza sottosquadri che sono; parte inferiore e superiore della femmina, e parte inferiore e superiore del maschio. E dal tappo delle batterie che possiede un sottosquadro dovuto alla presenza del sistema di chiusura a snap fit, questi dovuto alla sua piccola dimensione potrebbero fare parte dallo stesso stampo, così in un'unica operazione si producono tutte le parte del dispositivo.

Il dispositivo possiede ancora parti prodotti in lamiera di acciaio. La piastra di contatto delle batterie, che si posa sul loro tappo è prodotta da una presa con stampi in serie dove sono fatte rispettivamente l'operazione di punzonatura, imbottitura e tranciatura. Gli elettrodi di contatto delle batterie che sono messi all'interno del suo letto sono prodotti dallo stesso modo però con operazioni di punzonatura, tranciatura e piegatura.

La piastra di contatto delle batterie, il tasto superiore e la spia LED possono essere assemblati in un altro passaggio con la tecnica di saldatura ad ultrasuono o a piastra calda che sono adatte a piccoli pezzi con volume di produzione medio o basso. Il tasto Hold, la scheda PCB col connettore card edge, la sua femmina sono messi nei suoi letti e imprigionati all'interno della scocca dopo la sua chiusura. Su l'immagine in basso si può osservare la posizione interna dei componenti e alcuni elementi delle scocche polimeriche.

5.4.2 Corpo del dispositivo

Il corpo del dispositivo è la parte indossabile che ha contatto con l'avambraccio, questa, è tutta prodotta in tessuto e si divide in pratica a quattro elementi.

L'elemento principale è quello che contiene i cavi ed elettrodi al suo interno, questo è prodotto da una macchina per maglie tubolare a bifrontura con dispositivi d'alimentazione jacquard. La maglia di densità 80 è composta di 90% poliammide ed 10% elastano con la aggiunta di fili di elastano al bordo elastico, molto simile a quelle utilizzate nelle calzamaglie più spesse, come il tessuto è doppio risulta in una maglia di densità 160.

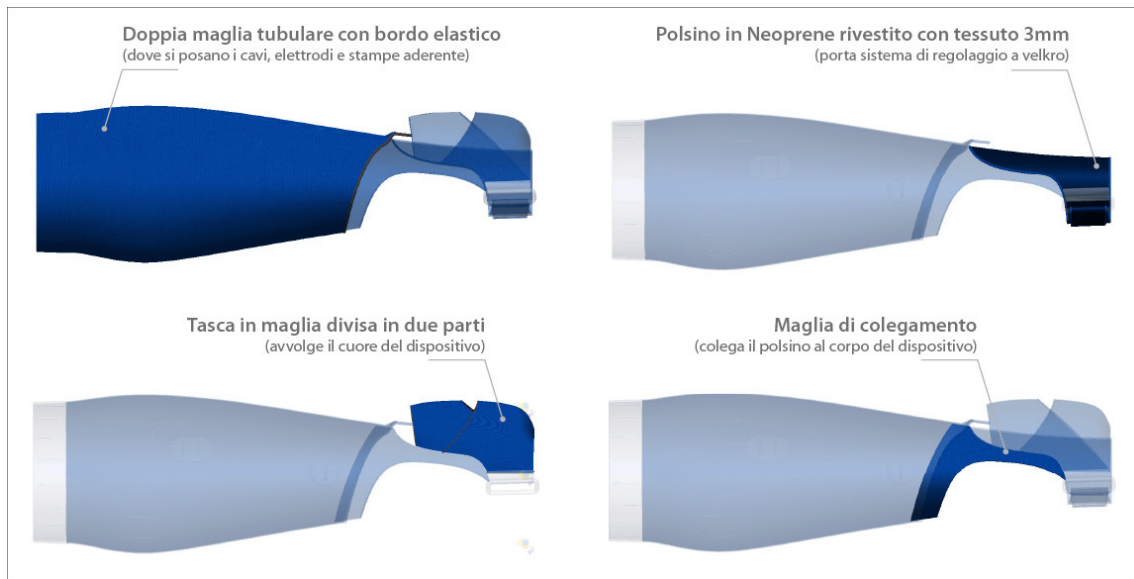


Figura 5.19: Componenti in tessuto del manicotto

La proprietà più importante dei tessuti in poliammide è la sua resistenza a frizione e alla trazione, eppure non si deformano essendo immuni alle azioni di muffe e funghi. Si asciugano velocemente però non respirano bene come il cotone e il poliestere, comunque le sue proprietà meccaniche fanno sì che sia molto impiegato nel settore sportivo dove la necessità di ventilazione è soddisfatta con l'utilizzo di maglie traforate prodotte con un cambiamento dell'incrocio normale dei punti di maglia nella sua fase produttiva.

Questa parte è prodotta in cinque step che di solito, sono fatti in linee di produzione, molto adattate a un determinato prodotto. Questi step sono:

- 1 – Tessitura della maglia, incluso l'inserzione dei canali conduttivi e bordo elastico.
- 2 – Ricamatura degli elettrodi sull'estremità di ogni canale conduttivo.
- 3 – Taglio e chiusura dell'estremità del polso.
- 3 – Linee cucite per evitare l'attrito tra le maglie (generatore di rumori sui segnali).
- 4 – Stampaggio d'inchiostro aderente intorno agli elettrodi e all'interno del bordo elastico.

La seconda parte più importante del corpo è il polsino, che è prodotto in neoprene da 3 mm per evitare che la rigidità della scocca generi fastidio al carpo. Sul polsino sta pure il sistema di regolazione a velcro che si adatta alle differenti larghezze di carpo e la tasca che contiene la scocca. Questa si divide in due parti per facilitare l'inserimento, può essere prodotta dalla

stessa maglia utilizzata nel corpo del dispositivo e viene cucita sopra il polsino in neoprene.

L'ultima parte, anche prodotta con la stessa maglia, è quella che collega il corpo al polsino attraverso operazione di cucitura.

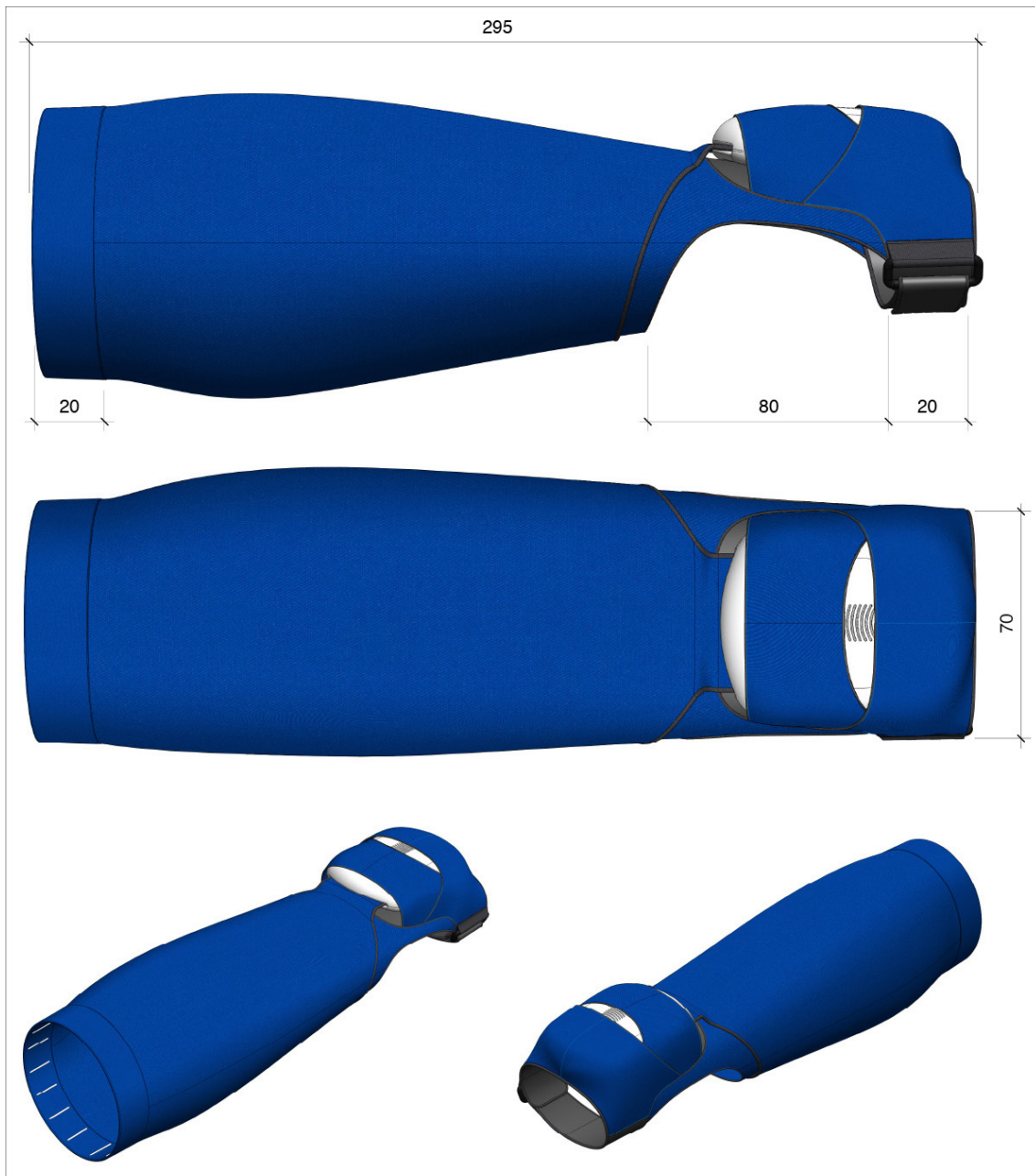


Figura 5.20: Misure di massima del dispositivo

Tabella 5.1: Distinta base, nome e gruppi

			Nome componente / gruppo
1	00	0	ASSIEME CORPO
1	01	0	ASSIEME POLSINO
1	01	1	Polsino
1	01	2	Fibbia
1	01	3	Tasca A
1	01	4	Tasca B
1	02	0	Maglia di collegamento
1	03	0	Maglia corpo
2	00	0	ASSIEME CUORE
2	10	0	ASSIEME SCOCCA MASCHIO
2	11	0	ASSIEME SCOCCA MASCHIO SUPERIORE
2	11	1	Maschio Superiore
2	11	2	Tasto on/off
2	11	3	Spia
2	12	0	ASSIEME SCHEDA MADRE
2	12	1	Card Edge
2	12	2	Scheda PCB
2	12	3	LED
2	12	4	Switcher
2	13	0	ASSIEME SCOCCA MASCHIO INFERIORE
2	13	1	Scocca maschio inferiore
2	13	2	Elettrodo batteria
2	14	0	ASSIEME TAPPO BATTERIE
2	14	1	Tappo batterie
2	14	2	Piastra di contatto
2	20	0	Slide Switcher
2	30	0	Tasto Hold
2	40	0	Vite
2	20	0	ASSIEME SCOCCA FEMMINA
2	20	1	Scocca femmina superiore
2	20	2	Scocca femmina inferiore
2	20	3	Scheda PCB
2	20	4	Pettine di blocco tessuto
2	20	5	Guarnizione
2	20	6	Vite

Tabella 5.2: Distinta base; codifica, materiale, processi, made o buy, quantità.

Codifica	Materiale	Processi	M/B	Qta'
			M	1
			M	1
	Neoprene	Taglio - cucitura	M	1
	PE		B	1
	Maglia PA	Taglio - cucitura	M	1
	Maglia PA	Taglio - cucitura	M	1
	Maglia PA	Taglio - cucitura	M	1
	Maglia PA	Ricamo - taglio - cucitura - serigrafia	M	1
			M	1
			M	1
			M	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
			B	1
306/316/356			B	1
	PCB		B	1
LTST-C930TGKT		Saldatura	B	1
FSMCT		Saldatura	B	1
			A	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
	Fe 510B UNI EN 10025	Punzonatura - imbutitura - tranciatura	M	1
			M	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
	Fe 510B UNI EN 10025	Punzonatura - tranciatura - piegatura	M	1
SSA			B	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
UNI EN ISO 7049 M2,5 x 3			B	3
			M	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
	PCB		B	1
	PE	Stampaggio ad iniezione	M	1
	EVA	tranciatura	M	1
UNI EN ISO 7049 M2,5 x 2			B	2

Tabella 5.2: Distinta base; codifica, materiale, processi, made o buy, quantità.

Codifica	Materiale	Processi	M/B	Qta'
			M	1
			M	1
	Neoprene	Taglio - cucitura	M	1
	PE		B	1
	Maglia PA	Taglio - cucitura	M	1
	Maglia PA	Taglio - cucitura	M	1
	Maglia PA	Taglio - cucitura	M	1
	Maglia PA	Ricamo - taglio - cucitura - serigrafia	M	1
			M	1
			M	1
			M	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
			B	1
306/316/356			B	1
	PCB		B	1
LTST-C930TGKT		Saldatura	B	1
FSMCT		Saldatura	B	1
			A	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
	Fe 510B UNI EN 10025	Punzonatura - imbutitura - tranciatura	M	1
			M	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
	Fe 510B UNI EN 10025	Punzonatura - tranciatura - piegatura	M	1
SSA			B	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
UNI EN ISO 7049 M2,5 x 3			B	3
			M	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
	ABS	Stampaggio ad iniezione	M	1
	PCB		B	1
	PE	Stampaggio ad iniezione	M	1
	EVA	tranciatura	M	1
UNI EN ISO 7049 M2,5 x 2			B	2

Capitolo 6

Risultati

6.1 Conclusione

Il prodotto svolto in questa tesi è un dispositivo d'interazione che riconosce i gesti tramite sensori di Elettromiografia di superficie. Questo sistema è stato sviluppato nel dipartimento INDACO dell'Istituto Politecnico di Milano, e presentato come tema di tesi di dottorato per l'Ingegnere dell'Informatica Paolo Belluco. Il dispositivo creato utilizza questo sistema in un prodotto indossabile seguendo tutti i suoi parametri di progettazione per il suo giusto funzionamento, propendo un'interazione più dinamica e intuitiva, basato sulla gestualità.

Uno degli obiettivi principali di questo progetto è stato quello di sviluppare un metodo per l'integrazione dei sensori sEMG in una struttura tessile. Questa integrazione include gli elettrodi che rilevano il segnale dei muscoli, i cavi che collegano gli elettrodi al sensore sulla scheda PCB, il sistema di blocco degli elettrodi sull'area del muscolo e il collegamento tra tessuto e scheda.

I problemi d'inserzione dei cavi sono stati risolti utilizzando fibre conduttive a base d'argento combinate in una maglia tubolare con la tecnica di Intarsio Placcato, con dispositivi Jacquard d'alimentazione di fili per la formazione di disegni, gli elettrodi invece sono ricamati alla maglia con fili conduttivi che hanno fibre della stessa natura. Per garantire che gli elettrodi non si spostino è stata impiegata una stampa aderente su determinate aree e il collegamento tra maglia e scheda attraverso un sistema di pressione.

Il sistema di riconoscimento dei segnali biometrici permette che il dispositivo sia usato per interagire con sistemi e computer via wireless, e prevede tre diversi tipi d'input che sono; posizione spaziale della mano, comandi d'azione basato a gesti e riconoscimento di forza e pressione dei muscoli.

Il dispositivo si divide in due parti: una in tessuto con i cavi e elettrodi integrati alla sua struttura per rendere più conforto e leggerezza quando indossato, e l'altra rigida, che viene intascata nella prima e che contiene tutti i componenti elettrici necessari.

Il risultato è un prodotto che segue i parametri di progettazione dati e che può essere totalmente industrializzabile. Il prodotto segue le regole di progettazione versate al Biodesign e Design per l'Interazione, inoltre soddisfa tutte i parametri per prodotti indossabile dati dall'ente ICES.

6.2 Sviluppi Futuri

Il sistema sviluppato rende possibile l'integrazione di sensori bioelettrici a strutture tessili di forma pratica e sottile e diversamente dei sistemi simili esistenti, può essere totalmente industrializzabile. L'impiego delle tecniche di produzione con le macchine di maglie circolari semplifica molto la configurazione del sistema dovuto alla sua versatilità.

Cercando nuove prospettive di mercato per l'utilizzo del rilevamento dei segnali biometrici di forma non ostruziva proponiamo due concept per l'utilizzo di questo sistema.

La prima suggestione è la creazione di tutte sportive che possono essere utilizzate in prove di ciclismo e corse per misurare gli aspetti elettro fisiologici degli atleti durante le prove. I dati rilevati potrebbero fornire un feedback delle prestazioni atletiche come fatica e impegno muscolare, questi dati potrebbero essere utilizzati come un ausilio a un'eventuale autoanalisi dell'atleta affinché questo possa capire quali accorgimenti prendere in considerazione per avere una miglior prestazione in successive prove.

L'altra suggestione è per il campo Medico e prevede l'utilizzo del sistema per un monitoraggio a distanza, dove il dispositivo potrebbe inviare i segnali rivelati di un paziente che potrebbe essere a casa sua, a un centralino di controllo che avvisa quando ci sia qualche problema. In questo caso il conforto del dispositivo è un gran vantaggio perché il paziente deve indossarlo sempre.

Allegatti

Componenti Commerciali - Card Edge Connector

EDAC

SERIES 306/316/356

CONNECTOR MOUNTING PATTERN

RECOMMENDED DAUGHTER BOARD

NUMBER OF CONTACTS	"A"		"B"		"C"		"D"		"E"	
	Inch	(mm)	Inch	(mm)	Inch	(mm)	306,356 Inch	316 (mm)	Inch	(mm)
Single										
6	1.642	(41.75)	1.532	(38.91)	1.286	(32.65)	1.100	(27.94)	1.000	(25.40)
8	2.154	(54.71)	1.844	(46.84)	1.588	(40.37)	1.412	(35.85)	1.302	(33.08)
10	2.666	(67.81)	2.156	(54.76)	1.870	(47.50)	1.704	(43.29)	1.604	(40.74)
12	2.778	(70.59)	2.468	(62.69)	2.182	(55.42)	2.020	(51.71)	2.015	(51.21)
14	3.290	(83.69)	2.980	(75.57)	2.690	(68.37)	2.504	(63.65)	2.494	(62.92)
18	3.714	(94.31)	3.434	(86.46)	3.118	(79.20)	2.922	(74.48)	2.862	(72.76)
22	4.338	(110.19)	4.028	(102.31)	3.742	(95.05)	3.506	(89.24)	3.376	(85.71)
26	4.850	(123.07)	4.498	(114.20)	4.210	(106.93)	4.064	(103.25)	4.044	(102.72)
30	5.274	(133.96)	4.964	(125.04)	4.676	(118.83)	4.520	(114.81)	4.512	(114.50)
36	5.598	(142.08)	5.276	(134.01)	4.990	(126.73)	4.844	(123.04)	4.824	(122.52)
38	6.022	(152.96)	5.712	(145.78)	5.426	(138.25)	5.280	(134.01)	5.260	(133.98)
40	7.146	(181.51)	6.606	(167.83)	6.050	(153.67)	6.404	(162.68)	6.384	(162.15)
42	7.214	(183.40)	7.304	(185.52)	7.018	(177.25)	6.872	(174.55)	6.852	(174.04)

Dimensions of Other Connector Sizes are Listed

Phone: (416) - 754 - 3322

Fax: (416) - 754 - 3299

Email: CustomerService@edac.net

Website: www.edac.net

Componenti Commerciali - **Tasto (ON/OFF)**



Switches

Tactile Switches



FSM 3.5 x 6 Series

■ Small PCB footprint



FSMCT Series

■ Low profile



FSM 6 x 6 Series

■ Different actuator and mounting versions



Tactiles	FSM 3.5 x 6 Series	FSMCT Series	FSM 6 x 6 Series
Style	3.5 x 6	5 x 5	6 x 6
Mounting style	THT, SMT	SMT	THT, SMT
Right angle versions	No	No	Yes
Low profile versions	No	No	Yes
Flush actuator version	Yes	No	Yes
Different actuator styles	Yes	No	Yes
ESD grounding term./locating post	No / No	No / No	Optional / No
Sealed versions	Yes	No	Yes
Standard actuation force	1.3, 1.6 N	1.6, 2.6 N	1.6, 2.6 N
Electrical endurance	up to 40,000 ops.	up to 1,000,000 ops.	up to 2,000,000 ops.
Operating temperature range	-40...85°C	-20...85°C	-20...85°C
Dimensions horizontal ver. (LxWxH)	3.5 x 6 x 4.3...5 mm	5.2 x 5.2 x 1.5 mm	6 x 6 x 4.3...17 mm
Dimensions sealed ver. (LxWxH)	4.7 x 6.8 x 4.3...5 mm	-	7.6 x 7.6 x 3.3...5 mm
Packaging	Tape and Reel, Bulk	Tape and Reel	Tape and Reel, Bulk

Componenti Commerciali - **Slider (HOLD)**



Switches

Slide Switches



MHS Series

- Low profile
- Instrumentation grade



SSJ Series

- Micro size
- Instrumentation grade



SSA Series

- Micro size
- Instrumentation grade




Slide switch	MHS Series	SSJ Series	SSA Series
Number of poles	up to 2	1	up to 2
Number of throws	up to 3	3	2
Contact timing	Make before Break	Make before Break	Make before Break
Right angle versions	Yes	Yes	Yes
Mounting style	THT	THT	THT
Actuator style	Standard and Baton	Standard	Standard
Flush actuator version	No	No	No
Tape seal	No	No	No
Contact rating	Gold: 0.4 VA @ 20 Vdc Silver: 300 mA @ 125 Vac	100 mA @ 12 Vdc	Gold: 0.4 VA @ 20 Vdc Silver: 100 mA @ 30 Vac
Electrical endurance	up to 15,000 ops.	up to 10,000 ops.	up to 10,000 ops.
Operating temperature range	-20...+100°C	-10...+60°C	-20...+80°C
Dimensions (LxWxH)	16.0 x 6.7 x 7.5 mm	10.2...15.8 x 4 x 5.5 mm	9.0...15.0 x 3.4...5.6 x 4.8 mm
Packaging	Tray	Tray	Bulk

Componenti Commerciali - Spia LED

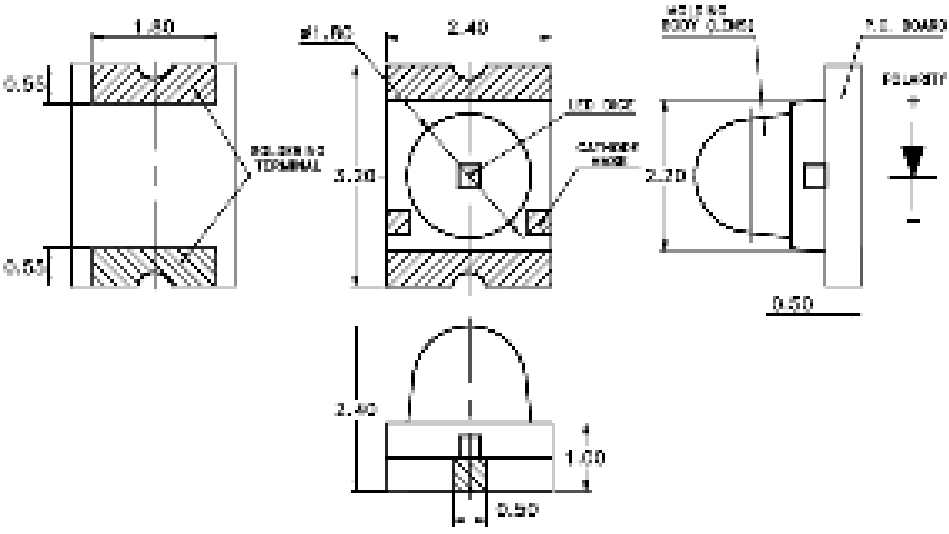
LITEON LITE ON TECHNOLOGY CORPORATION
Property of Lite On Only

Features:

- Meets RoHS Green Product
- Glass lens Chip 143
- Package is flip top on 17 diameter wets
- 14A SMD package
- ESD compatible
- Compatible with automatic placement equipment
- Compatible with infrared and vapor phase reflow solder process



Package Dimensions:



Part no	Lens	Source Color
L151LW100K11	Water Clear	Infrared Green

Notes:

1. All dimensions are in millimeters (inches).
2. Tolerance is ± 0.10 mm (.004") unless otherwise noted.

Bibliografia

- [1] Marita Canina – Indossame, Il design e le tecnologie indossabili – Milano 2010.
- [2] Sarah E. Braddock ,Clarke Marie O'Mahony – Techno Textiles 2, Revolutionary fabrics for fashion and design, London2005.
- [3] Burkhard Wulforth – Processi di lavorazioni dei prodotti tessili – Milano 2001.
- [4] M. Bona, F.A. Isnardi, S.L. Straneo – Manuale di tecnologia tessile – Roma 1981 .
- [5] Dan Saffer – Design for iteration – Berkley 2008.
- [6] Michael Aaller, Mark Biffingurst, Bruce Thomas – Emergen technologies of augmented reality – London 2007.
- [7] Massimo A. Bonfantini, Isabella Brugo, Emilio Renzi, Salvatore Zingale – Oggetti Novecento – Bergamo 2001.
- [8] Richard Harper, Tom Rodden, Yvonne Rogers and Abigail Sellen – Being Human, human-computer interaction in the year 2020 – 2008 Microsoft Corporation.

Documenti

- [9] P. Belluco – sEMG wearable system for Human-Computer Interaction – Milano 2010.
- [10] ConText Newsletter 2 – Contactless sensors for body monitoring incorporated in textiles – Context Consortium 2007.
- [11] ConText Newsletter 3 – Contactless sensors for body monitoring incorporated in textiles – Context Consortium 2008.
- [12] Marita Canina, Venere Ferraro – Biodesign and human body: a new approach in wearable devices.
- [13] Prof. Dava J. Newman – Astronaut Bio-Suit System for Exploration Class Missions – U.S. 2004.
- [14] Prof. Dava J. Newman – Astronaut Bio-Suit System for Exploration Class Missions – U.S. 2005.

[15] The Role of Design in Wearable Computing – Workshop held in conjunction with ISWC 2007 - Boston, Massachusetts.

[16] Francine Gemperle, Chris Kasabach, John Stivoric, Malcolm Bauer, Richard Martin – ICES (Institute for Complex Engineered Systems) – Carnegie Mellon University, Pittsburgh.

[17] H. Suhr and C. Oehr – Silver films prepared by PECVD from an organometallic precursor .

[18] Pietro Favia – Surface Modification Of Materials In Low Temperature Plasmas.

[19] Plasma Processes For Biomedical Applications – Pietro Favia.

[20] Peter Konrad – The ABC of EMG, A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography – 2005.

[21] Carlo J. De Luca – Imaging the Behavior of Motor Units by Decomposition of the EMG Signal – Delsys Inc. ,Boston.

[22] Carlo J. De Luca – A Practicum on the Use of sEMG Signals in Movement Sciences – Delsys Inc. , Boston.

[23] Jonghwa Kim, Stephan Mastnik, Elisabeth André – EMG-based Hand Gesture Recognition for Realtime Biosignal Interfacing – Lehrstuhl für Multimedia Konzepte und ihre Anwendungen Eichleitnerstr – Augsburg.

[24] James Hollan, Edwin Hutchins, David Kirh – Distributed cognition: toward a new foundation for Human-Computer Interaction research.

[25] Alessandro Tognetti, Danilo De Rossi – Sistemi indossabili basati sull'uso di tessuti elettronici - Università di Pisa, Centro Interdipartimentale di Ricerca "E.Piaggio", 2005

Sitografia

[26] www.novonic.com

[27] www.statex.biz

[28] www.kolzer.com

[29] www.polymer-surface.com/plasma

[30] www.empa.ch

[31] www.wikipedia.com

[32] www.delsys.com

[33] www.theperegrine.com

[34] www.pranavmistry.com