

# Chapter 1

## Abstract - Italiano

Viene presentato un protocollo di Medium Access Control (MAC) a Time Division Multiple Access (TDMA) deterministico per Wireless Sensor Networks (WSN). Le sue caratteristiche sono: la minimizzazione della latenza, la possibilità di riservare un data rate minimo garantito per ogni comunicazione e il supporto di reti multi-hop. Vari protocolli multi-hop sono stati proposti durante gli anni, i quali implementano diversi paradigmi e hanno varie caratteristiche. Nessuno garantisce data rate o latenze tali da poterli considerare realmente deterministici, entrambi requisiti necessari per utilizzare il protocollo in sistemi real-time. Durante gli anni è stato ideato il protocollo Glossy, il quale realizza un'efficace primitiva di flooding. Esso è alle fondamenta di FLOPSYNC-2, il quale ottiene sincronizzazioni temporali inferiori al  $\mu s$  con consumi inferiori al  $\mu A$ . Questo concetto è stato sfruttato per ottenere un protocollo MAC deterministico per WSN il cui obiettivo principale è garantire latenza e un data rate minimo. Dato che FLOPSYNC-2 fornisce una primitiva di sincronizzazione nota per essere efficiente, esso viene usato per allineare i tempi nella rete, in una fase chiamata synchronization downlink. Il protocollo dispone anche di una fase di uplink il cui scopo è raccogliere informazioni sulla topologia di rete e sulle richieste di allocazione del canale (stream), i quali sono trasmessi fino al master un nodo alla volta. Successivamente, in maniera centralizzata, viene calcolata una schedule, che viene poi distribuita usando una fase di downlink. Infine, la fase di trasmissione dati viene eseguita secondo la schedule distribuita, facendo comu-

nicare i nodi deterministicamente. Partendo da riferimenti storici, questa tesi analizza i protocolli attualmente disponibili per le WSN. Poi il problema viene presentato nei suoi dettagli. Segue il design e relativa descrizione del protocollo. Viene poi realizzato un modello software del protocollo, illustrandolo nelle sue parti. Infine vengono presentate e analizzate delle simulazioni per effettuare una verifica dei concetti.

## Chapter 2

# Abstract - English

A deterministic Time Division Multiple Access (TDMA) Medium Access Control (MAC) protocol for Wireless Sensor Networks (WSN) based on time synchronization is realized. Its key features are the latency minimization, the possibility to reserve a granted minimum data rate for each communication and to cope with working in multi-hop networks. Many multi-hop protocols have been proposed during the years, implementing different paradigms and having different characteristics. However, no one deals with guaranteed data rates nor latencies enough to be considered truly deterministic. Though, These are necessary requirements in order to operate in real-time systems. Anyhow, during the years, a flooding protocol, called Glossy, came up with an efficient idea to transmit in WSNs. This is used as foundation for the FLOPSYNC-2 architecture, used to achieve sub- $\mu$ s time synchronization and accuracy at a sub- $\mu$ A consumption in WSNs. Therefore this concept has been leveraged to obtain a deterministic MAC protocol for WSNs whose main target and feature is to guarantee latency and minimum data rate. Since FLOPSYNC-2 provides a synchronization primitive, known to be efficient, it has been exploited to perform network time alignment, in a phase called time synchronization downlink. The protocol uses also an uplink phase to collect network topology and nodes bandwidth allocation requests (streams), which are transmitted node by node up to the master. After that, a schedule is computed, in a centralized way. Then it is distributed using another downlink phase. Finally a data phase is executed,

according to the distributed schedule, to make nodes communicate deterministically. Starting with historical references, the thesis analyzes the currently available protocols for WSNs. Then the problem is presented in its details. The protocol design in which all its parts are described follows. Then a software model to implement such protocol is illustrated. Simulations with the aim of proving the concept are then presented and analyzed.