

Reti Wireless per Applicazioni Industriali

S. Vitturi

Consiglio Nazionale delle Ricerche

IEIIT-CNR, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione,
Università di Padova

Via Gradenigo 6/B, 35131 Padova, Italy

e-mail: vitturi@dei.unipd.it



Sommario

- ❑ Generalità sulle reti di comunicazione industriali
- ❑ Protocolli deterministici e real-time
- ❑ Uso di reti wireless in ambienti industriali
- ❑ Radio Fieldbus
- ❑ WLAN: IEEE 802.11
- ❑ WPAN:
 - IEEE 802.15.3
 - IEEE 802.15.4
 - Bluetooth
- ❑ Attività di ricerca



Giornata di studio sulle

Comunicazioni per l'Automazione

10th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems

27 giugno 2006

Centro Congressi Torino Incontra
Torino, Via Nino Costa 8



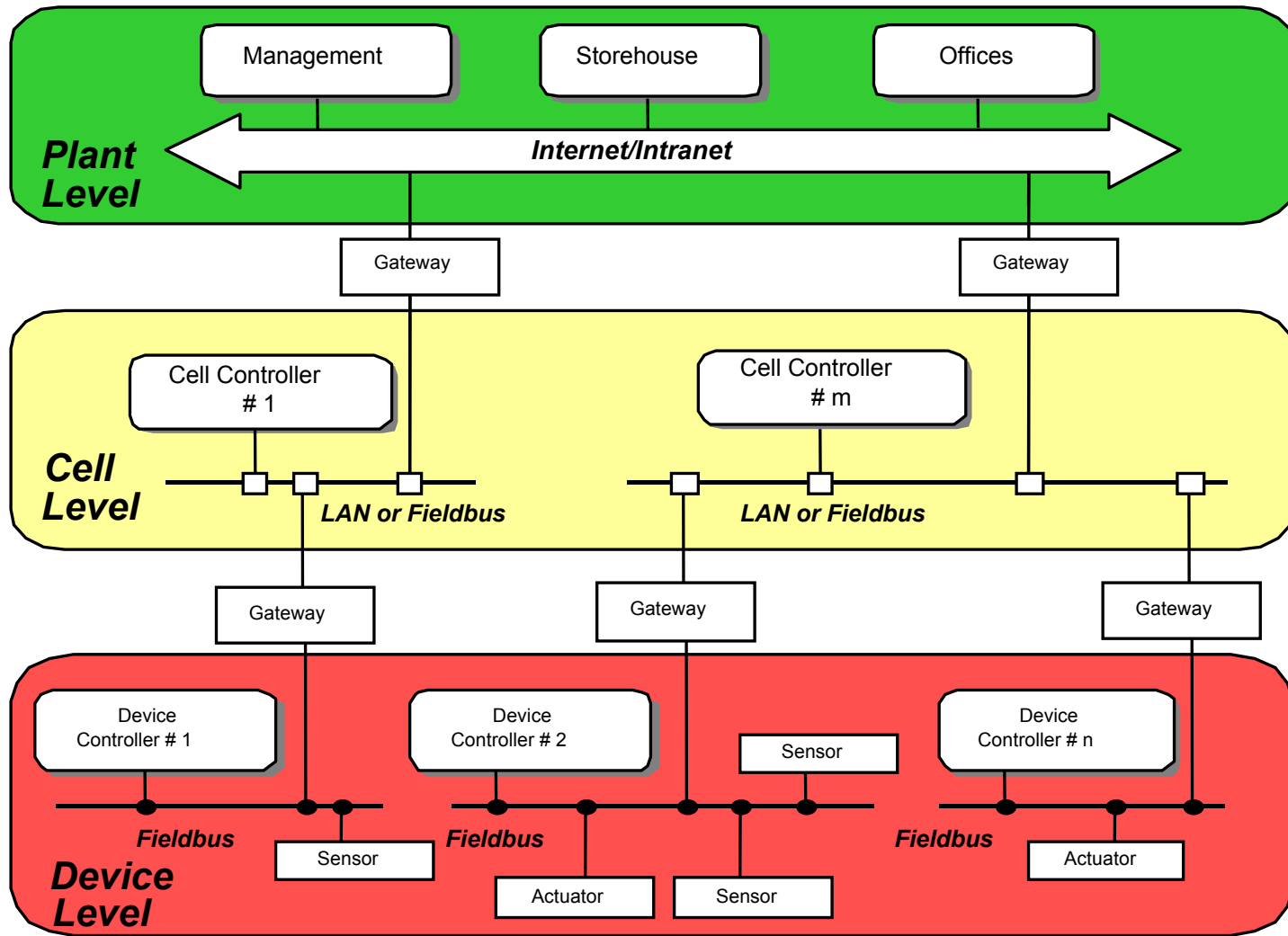
Tutte le informazioni sul sito:

<http://wfcs2006.ieiit.cnr.it/>



8:15	Registrazione dei partecipanti
9:30	Apertura dei lavori <i>A. Valenzano – IEIIT-CNR</i>
10:00	Design of modern industrial network the Current Trends <i>T. Schramm – Hirschmann (Germany)</i>
10:30	Real-time Ethernet protocol for connection of distributed IO <i>R. Ragnoli – Gefran (Italy)</i>
11:00	Coffee break
11:30	Drive control via Ethernet IP using motion and CIP sync profile extensions <i>R. Hirschinger – Rockwell Automation (USA)</i>
12:00	A Profinet IO application implemented on Wireless LAN <i>G. Santandrea – Siemens (Italy)</i>
12:30	Pranzo
14:00	Using Ethernet for real-time communication in a nuclear fusion experiment <i>G. Manduchi – Consorzio RFX (Italy)</i>
14:30	Integrating Automation – information technology vs. automation needs <i>U. Topp – ABB corporate research (Germany)</i>
15:00	Coffee break
15:30	Device Networking: Introduction, Overview, Realization and Outlook <i>H. Kreidl – Freescale (Germany)</i>
16:00	The Four “R”s of Reliability: Market and application importance of reliability and standards <i>N. Backer – Sensicast (England)</i>
16:30	Public Discussion: Future trends in factory communication systems
17:30	Fine dei lavori
19:00	Welcome Reception

Gerarchia dei Sistemi di Comunicazione Industriali

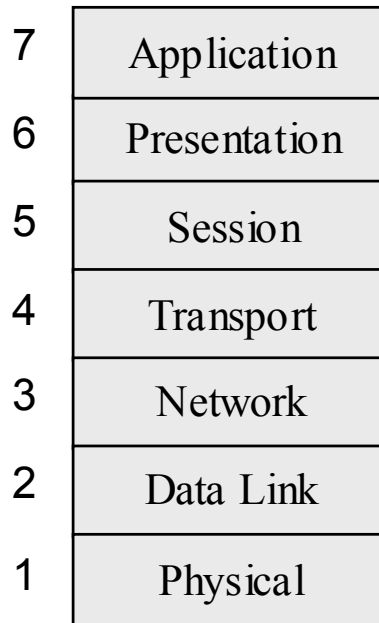


Collegamento a Livello Dispositivo

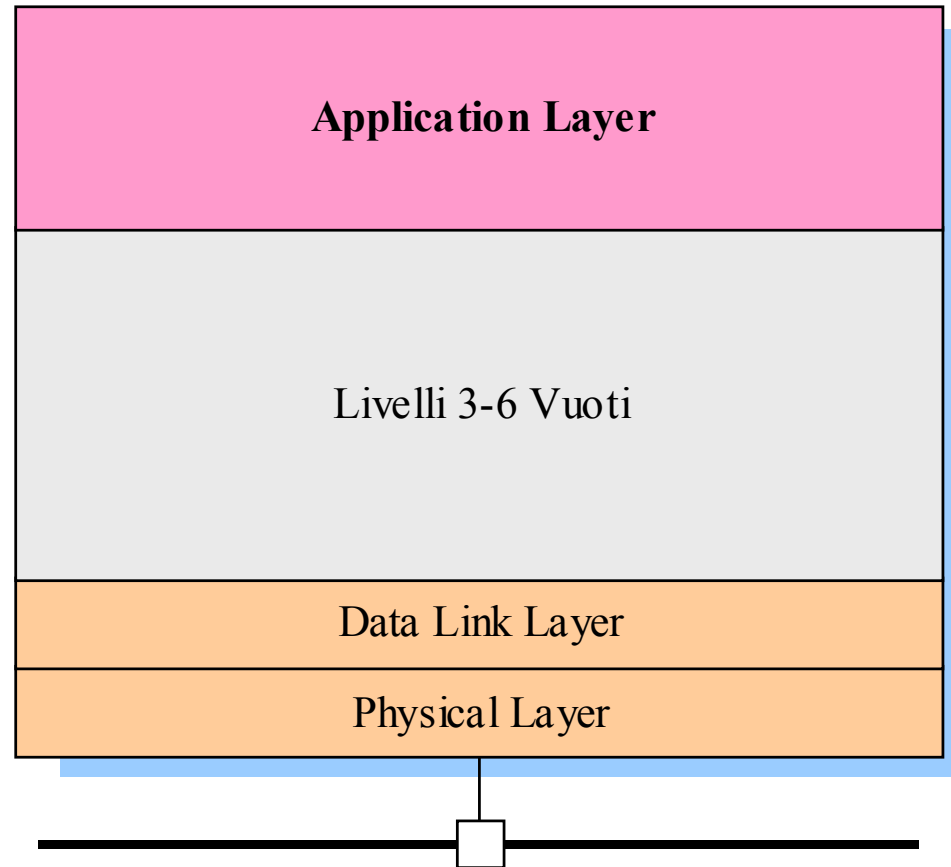
- ❑ Trasferimento di limitate quantità di dati
- ❑ Tempi di trasferimento potenzialmente critici
- ❑ Traffico periodico
 - Acquisizione/Aggiornamento ciclico di variabili anche con periodi diversi (Determinismo)
- ❑ Traffico aperiodico
 - Acquisizione di allarmi in tempi non superiori a limiti prefissati (Real-Time)
- ❑ Implementato con protocolli del livello applicazione
 - Accesso ai servizi di comunicazione di tipo:
 - master-slave
 - produttore-consumatore



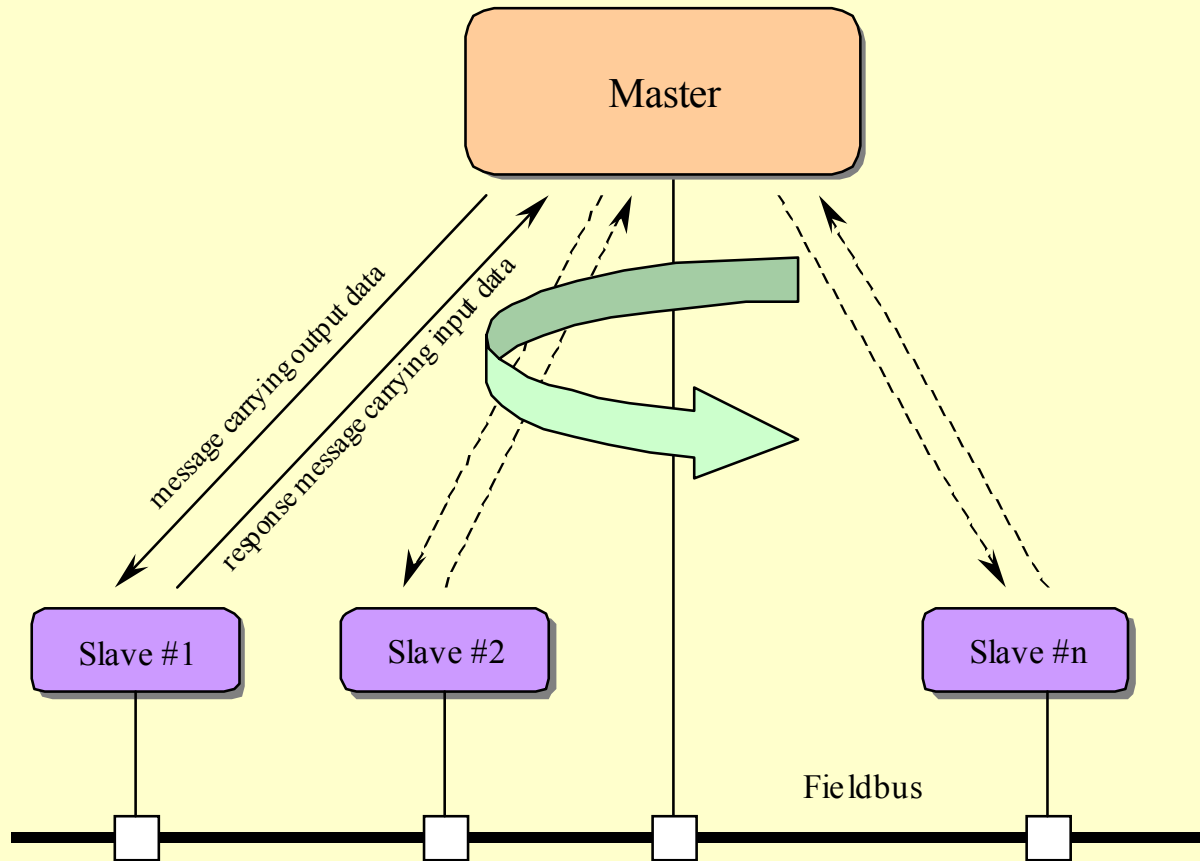
Tipico Profilo di Comunicazione



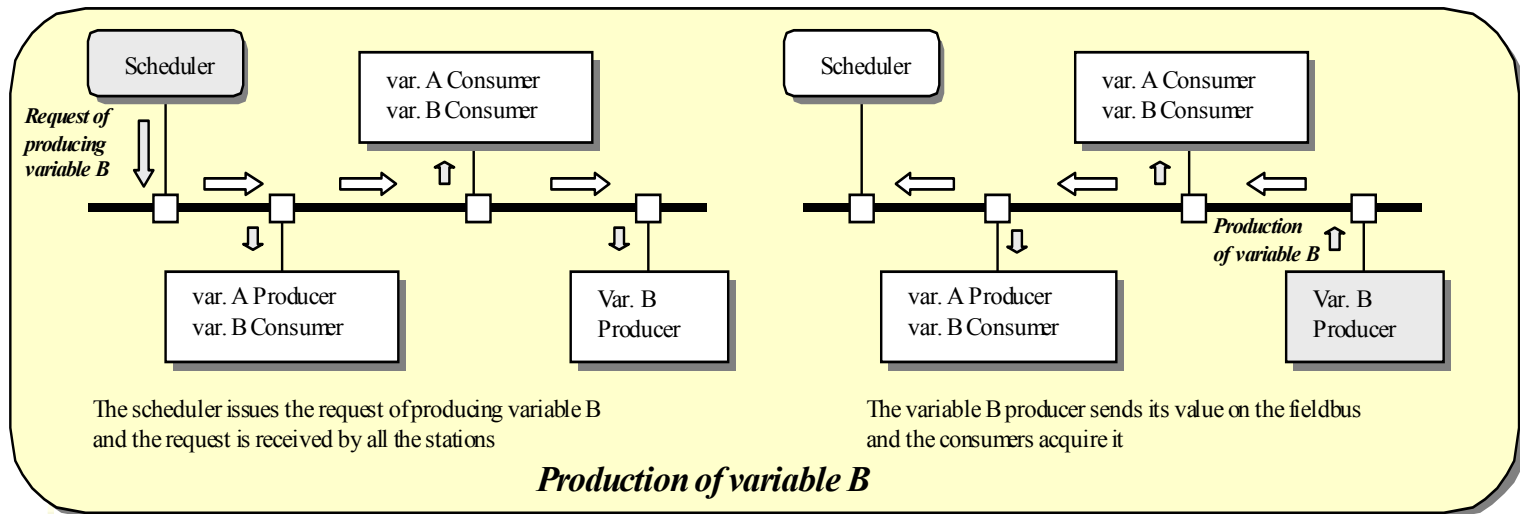
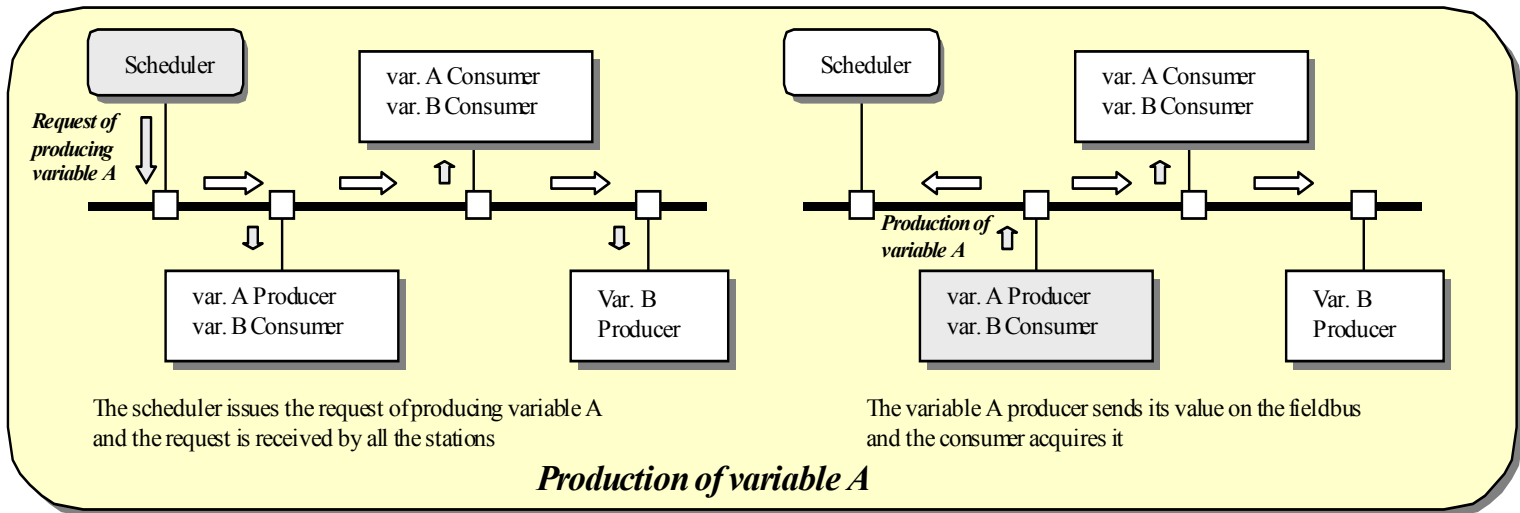
Modello ISO/OSI



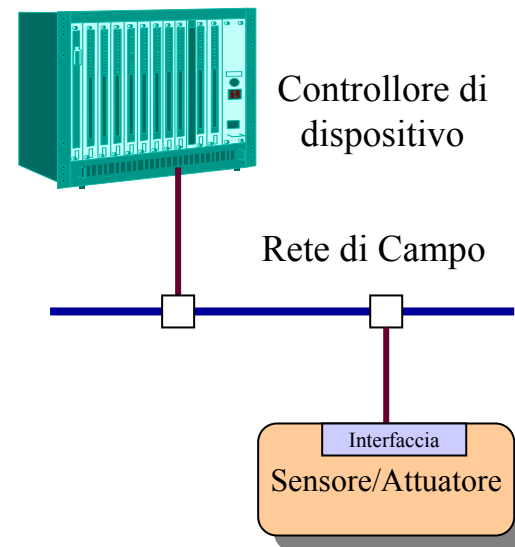
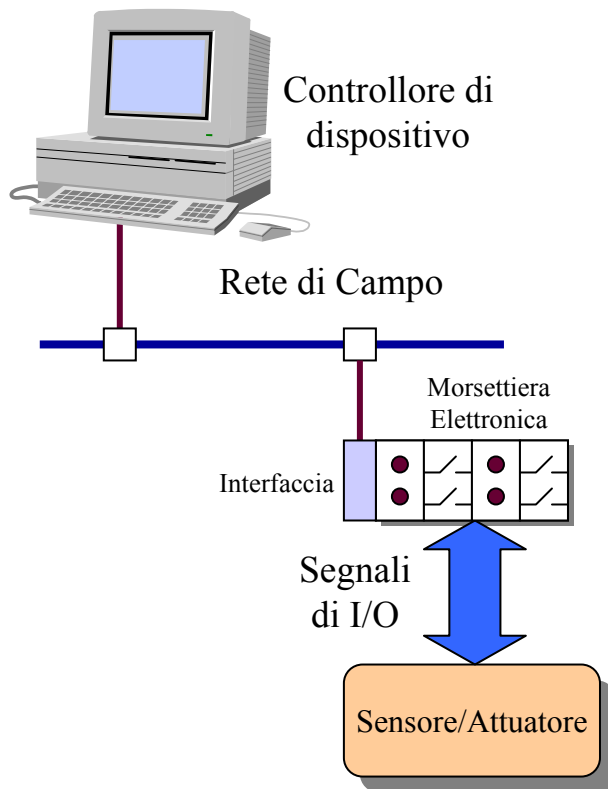
Protocollo Master-Slave



Protocollo Produttore-Consumatore



Tipi di collegamento cablato



Perché passare a collegamenti wireless

□ Necessità

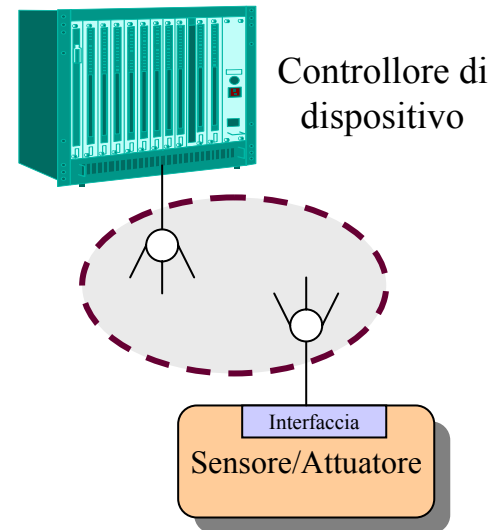
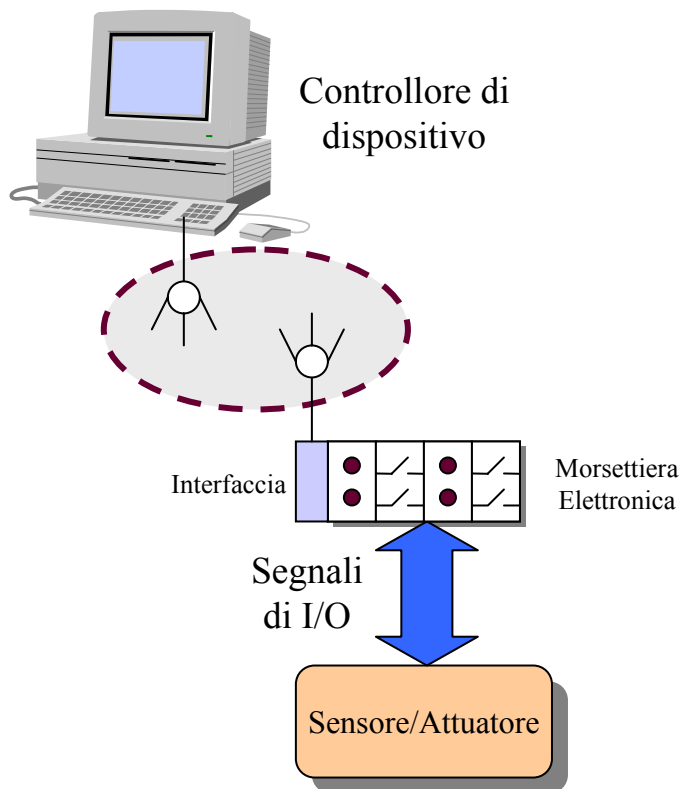
- Componenti mobili da collegare alla rete
 - Carrelli
 - Gru
 - Dispositivi di configurazione portatili
- Componenti senza contatti

□ Scelta

- Possibilità di eliminare tutti i cablaggi



Collegamenti wireless



Fonti di Disturbi

- Ambienti industriali possono essere caratterizzati da notevoli disturbi di tipo elettromagnetico
- Possibile presenza di ostacoli fisici alla propagazione dei segnali
- Interferenze tra sistemi diversi

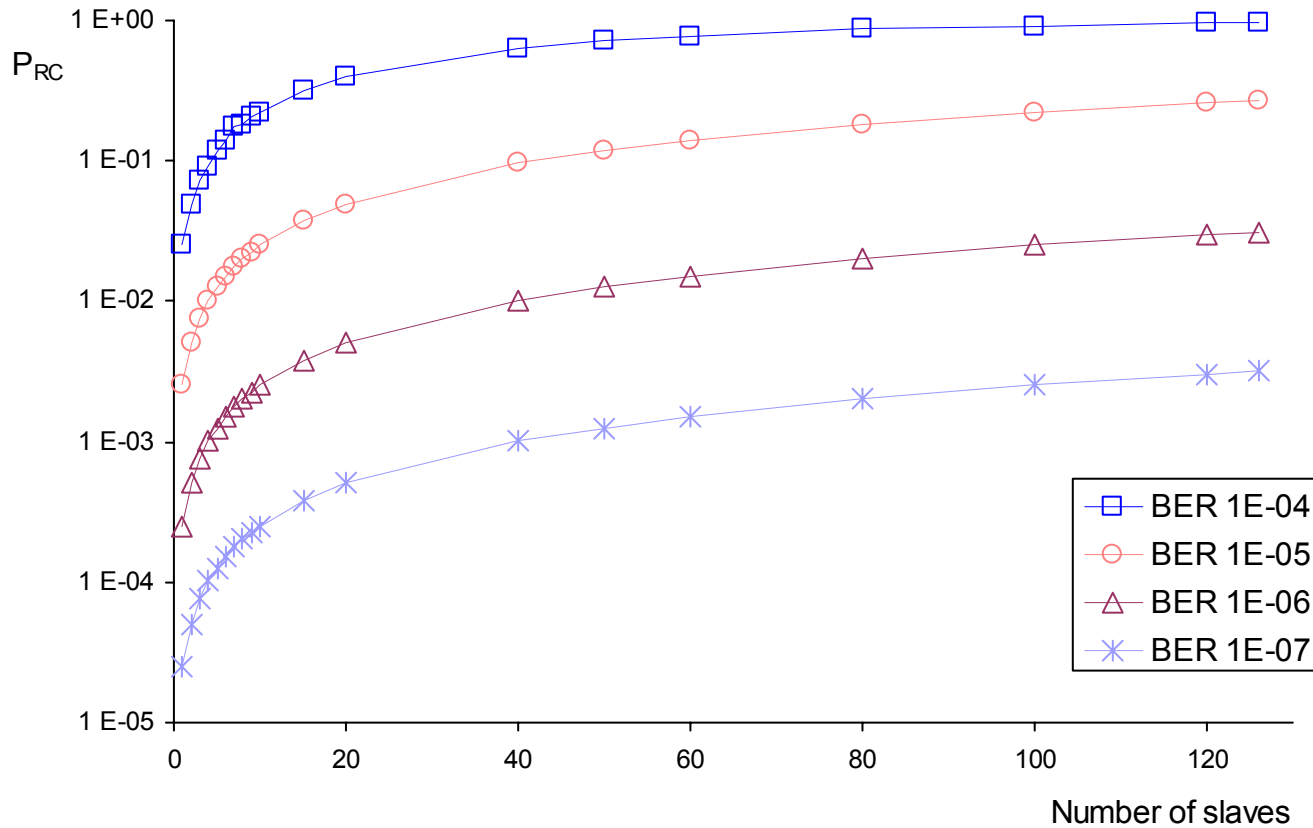


Bit Error Rate

- ❑ Sistemi di comunicazione cablati operanti in ambienti industriali possono avere BER elevati
- ❑ Il problema è ancora più evidente per sistemi wireless
- ❑ Ritrasmissioni dei messaggi
- ❑ Ripercussioni su:
 - Periodo di acquisizione/aggiornamento delle variabili cicliche (jitter)
 - Tempi di acquisizione delle variabili acicliche (latenza degli allarmi)



Profibus DP: Probabilità di re_polling vs BER



Applicazioni Industriali di Reti Wireless

- Wireless local Area Networks (WLAN)
 - IEEE 802.11 a/b/g
- Wireless Personal Area Networks (WPAN)
 - Bluetooth
 - IEEE 802.15.4
 - IEEE 802.15.3
- Wireless Sensor Networks (WSN)



RFiellbus

- High Performance Wireless Fieldbus In Industrial Related Multi-Media Environment
- Progetto sviluppato nell'ambito del V FP della Comunità Europea
- Durata 3 anni: 2000-2002



RFieldbus: Partners

SIEMENS

ifak

LPC
Lube Processing
Corporation Hellas, SA

softing



isep
instituto
superior de
engenharia de
porto

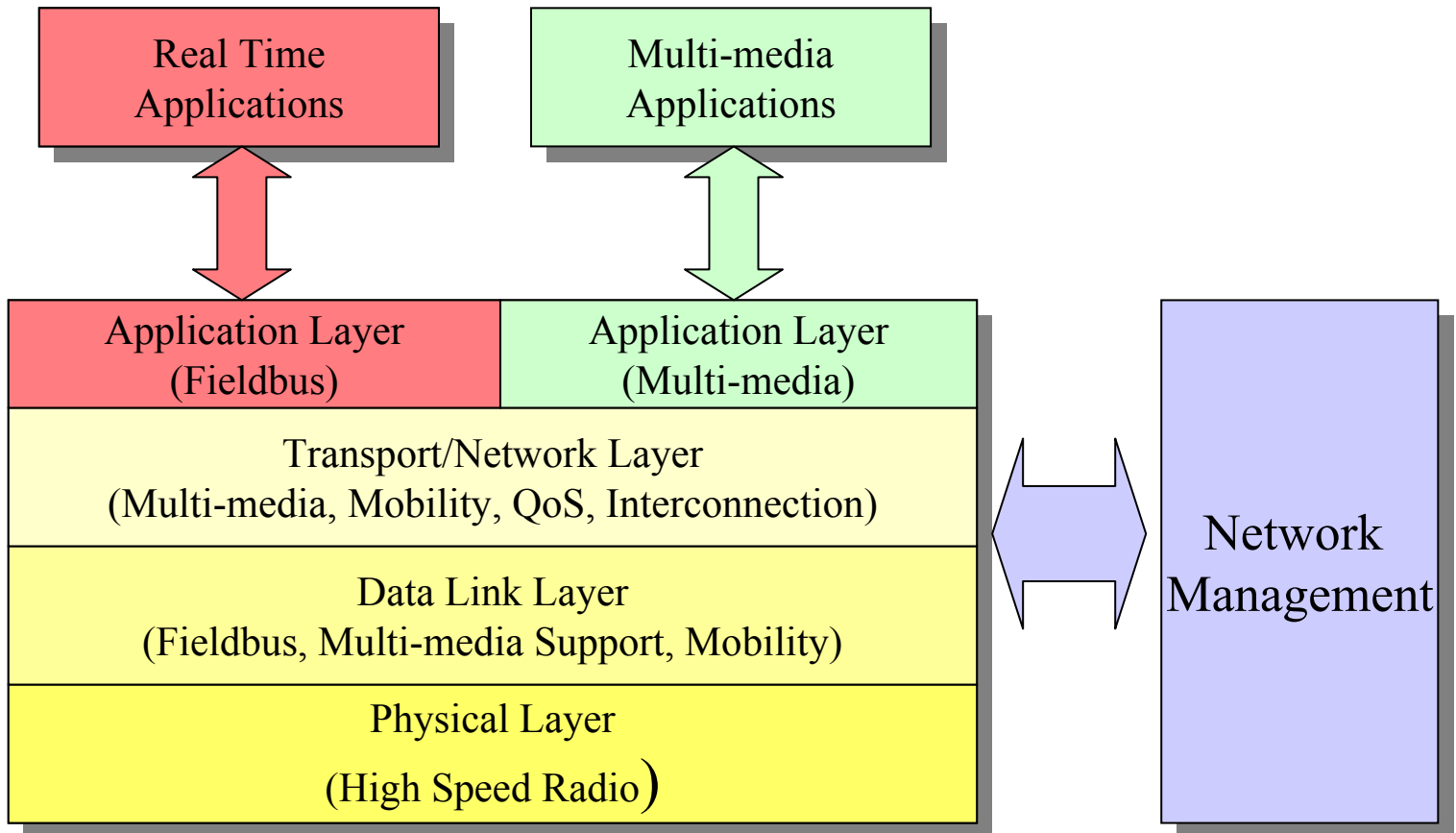


RFiieldbus: Obiettivi

- ❑ Definizione e validazione di tecnologie radio per applicazioni industriali
- ❑ Sostituzione di collegamenti cablati con collegamenti wireless di affidabilità simile
- ❑ Progetto di un sistema di comunicazione wireless completo
- ❑ Introduzione di funzionalità di tipo multi-media industriali



RFiellbus: Profilo di comunicazione



RFiieldbus: Physical Layer

- ❑ Sono stati prese in considerazione alcuni tra i più importanti standard di trasmissione radio: UMTS, DECT, IEEE 802.11, Hyperlan, Bluetooth
- ❑ E' stata valutata la reperibilità commerciale dei dispositivi ed è stato considerato il loro costo
- ❑ Sono stati eseguiti test sul campo
- ❑ Il livello fisico Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) previsto da IEEE 802.11b e dotato di anti-multipath Rake receiver si è dimostrato il più adatto



RFieldbus: Comunicazione Real Time

- Per la comunicazione real time è stato scelto il protocollo Profibus
- Uso del Data Link Layer di Profibus, anziché di quello previsto da IEEE 802.11b
- Necessità di adattare il Data Link Layer di Profibus al livello fisico

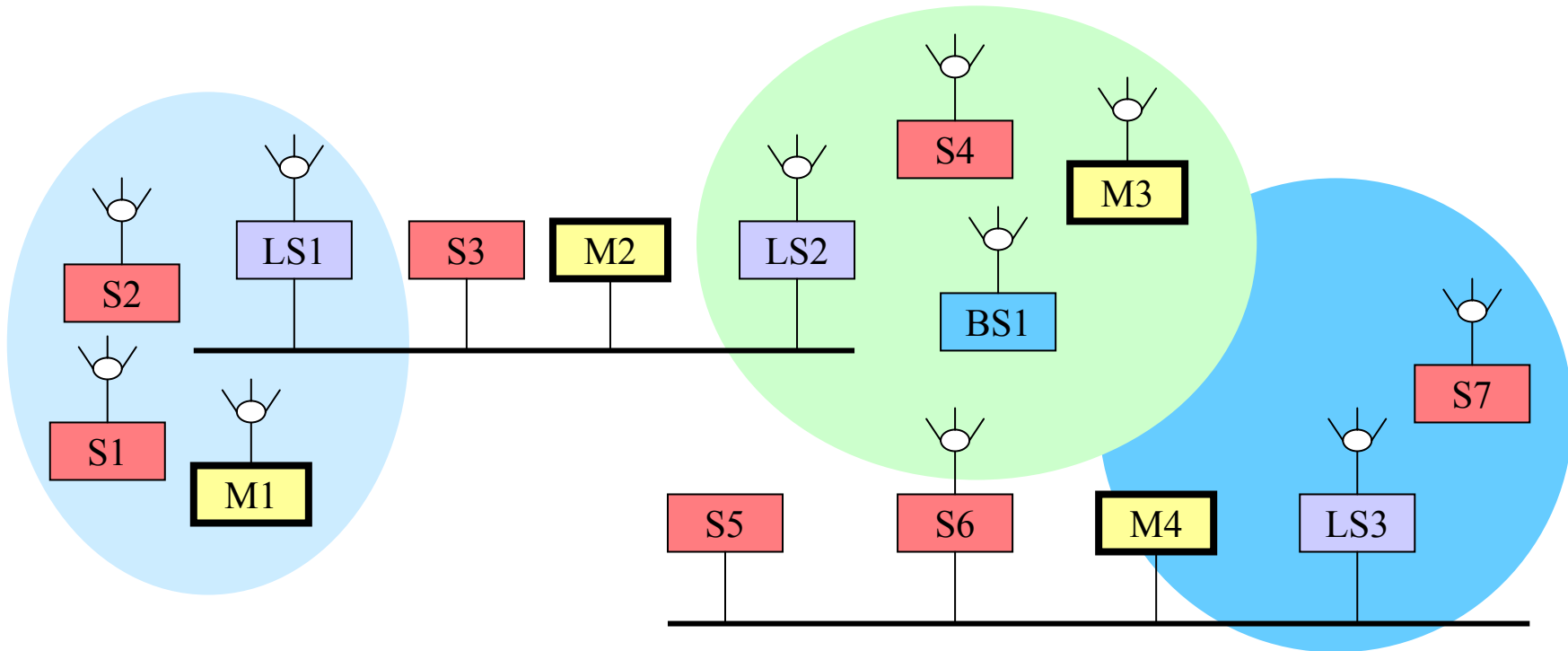


RFiellbus: Comunicazione Multi Media

- E' stato adottato lo stack TCP/IP
- Necessità di interfacciare IP verso il Data Link Layer (modulo IP Mapper, IPM)
- Necessità di distinguere i due tipi di traffico e assegnare le adeguate priorità (modulo DP/IP Dispatcher, DID)



RFieldbus: Esempio di Configurazione



IEEE 802.11: Physical Layer

- Physical layer adatto per applicazioni industriali
 - Esperienza RFieldbus
 - Numerosi altri studi studi:
 - A. Willig: “*Measurements of a Wireless Link in an Industrial Environment Using an IEEE 802.11 Compliant Physical Layer*” IEEE Transactions on Industrial Electronics vol. 49, No. 6, December 2002
 - Caratterizzazione teorica del canale trasmissivo



IEEE 802.11: Data Link Layer

- ❑ Composto da Medium Access Control e Logical Link Control
- ❑ Lo standard specifica:
 - DCF come MAC standard basato su una tecnica CSMA/CA
 - PCF come opzionale basato su una tecnica di polling
- ❑ Protocollo del livello applicazione implementato direttamente sopra al data link layer



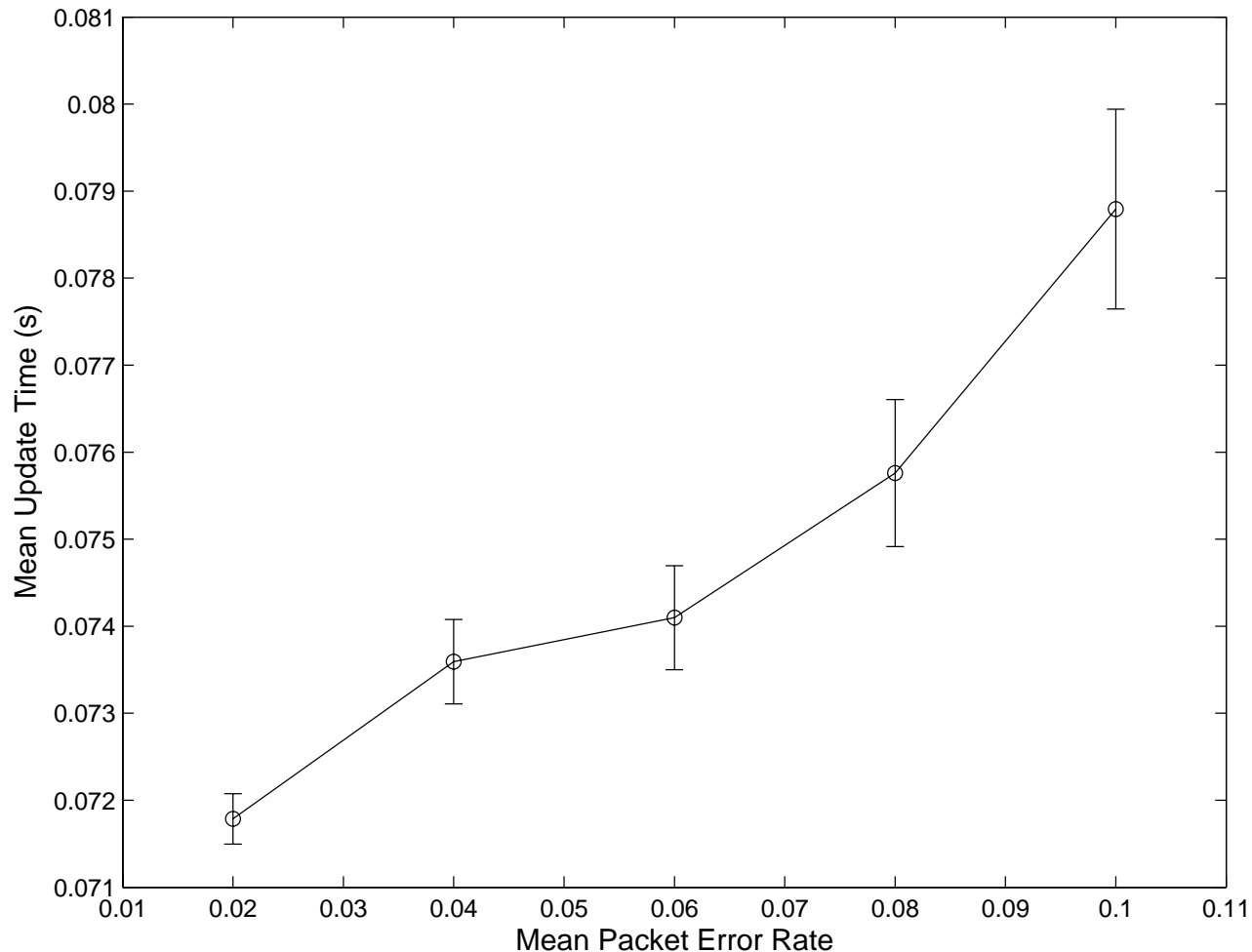
Prestazioni di protocolli del livello applicazione implementati sul data link layer di IEEE802.11

- ❑ Due prototipi di protocollo del livello applicazione implementati:
 - Produttore-Consumatore (simulazioni)
 - Master-Slave (simulazioni e misure sperimentali)
- ❑ Produttore-Consumatore:
 - Rete con 7 nodi, ognuno produce 1 variabile con periodo 10ms
 - Allarmi gestiti con tecnica “immediate”
 - Velocità di generazione media 10 allarmi/s
- ❑ Master-Slave
 - Rete con 1 master e 7 slave; Tempo di polling teorico 10 ms
 - Allarmi gestiti con 3 tecniche diverse
 - Velocità di generazione media 10 allarmi/s
- ❑ Simulazioni con canale trasmissivo a due stati (Good e Bad) di tipo Gilbert-Elliot validato per ambienti industriali



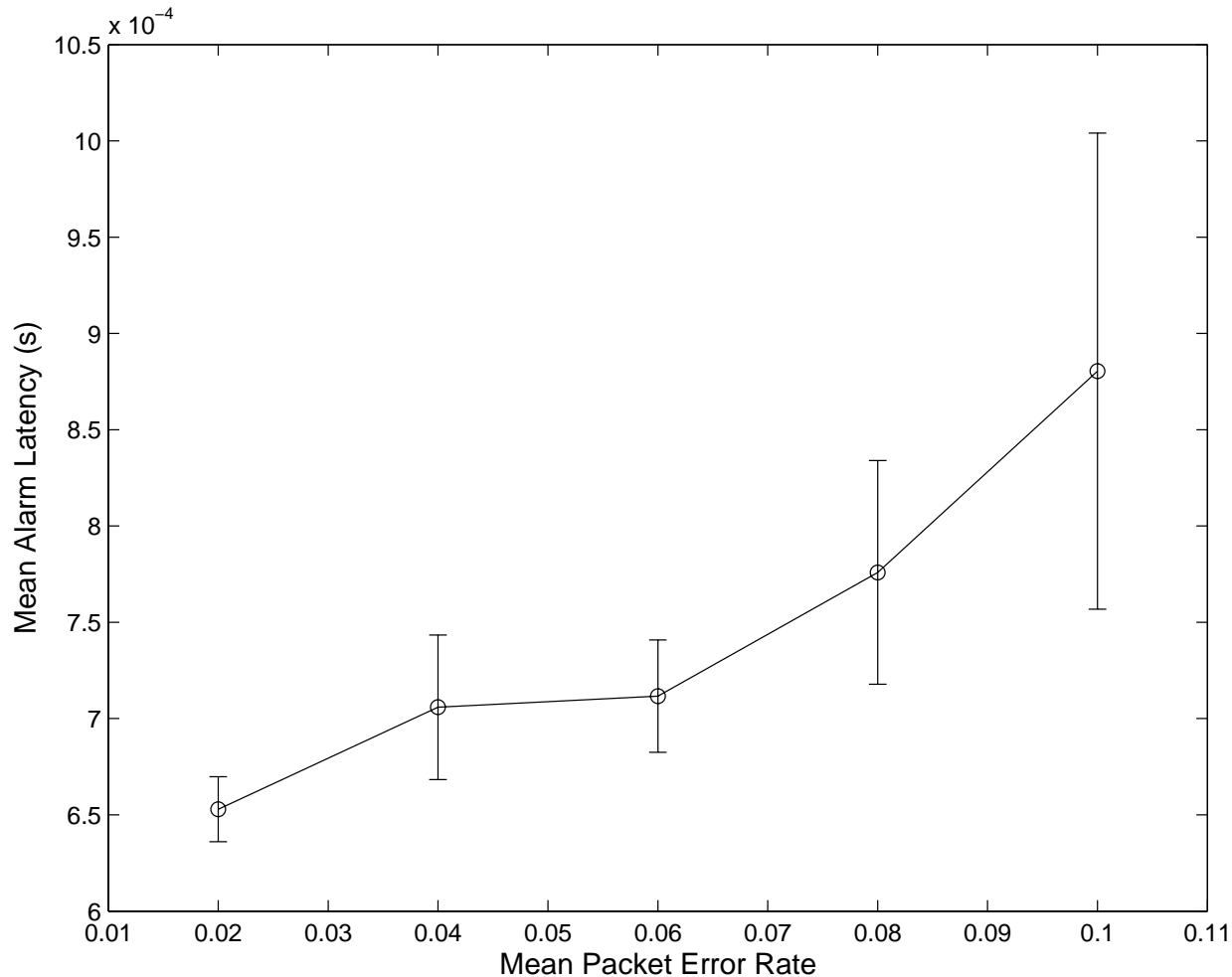
IEEE 802.11: Simulazione Produttore-Consumatore

Tempo di Aggiornamento Medio



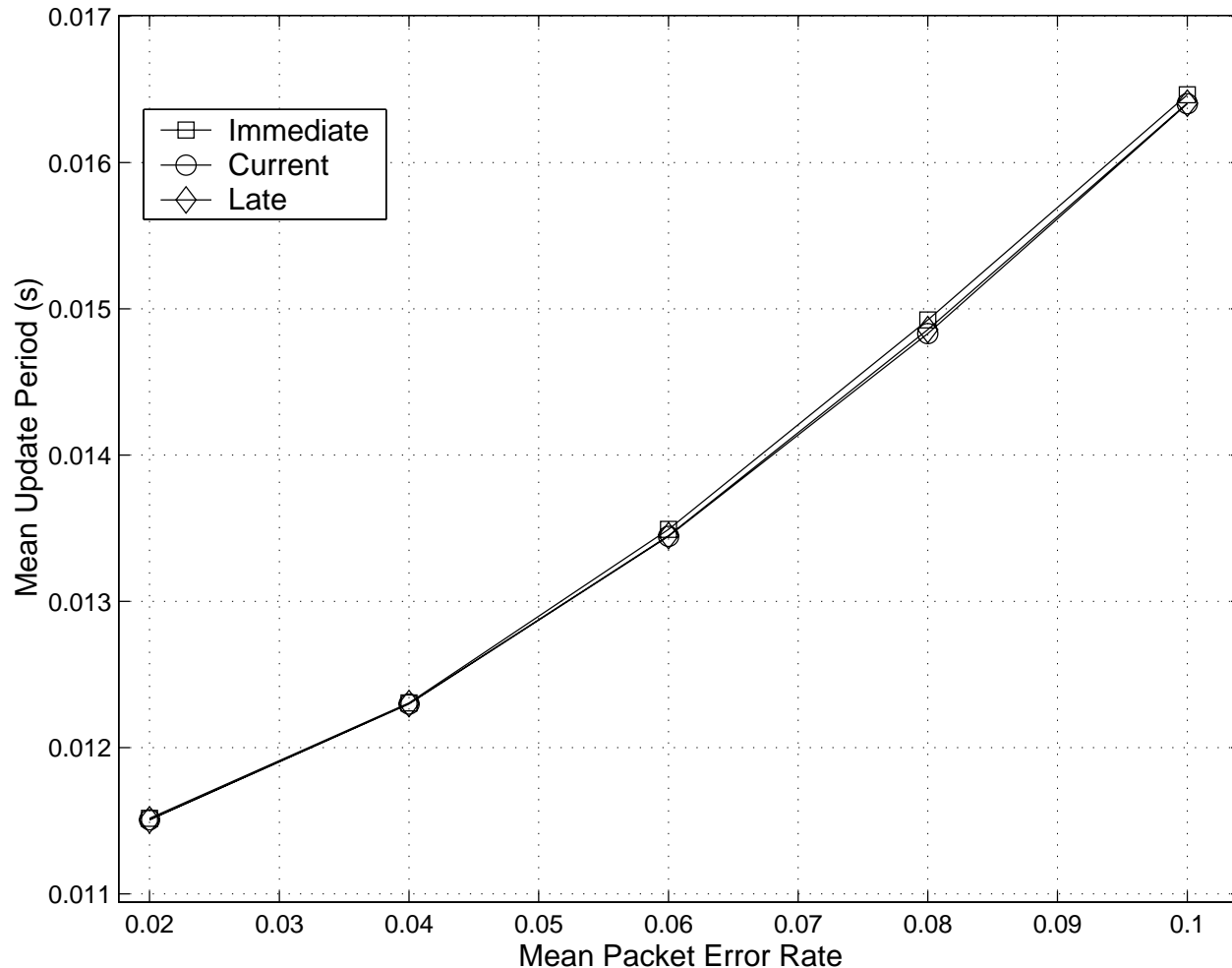
IEEE 802.11: Simulazione Produttore-Consumatore

Tempo di Latenza Medio Allarmi



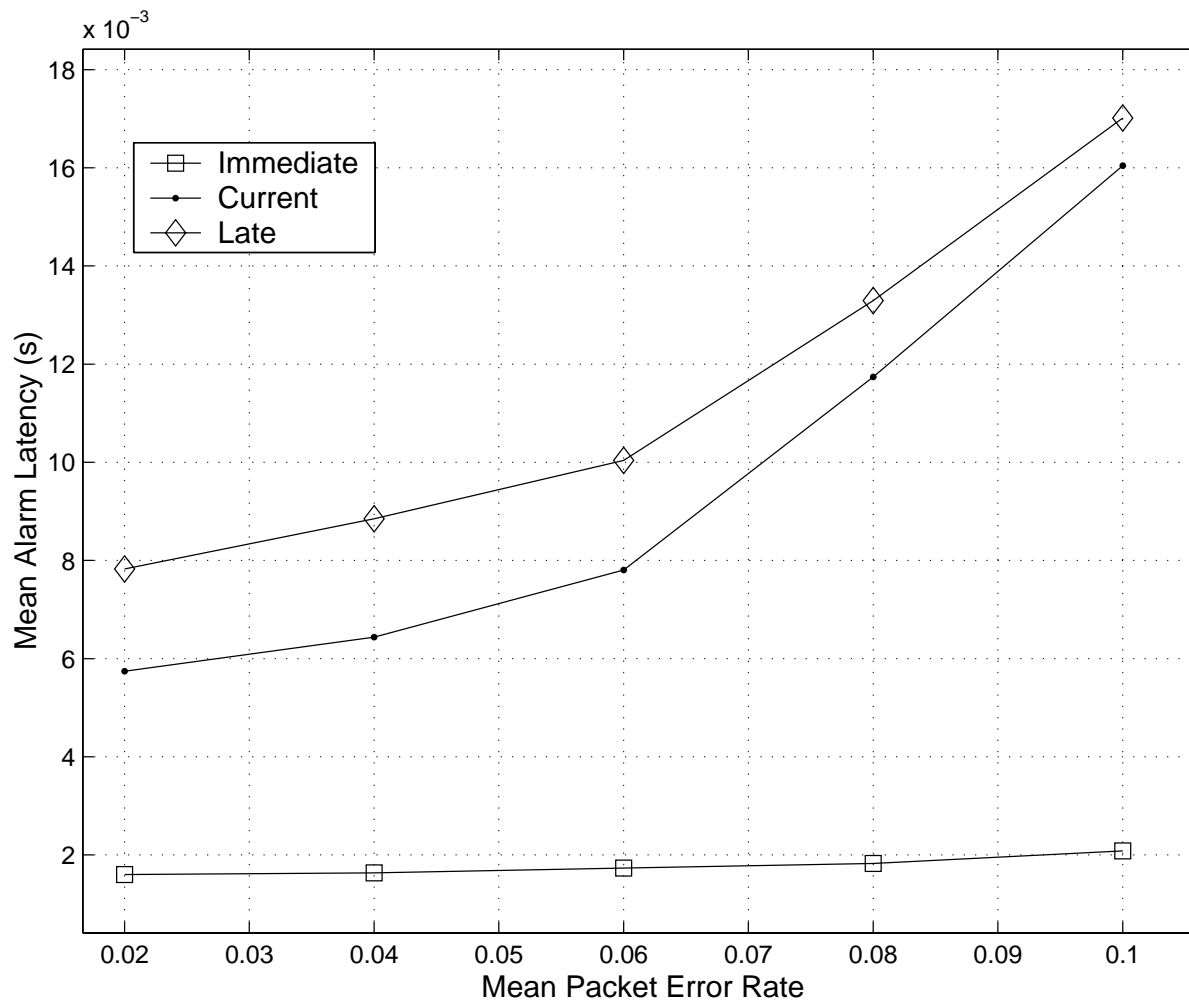
IEEE 802.11: Simulazione Master-Slave

Tempo di Ciclo Medio



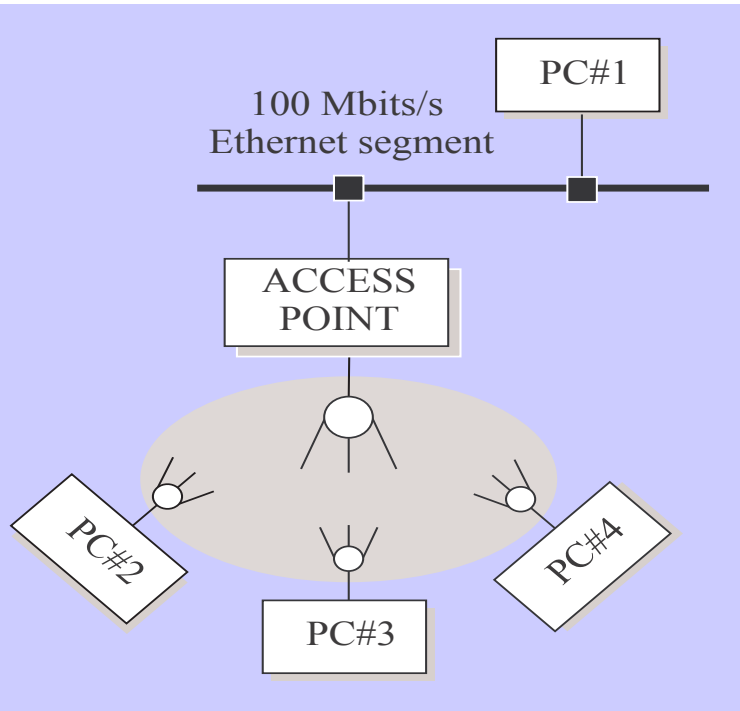
IEEE 802.11: Simulazione Master-Slave

Tempo di Latenza Medio Allarmi



IEEE 802.11: Prove Sperimentali Master-Slave

Configurazione di Misura



PC#1: Linux Server

PC#2, PC#3, PC#4:

Dell Laptop con schede IEEE802.11g

Misure realizzate presso:

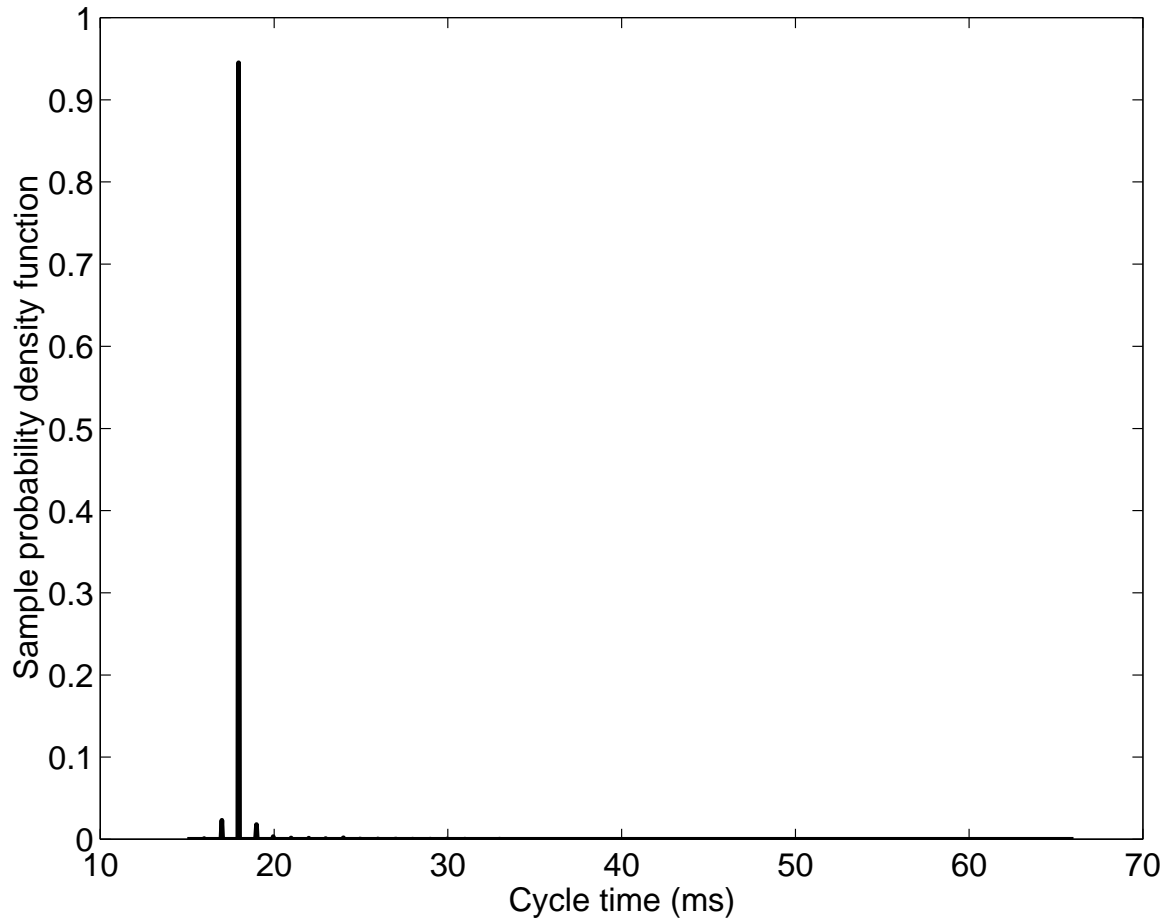
CREATE-NET, Trento

Tempo di ciclo teorico: 15 ms

Velocità media generazione allarmi: 5 alms

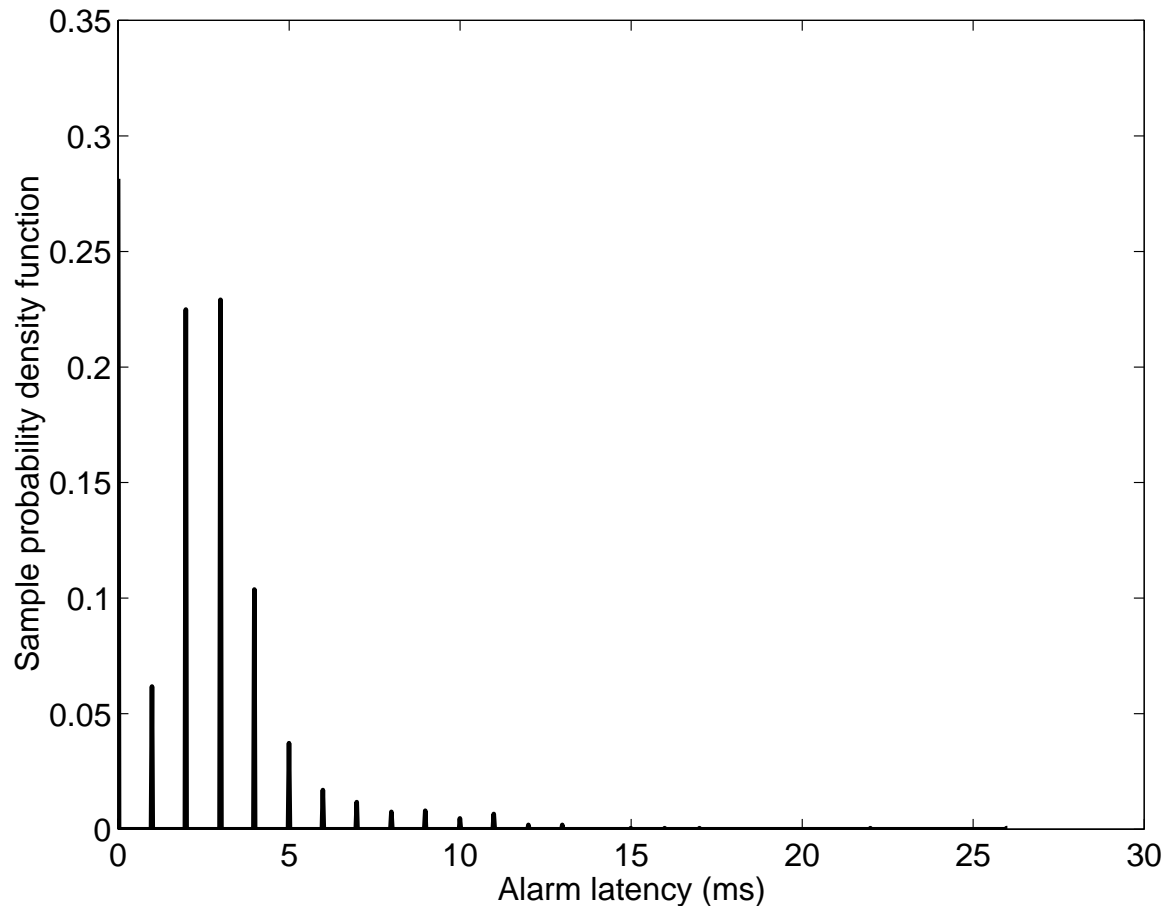
IEEE 802.11: Prove Sperimentali Master-Slave

Tempo di Ciclo Medio



IEEE 802.11: Prove Sperimentali Master-Slave

Tempo di Latenza Medio Allarmi



Wireless Personal Area Networks

- ❑ Progettate per collegamenti a corto raggio, bassi consumi, lunga durata delle batterie
- ❑ Configurazione minima: piconet
- ❑ Interconnessioni di piconet portano a reti di estensione geografiche rilevanti (scatternet, mesh network)
- ❑ Applicazioni industriali tipiche:
 - Wireless Sensor Networks
 - Estensioni cablate di reti wireless (reti ibride)
- ❑ Standard di riferimento: IEEE802.15
 - 802.15.1: Bluetooth
 - 802.15.3: Wi-media
 - 802.15.4: (ZigBee)



IEEE 802.15.3 e 802.15.4

Caratteristiche Generali

□ 802.15.3

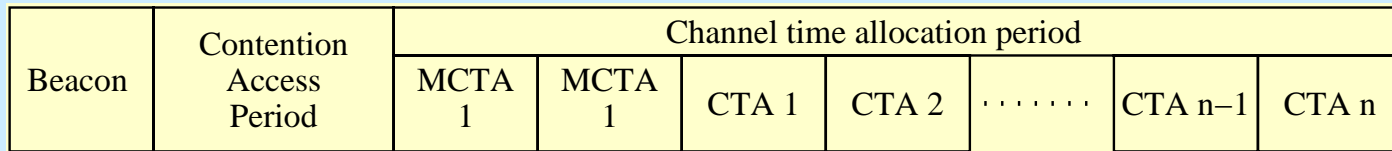
- High-rate WPAN
- Velocità di trasmissione 11/22/33/44/55 Mbit/s
- Accesso al mezzo trasmissivo (MAC) di tipo TDMA

□ 802.15.4

- Low-rate WPAN
- Velocità 20/40/250 kbit/s
- Accesso al mezzo trasmissivo (MAC) di tipo TDMA



IEEE 802.15.3 e 802.15.4 Medium Access Control



- Ogni piconet ha un coordinatore
- Sulla rete viene ripetuto indefinitamente lo stesso ciclo
- Presenza di slot ad accesso con contesa
- Presenza di slot ad accesso esclusivo
- Particolarmente adatto per applicazioni deterministiche e real-time

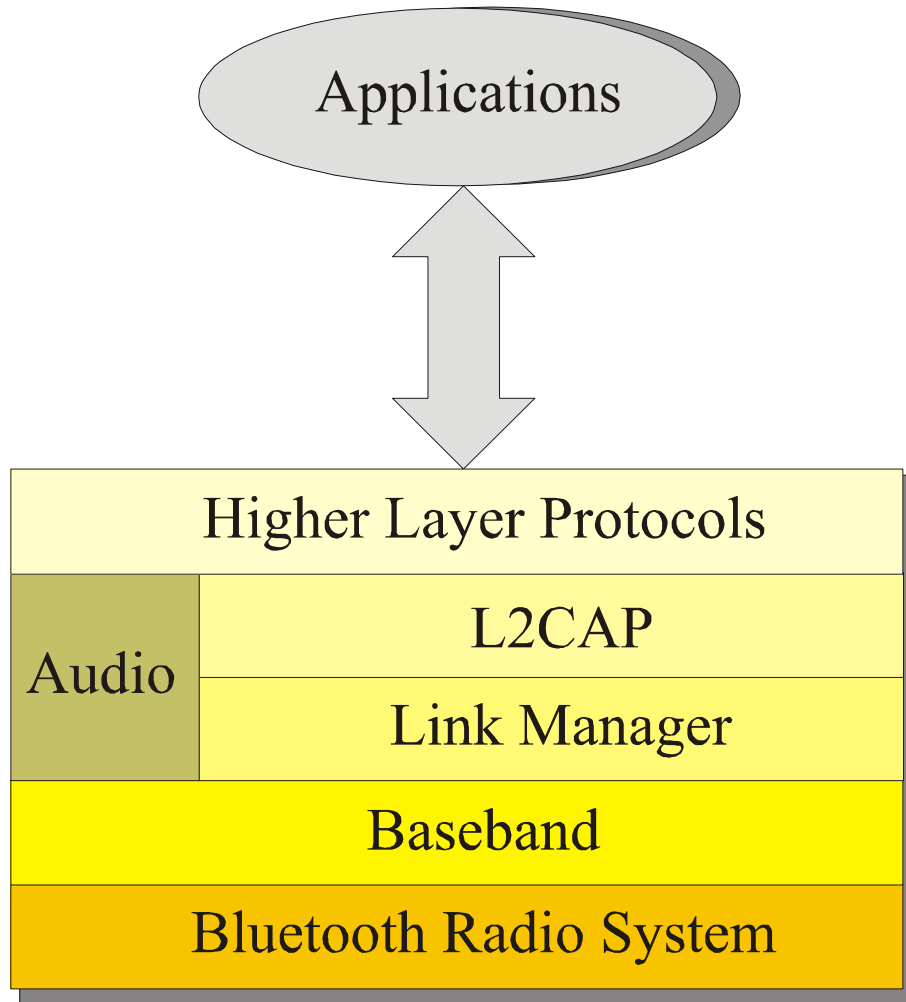


Bluetooth

- ❑ Uso di una tecnica di frequency hopping per limitare l'effetto dei disturbi
- ❑ Architettura basata su Piconet e Scatternet
- ❑ Protocollo Master-Slave
- ❑ Schema di polling round robin
- ❑ Velocità di trasmissione 1 Mbit/s
- ❑ Tempo minimo di polling di uno slave 1.25ms

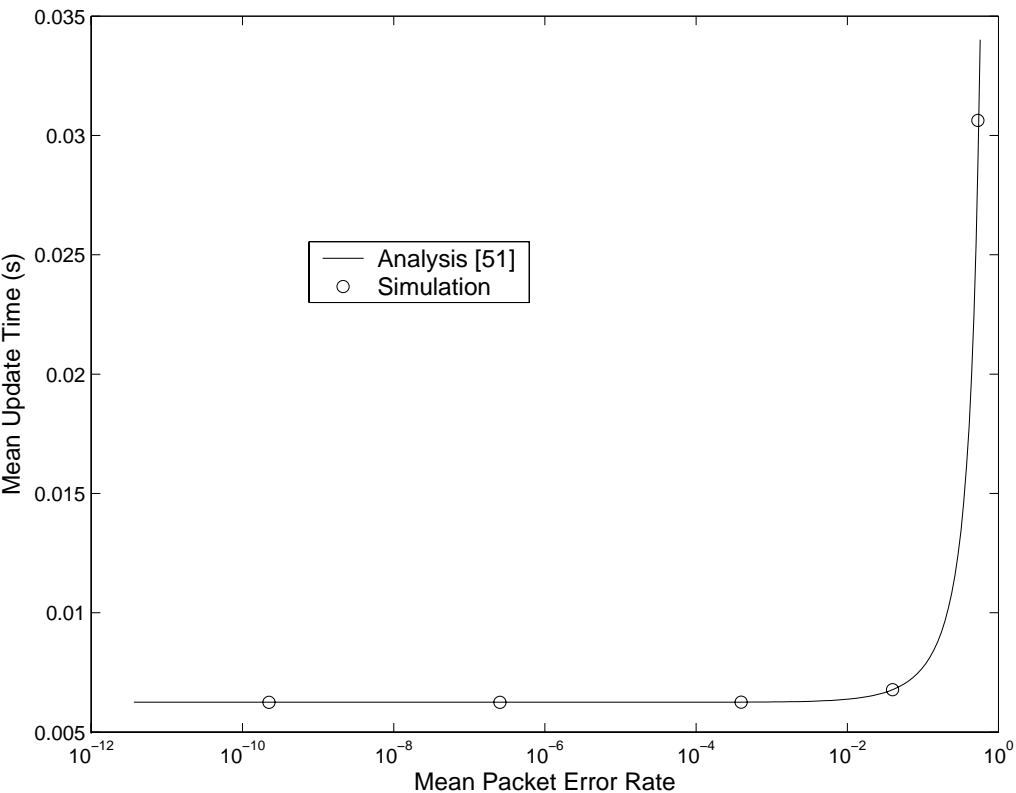


Bluetooth: Profilo di Comunicazione



Bluetooth: Simulazione Master-Slave

Tempo di Ciclo Medio

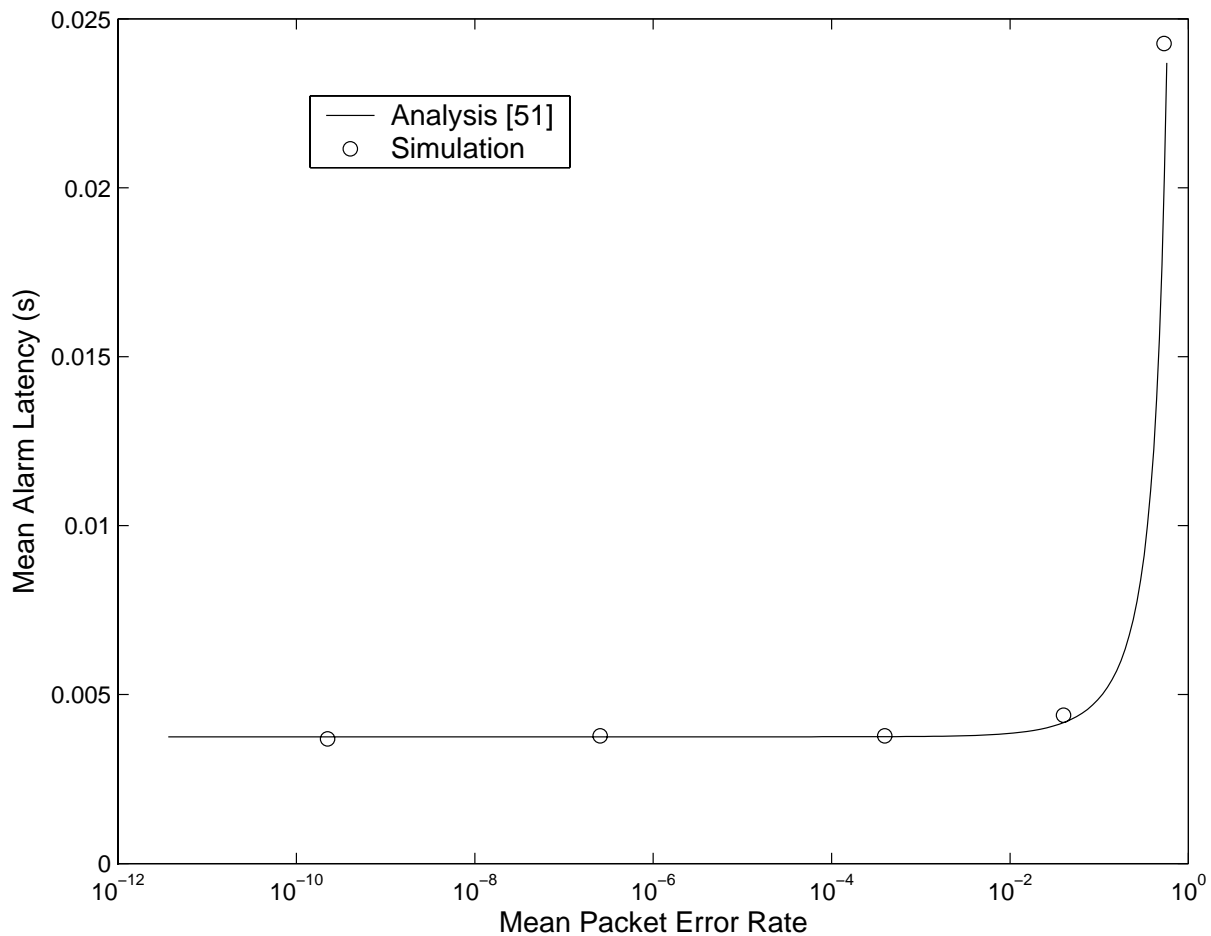


Rete con 1 master e 5 slave;
Allarmi gestiti con tecnica “current”
Velocità di generazione media:
10 allarmi/s



Bluetooth: Simulazione Master-Slave

Tempo di Latenza Allarmi Medio



Stato dell'arte e Attività di Ricerca

- Disponibilità di sistemi wireless adatti per applicazioni industriali
 - Probabile diminuzione dei costi dei componenti
 - Utilizzo sempre maggiore
- Misure di prestazioni in ambienti industriali
- Definizione e implementazione di protocolli per applicazioni industriali
- Realizzazione di reti ibride
- Wireless sensor networks
- Problemi di co-esistenza tra diversi standard



www.moteiv.com



250kbps 2.4GHz IEEE 802.15.4 Chipcon Wireless Transceiver
Interoperability with other IEEE 802.15.4 devices
8MHz Texas Instruments MSP430 microcontroller (10k RAM, 48k Flash)
Integrated ADC, DAC, Supply Voltage Supervisor, and DMA Controller
Integrated onboard antenna with 50m range indoors / 125m range outdoors
Optional Integrated Humidity, Temperature, and Light sensors
Ultra low current consumption
Fast wakeup from sleep (<6us)
Hardware link-layer encryption and authentication
Programming and data collection via USB
16-pin expansion support and optional SMA antenna connector
TinyOS support : mesh networking and communication implementation

