

Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Tesi di Laurea



Implementazione di Sincronizzazione Temporale Distribuita in Reti di Sensori Wireless

RELATORE: *Prof. Luca Schenato*

LAUREANDO: *Federico Fiorentin*

Obiettivo

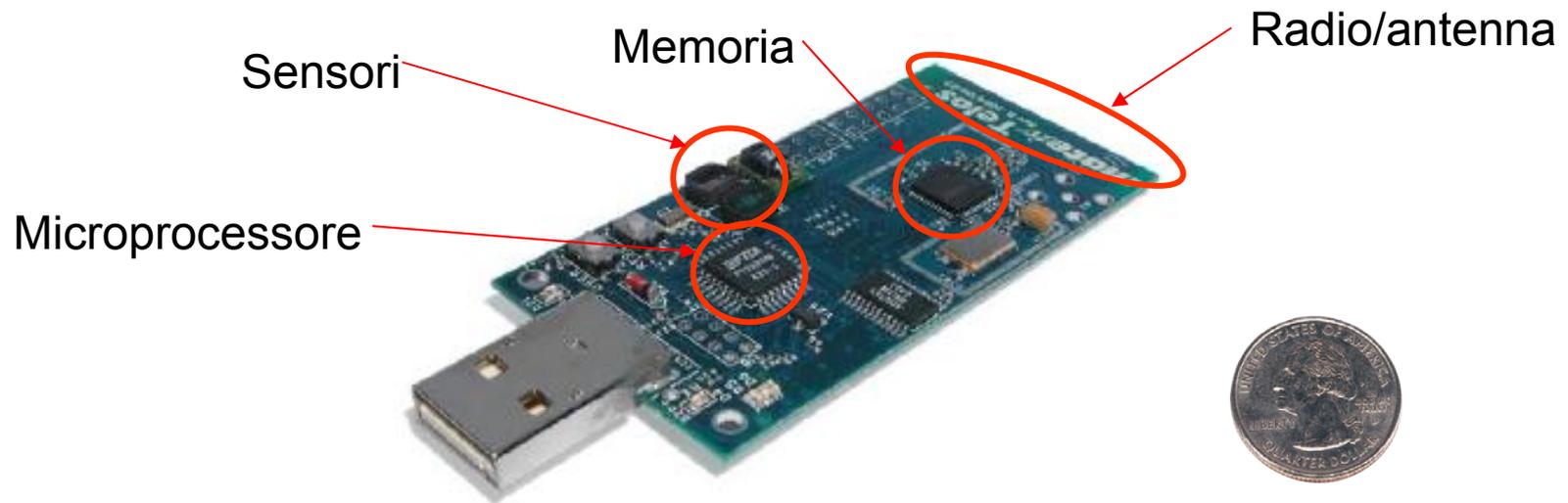


Contributo

- Implementazione dell'Algoritmo
- Confronto con le soluzioni presenti in Letteratura
- Analisi sperimentale al variare delle condizioni di funzionamento

Wireless Sensor Network (WSN)

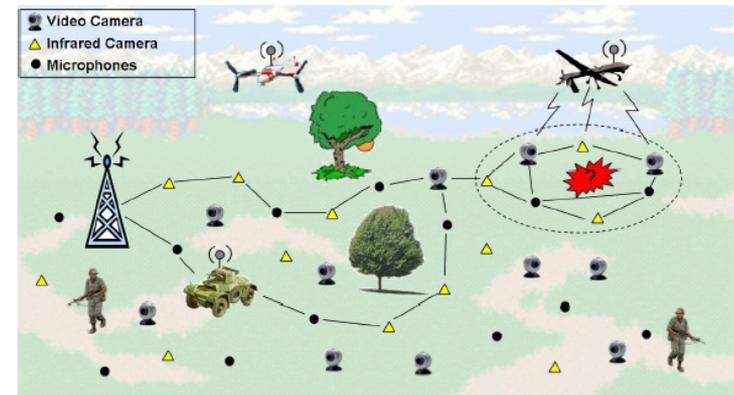
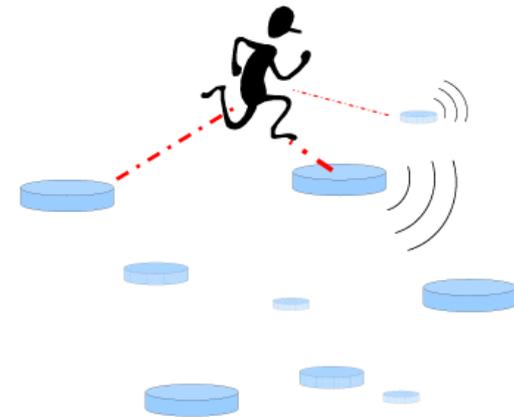
- Unità di piccole dimensioni



- Alimentazione a Batterie
- Comunicazione Multi-Hop

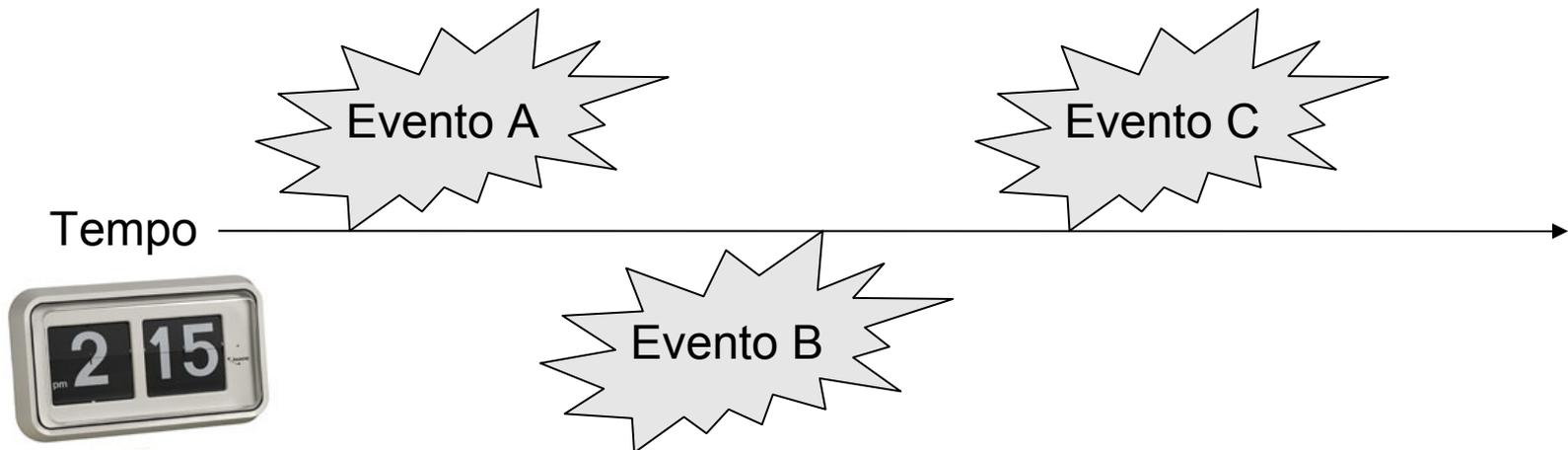
Wireless Sensor Network (WSN)

- Sensori Wireless ($\sim 10^2 - 10^3$)
- Reti ad hoc per il monitoraggio di un'area
 - Random placement
- Bassa manutenzione



È importante la Sincronizzazione Temporale?

Il concetto di tempo è fondamentale



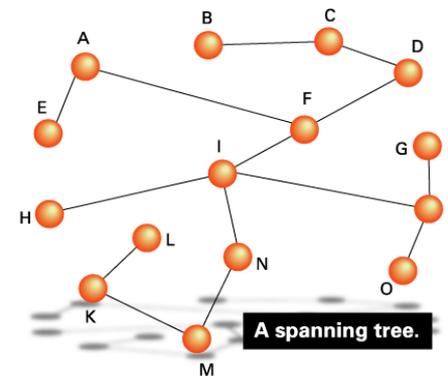
- Il tempo fisico è necessario per stabilire che relazione hanno gli eventi monitorati
- Indispensabile per coordinare azioni di gruppo:
 - moltiplicazione del canale di comunicazione
 - power scheduling

Soluzioni esistenti

- Global Positioning System (GPS)
- Network Time Protocol (NTP) e IEEE1588 (PTP)

Per WSN:

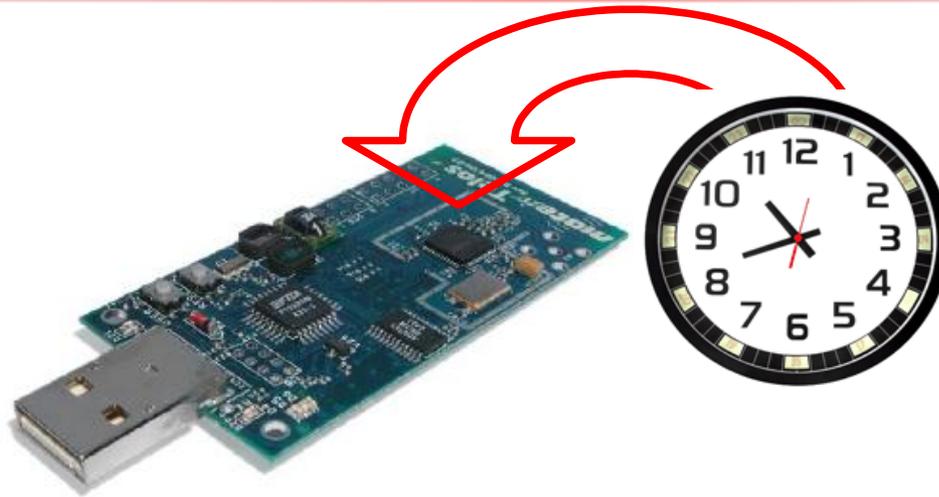
- Reference Broadcast Synchronization (RBS)
- Timing-sync Protocol for Sensor Networks (TPSN)
- Flooding Time Synchronization Protocol (FTSP)



- RFA
- Solis et al. Algorithm
- Simeone et al. Algorithm

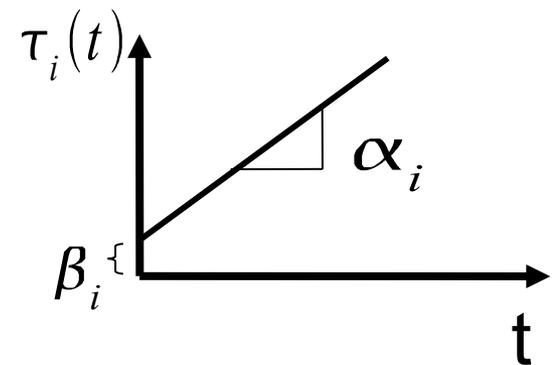
Distribuiti

Caratteristiche del Clock



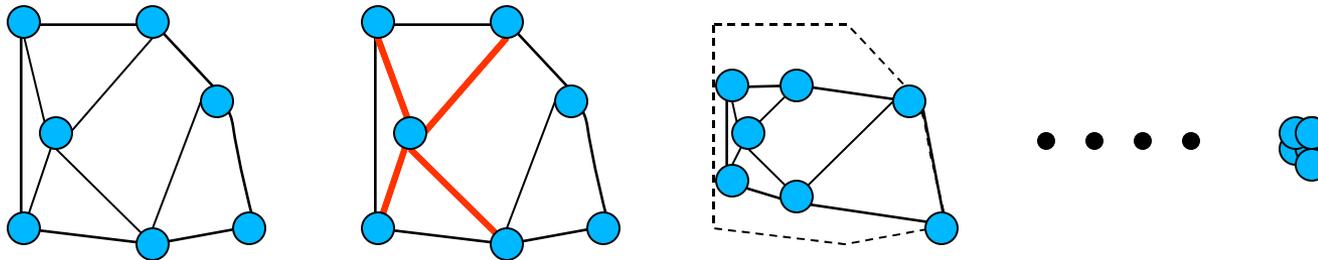
$$\tau_i(t) = \alpha_i t + \beta_i$$

Deriva Offset



Average TimeSync

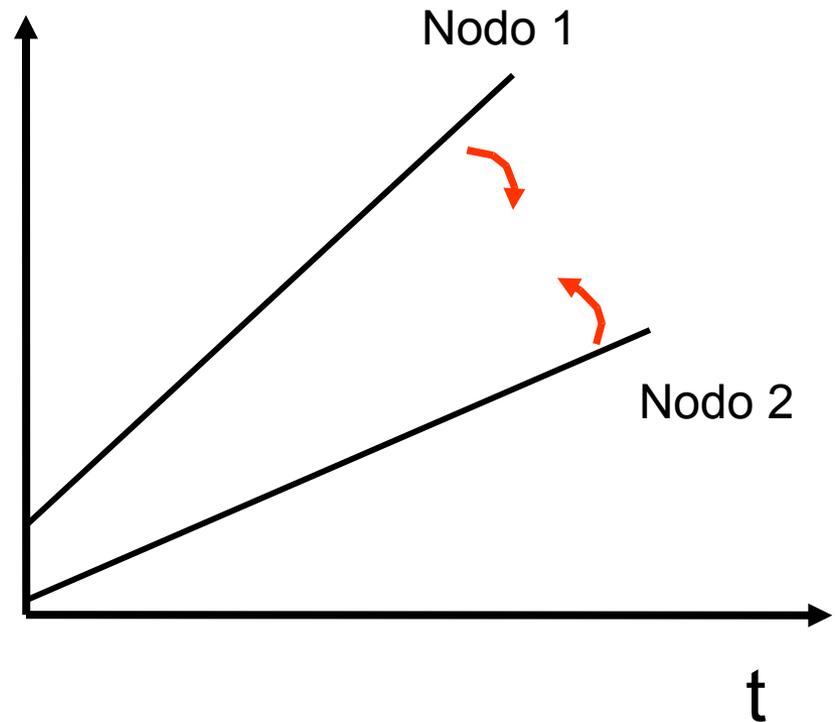
- Clock di riferimento virtuale (no radice o nodi speciali)
- Riferimento virtuale = media orologi vicini (consensus)



- Algoritmo = 2 algoritmi di consensus in cascata
 - Consensus su velocità dei clocks (compensazione deriva)
 - Consensus su offset (compensazione cond. Iniziali)

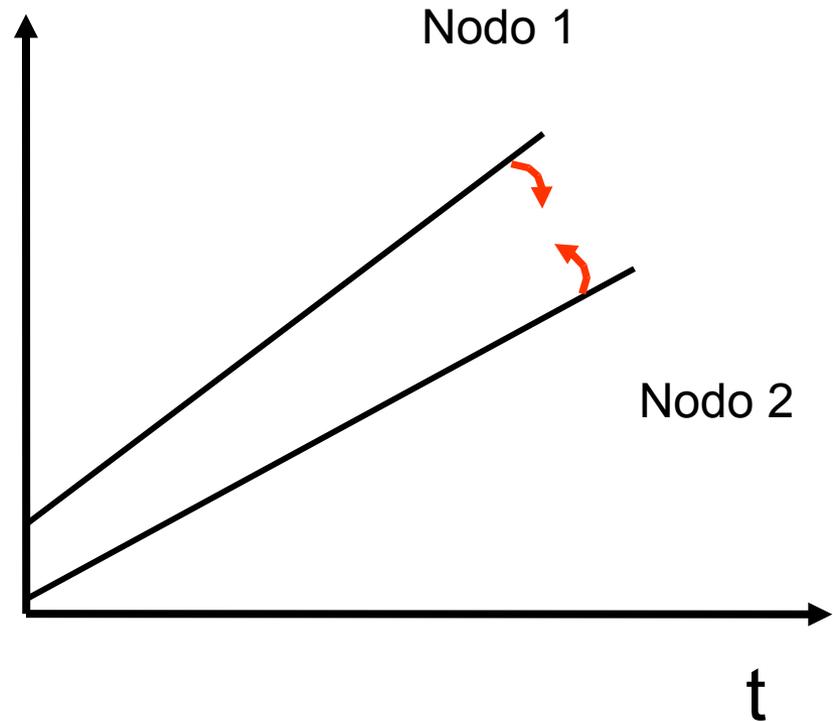
Average TimeSync

1. Compensazione della Deriva



Average TimeSync

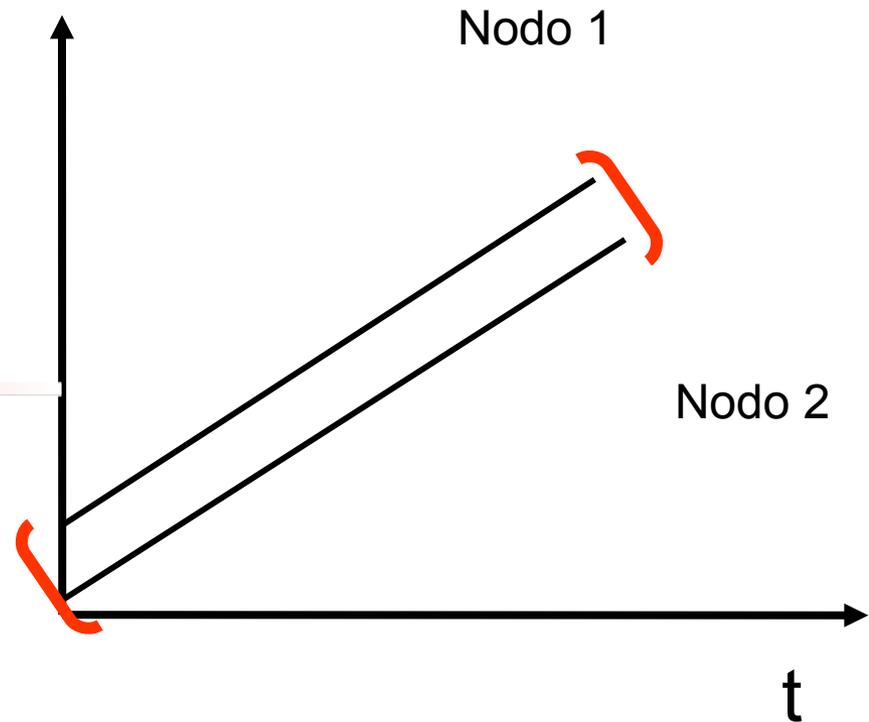
1. Compensazione della Deriva



Average TimeSync

- Compensazione della Deriva

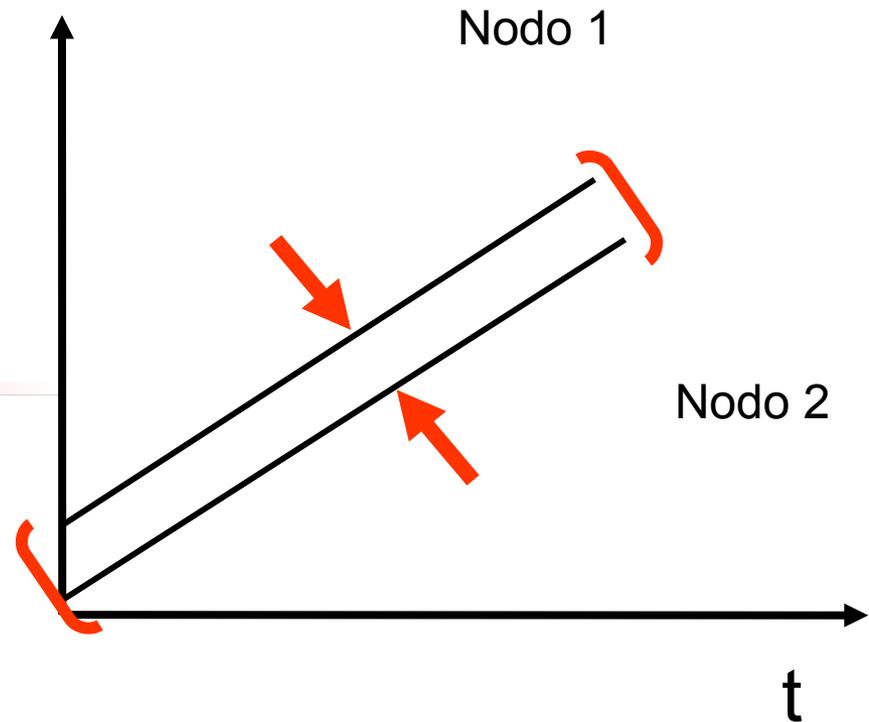
2. Compensazione dell'Offset



Average TimeSync

- Compensazione della Deriva

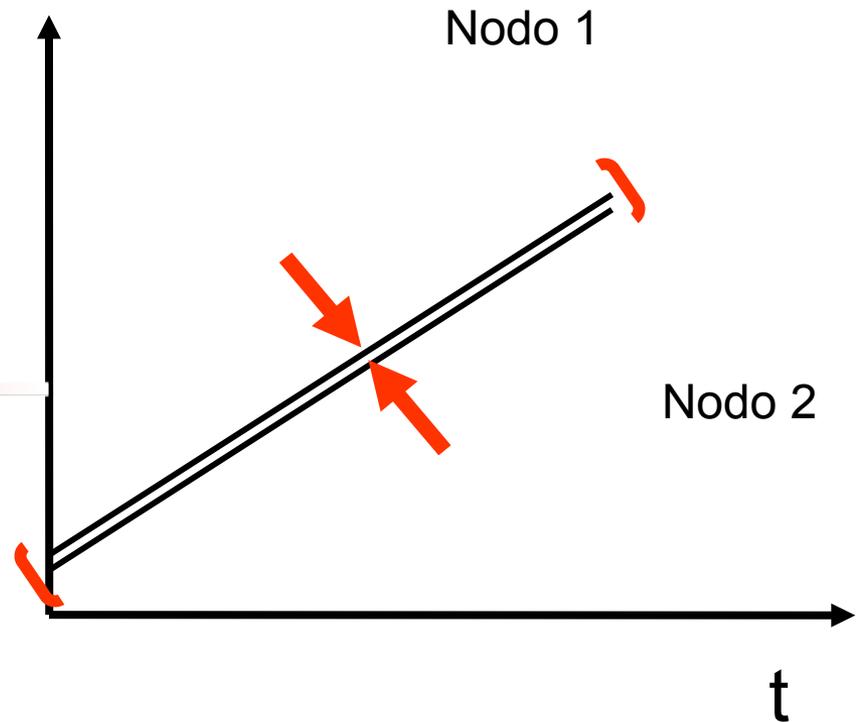
2. Compensazione dell'Offset



Average TimeSync

- Compensazione della Deriva

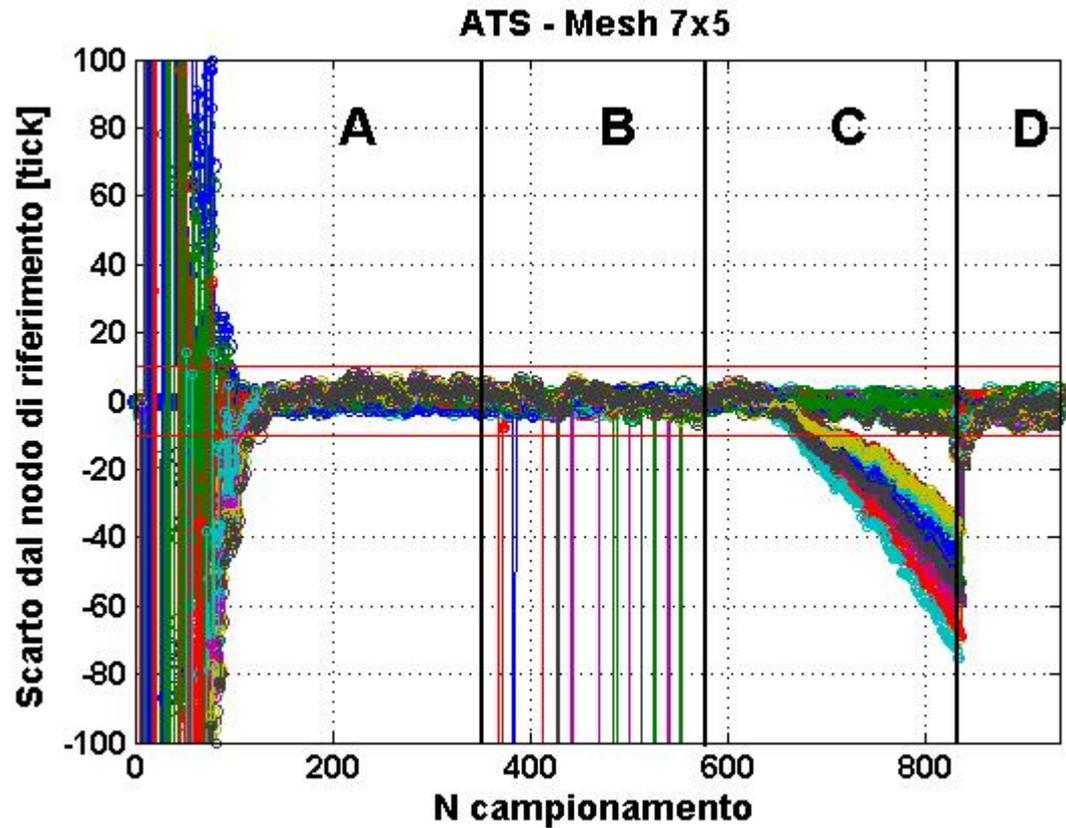
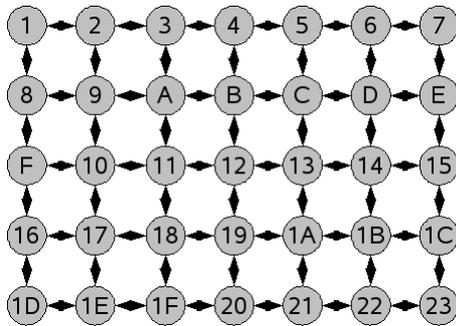
2. Compensazione dell'Offset



Average TimeSync Caratteristiche

- Asincrono
 - no sequenza comunicazioni prestabilita
 - ok perdita pacchetti
- Distribuito:
 - no conoscenza topologia globale rete
 - no mantenimento gerarchia
- Leggero:
 - minima memoria richiesta
 - basso carico comunicazione
 - solo somme e moltiplicazioni
- Adattivo: derive possono cambiare
- Robusto ai ritardi: MAC layer time-stamping

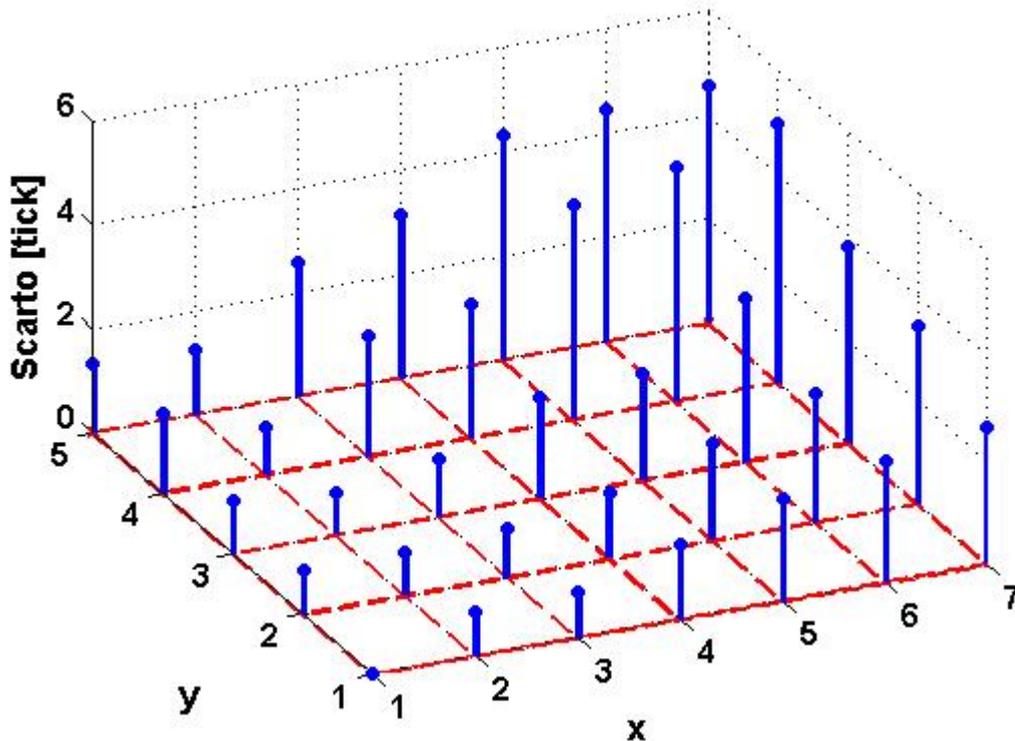
ATS - Mesh di nodi 7x5



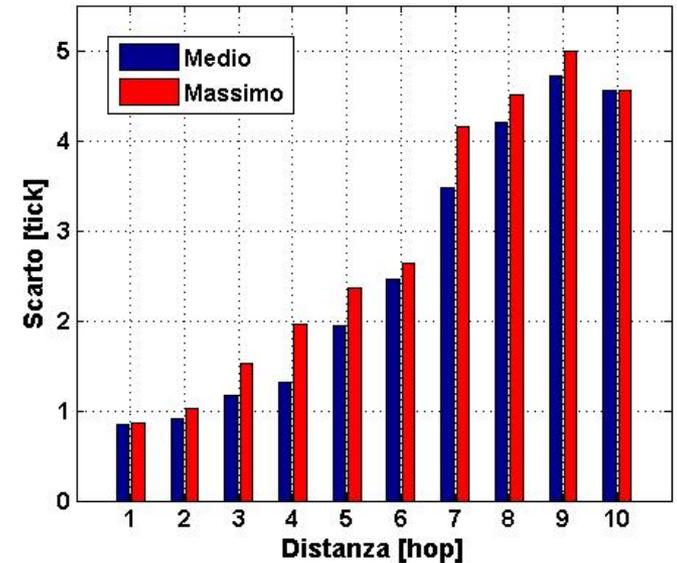
L'errore di sincronizzazione è mediamente 7.3 tick (circa 200 μ s)

ATS – Errore Locale

Scarto Semplice Medio Assoluto dei Tempi Globali dal Nodo 1

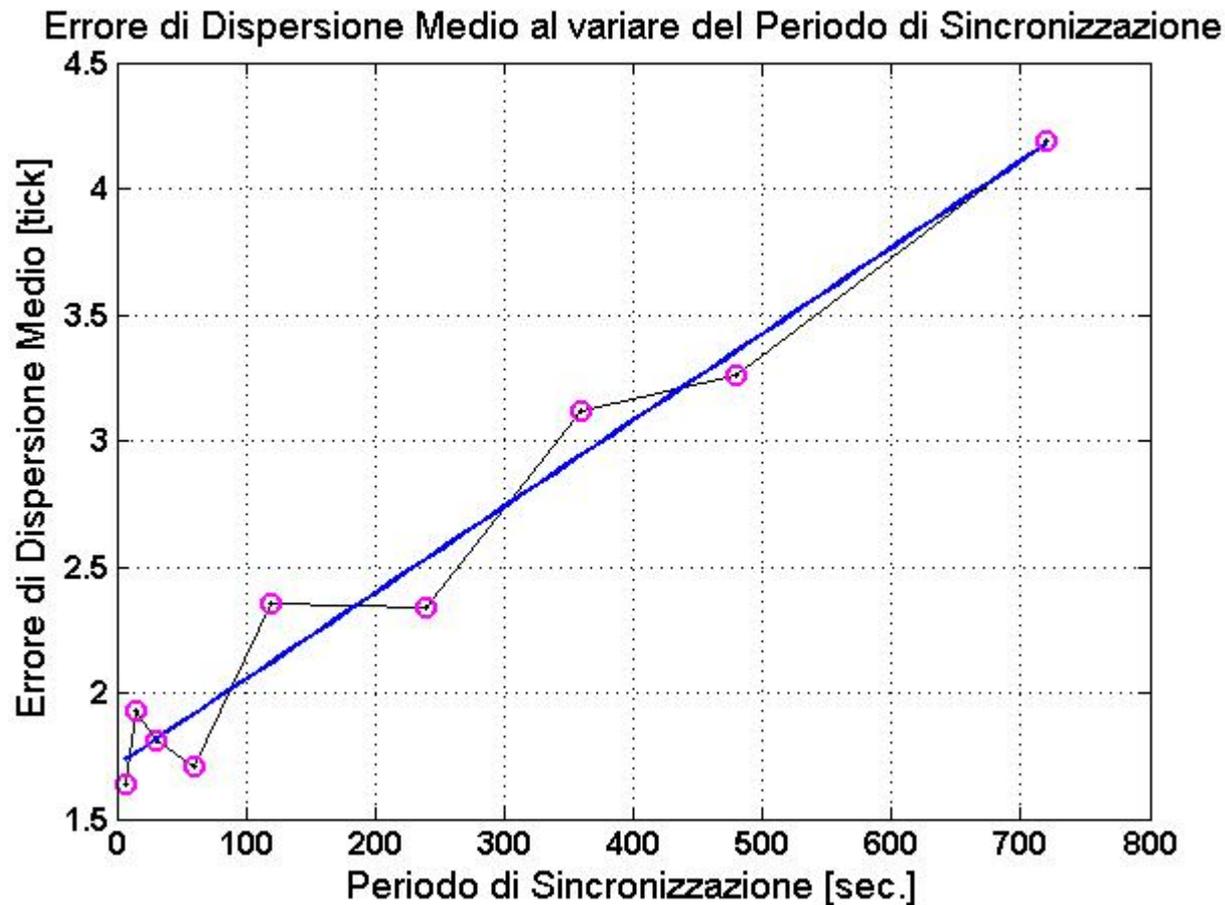


Scarto Semplice Medio Assoluto dei Tempi al variare della Distanza dal Nodo 1



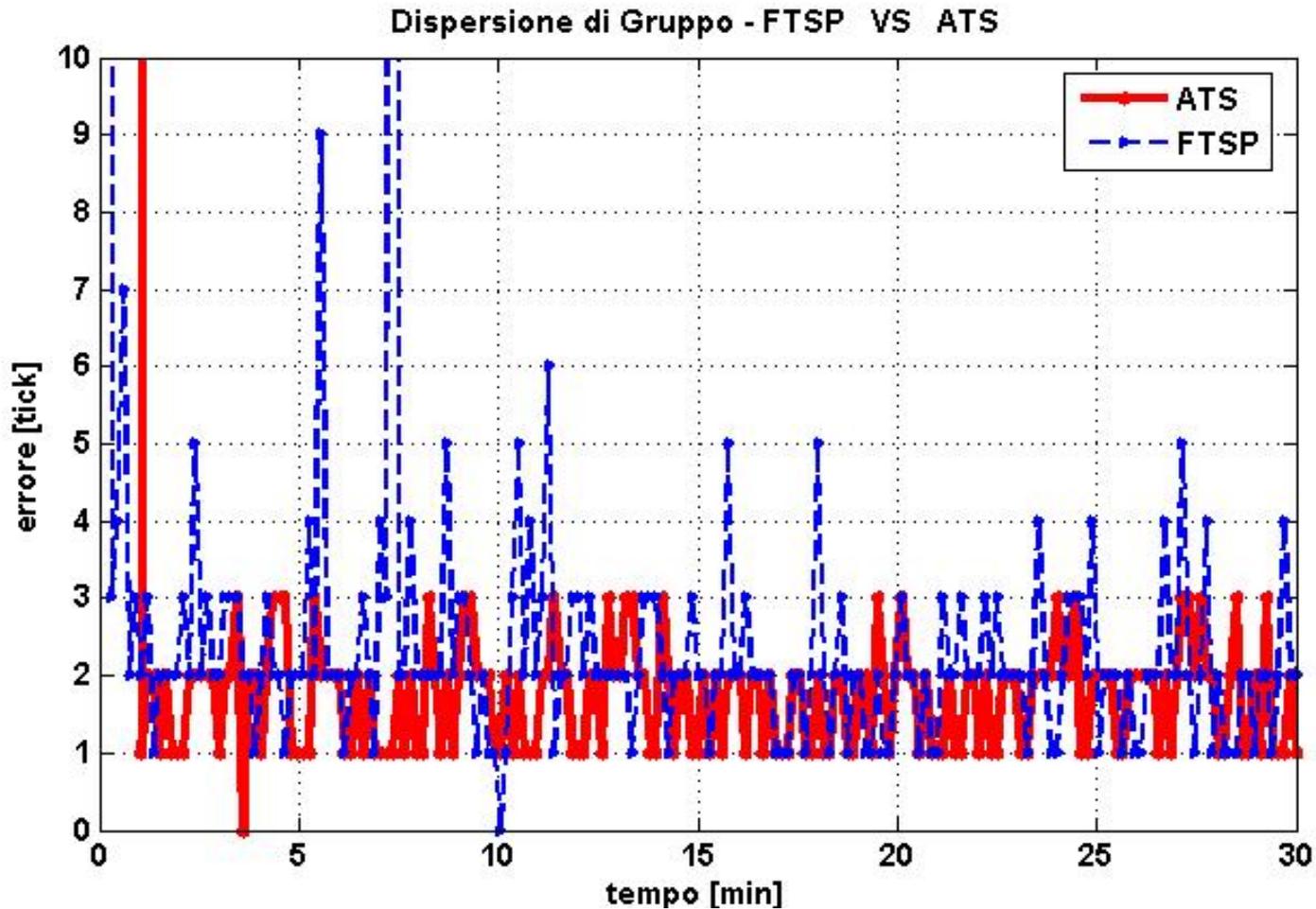
Nodi vicini (in termini di hop) hanno un Errore di Sincronizzazione Inferiore

Errore Vs Periodo di Sincronizzazione



Andamento lineare dell'Errore al variare del Periodo di Sincronizzazione

ATS Vs FTSP



Conclusioni

Average TimeSync:

- Prestazioni comparabili con stato dell'arte
- Migliore efficienza energetica
- Migliore tolleranza ai guasti
- Adatto per reti di ogni dimensione e grandezza
- Errore locale indipendente da dimensione rete

Prospettive

- Ottimizzazione dei pacchetti trasmessi (**piggybacking**)
- Analisi dei **pacchetti persi**
- Utilizzo del servizio di sincronizzazione per **Energy Scheduling** e **TDMA**

Confronto con algoritmi precedenti

	Skew	Complessità	Canale	Memoria	Scalabilità	Topologia
RBS	Si	(mn^2)	$(m + mn)$	$O(n)$	Poca	Si (cluster)
TPSN	No	$(4m(n - 1))$	$(m + mn)$	$O(1)$	Buona	Si (albero)
TinySync	Si	$(4m(n - 1))$	$(m + mn)$	$O(1)$	Buona	Si (albero)
FTSP	Si	$(2mn)$	(mn)	$O(1)$	Ottima	Si (nodo radice)
RFA	No	$(2mn)$	$(m + mn)$	$O(n)$	Ottima	No
Solis et al	Si	$(2mn)$	$(mn(n - 1))$	$O(n)$	Ottima	No
ATS	Si	$(m(n + k))$	(mn)	$O(k)$	Ottima	No

Il risparmio del numero di pacchetti necessari per la sincronizzazione è del 50% su RBS, del 20% su TPSN e TS/MS.

Comparabile con FTSP, RFA, Solis et al. Algorithm, ma:

- FTSP ha una dipendenza dal nodo radice
- RFA non compensa la deriva
- Solis et al. inferiore per prestazioni