

Reti Wireless Mesh: algoritmi e applicazioni

Teodoro Ambrogio, Daniela D'Aloisi

Roma, 6 marzo 2008



Fondazione Ugo Bordoni



Indice

- ❑ Obiettivi dell'attività
- ❑ I sistemi multi-agente (MAS)
- ❑ Wireless Mesh Networking
- ❑ Mesh Routing Protocol
- ❑ Applicazione in laboratorio: piattaforma di mobilità



Obiettivi

- ❑ L'attività è orientata allo studio di algoritmi per le reti di sensori wireless e le architetture mesh di tipo wireless
- ❑ Limitatamente a due aspetti:
 - algoritmi di *routing* e gestione (Network Management System)
 - algoritmi di ottimizzazione e controllo per applicazioni a reti di sensori
- ❑ Parte applicativa: realizzazione di piattaforme per la mobilità (prevalentemente per disabili) *indoor* e *outdoor* dal punto di vista architeturale e funzionale



Metodologie

- ❑ Vogliamo utilizzare metodologie in aree già consolidate
 - Intelligenza artificiale distribuita
 - Sistemi multi-agente
 - Algoritmi di negoziazione, cooperazione e coordinazione
 - Algoritmi di ottimizzazione
 -



I sistemi multi-agente (MAS)

□ Definizione

- insieme di agenti situati in un certo ambiente ed interagenti tra loro mediante un'opportuna organizzazione

□ Agente

- entità più o meno autonoma parte del sistema
- in generale, è un programma autonomo che possiede un insieme di conoscenze e agisce secondo regole proprie

□ Aree di applicazione

- economia, sociologia, fisica delle particelle, chimica, etologia, trasporti, logistica...
- networking e tecnologie mobili



IA Distribuita e MAS

- ❑ L'intelligenza artificiale distribuita è un'evoluzione dell'intelligenza artificiale:
 - l'esecuzione non è concentrata bensì distribuita
 - il controllo in genere rimane centralizzato

- ❑ Nei sistemi ad agenti multipli ciascun agente ha un controllo totale sul suo comportamento
 - adattamento dinamico ai cambiamenti imprevisi
 - riconfigurazione dinamica dei task e degli obiettivi
 - conseguimento di obiettivi difficili da raggiungere da un sistema monolitico



Esempio

- ❑ Simulazione ambiente familiare

- ❑ Se si astrae dal contesto, gli agenti sono nodi di una rete i quali
 - "ascoltano" l'ambiente (passivamente)
 - possono "agire" sull'ambiente
 - comunicano tra di loro (e con l'ambiente)
 - hanno dei "compiti"





Perchè i MAS?

❑ Obiettivo

- astrarre lo scenario per utilizzare metodologie e algoritmi già sperimentati su strutture come le reti
- un sistema multi-agente è in fondo un grafo i cui nodi sono gli agenti

❑ Caratteristiche interessanti per le WSN

- rete di nodi più o meno intelligenti
- self-organized
- flessibili e riconfigurabili
- self-recovering e failure proof



Wireless Mesh Networking

- ❑ Rete a maglie **cooperativa** implementata tramite una wireless lan costituita da nodi “dinamici” in grado di strutturarsi automaticamente
- ❑ Tecnica di trasporto utilizzata: a commutazione di pacchetto (PBN, Packet Based Network)
- ❑ Struttura decentralizzata:
 - senza server centrali
 - poco costosa
 - flessibile
 - affidabile su ambiente accidentati
- ❑ **Rete intelligente**: se un nodo “cade” (per malfunzionamento dell’hardware o mancanza di energia) la rete si riconfigura mediante l’uso di algoritmi appositi



Mesh Routing Protocol

- ❑ Instradamento dei pacchetti (efficienza, robustezza, ottimalità)

- ❑ Tabelle di instradamento

- ❑ Routing statico (fixed directory routing) e dinamico

- ❑ Esempi di protocolli dinamici
 - Distance Vector (RIP)
 - Link-state packet (OSPF)



Protocolli Distance Vector

- ❑ Routing dinamico basato sul vettore delle distanze

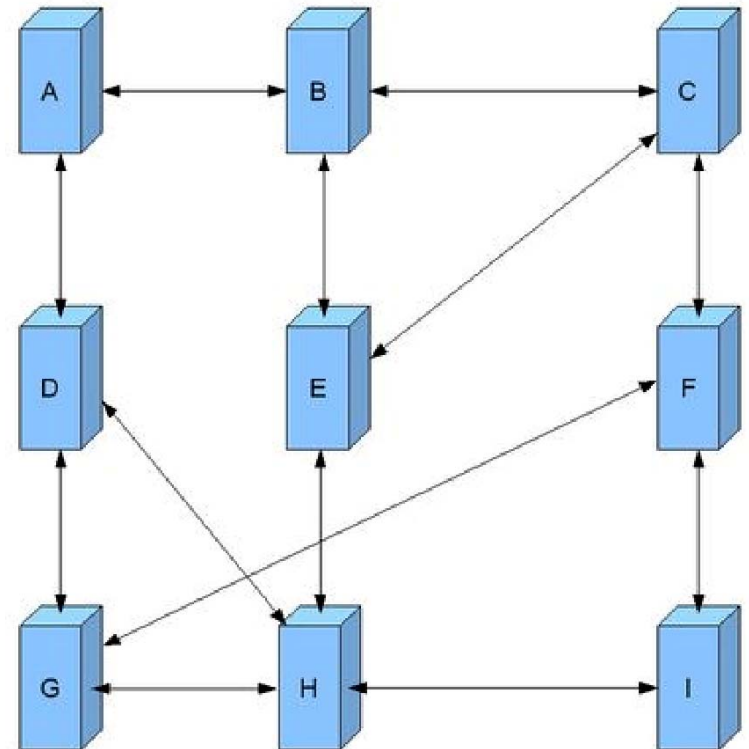
- ❑ Algoritmo usato: Bellman-Ford-Fulkerson
 - per ogni nodo -> stima della distanza e primo nodo del percorso
 - aggiornamento periodico della tabella e comunicazione della propria ai vicini
 - a regime, ciascun nodo conoscerà tutta la rete

Protocolli Distance Vector: esempio

□ Ipotesi: stima di F dei ritardi dai nodi vicini C, I, G ed E

- $F-C = 2\text{ms}$
- $F-G = 3\text{ms}$
- $F-I = 1\text{ms}$

□ C-A in 3 ms, quindi F-A per C in $3+2=5$ ms
G-A in 3 ms, quindi F-A per G in $3+3=6$ ms
I-A in 6 ms, quindi F-A per I in $6+1=7$ ms



□ F crea una nuova voce nella sua tabella associando ad A un valore 5 ms e designando come primo nodo del percorso C

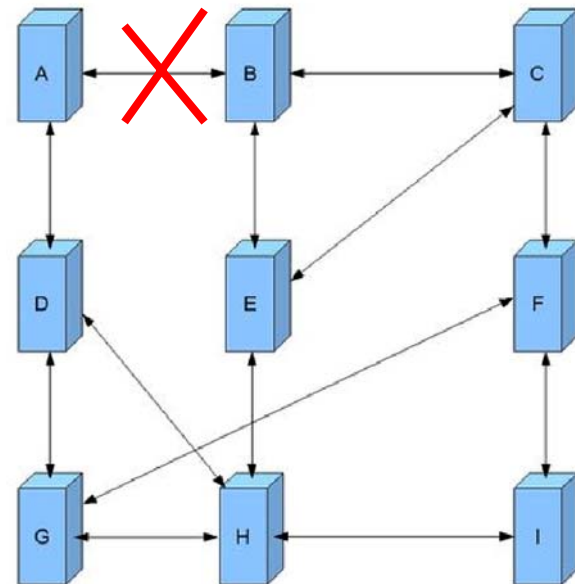
Problema del count-to-infinity

❑ Interruzione di link e creazione di loop

- A-B-C con interruzione del link tra A e B
- B nota la rottura, ma C ancora non lo sa e dichiara di poter raggiungere A in due passi
- B riterrà quindi di poter raggiungere A in tre passi tramite C, ma si crea un loop)

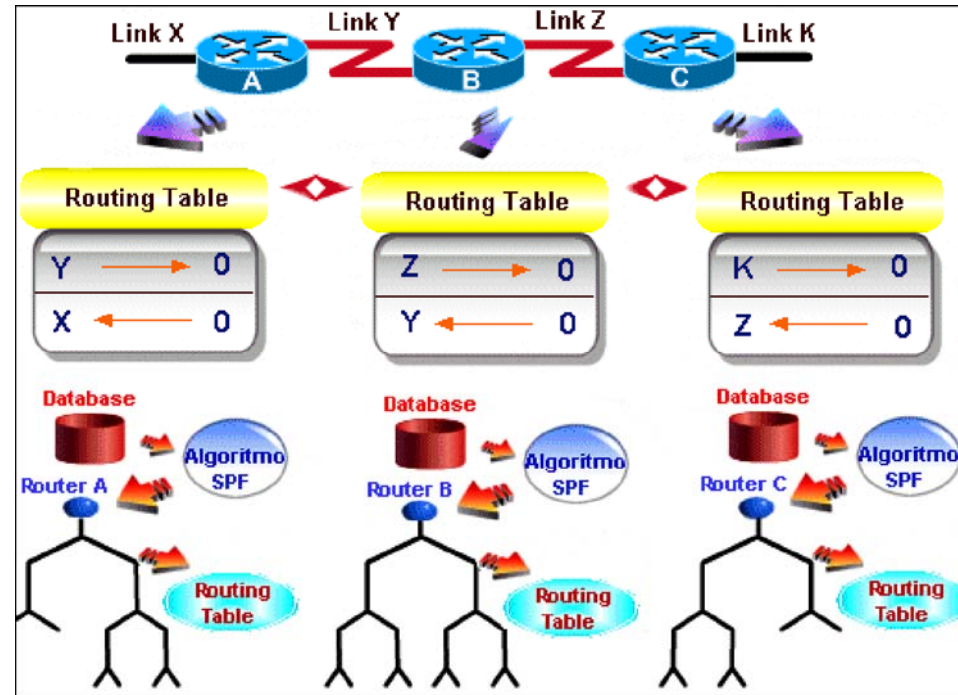
❑ Possibile soluzione:

- Impostazione strategica del valore del collegamento interrotto
- Cammino più lungo + 1, quindi $(N-1)+1$



Protocolli Link-State Packet

- ❑ Ogni nodo è informato dei cambiamenti della topologia di tutta la rete
- ❑ Passi:
 - il nodo rileva i link connessi direttamente
 - invia informazioni agli altri nodi in flooding
 - ogni nodo mantiene un database utile per calcolare i percorsi verso le possibili destinazioni
- ❑ Algoritmo usato: **Dijkstra** (di tipo SPF, Shortest Path First) che trova i cammini minimi e crea una struttura ad albero avente come radice il nodo stesso





Differenze

LINK STATE	DISTANCE VECTOR
Più oneroso (banda, memoria e capacità di calcolo) all'inizio	Meno oneroso all'inizio
Per reti complesse	Per reti non complesse
Updates solo in caso di cambiamento (convergenza veloce)	Updates frequenti ad intervalli regolari di tempo (convergenza lenta)
Visione completa della topologia di rete	Visione esclusiva della topologia di rete dei nodi vicini



Protocolli reattivi

- ❑ Stabiliscono il routing a richiesta
- ❑ Consumo di banda minimo
- ❑ Flooding della rete (pacchetti inviati in broadcast con UDP)

- ❑ Esempi:
 - **AODV** (Ad hoc On Demand Distance Vector)
 - ◆ per reti ad hoc mobili
 - ◆ derivato per reti ad hoc del Distance Vector
 - **DSR** (Dynamic Source Routing protocol)



Protocolli pro-attivi

- ❑ Controllano lo stato della rete di continuo
- ❑ Consumo di banda costante
- ❑ Tabella di routing sempre aggiornata

- ❑ Esempi:
 - **OLSR** (Optimized Link State Routing protocol)
 - ◆ realizzato presso l'Università di Oslo in Norvegia, per reti mobili dedicate
 - **HSR** (Hierarchical State Routing protocol)



Applicazione per il laboratorio del DIS

❑ Obiettivo

- realizzazione di una piattaforma di supporto alla mobilità per disabili visivi e motori indoor e outdoor

❑ Il sistema

- sistema distribuito con molteplici componenti periferiche (cellulari, PDA, sensori, software, etc.)
- centro di gestione con segnali forniti dal satellite (GPS) e da sorgenti sensoristiche (RFID attivi, Bluetooth, Wlan, etc.)
- il componente periferico è in grado di individuare le fonti di dati significative e sintetizzare dati aggregati (semanticamente più ricchi) a partire da dati sensoristici elementari

❑ Comunicazione col disabile

- mappe complessive orientative e guide virtuali
- interfacce di diversa complessità
 - ◆ vocale mediante sintesi vocale
 - ◆ piezoelettrica, per informazioni più complesse (nomi delle strade, ostacoli)
 - ◆ vibrante o a impulsi per segnalazioni varie



Ricerca e sviluppo legate all'applicazione

- ❑ Algoritmi di controllo, coordinamento e ottimizzazione
- ❑ Interfaccia uomo-macchina e agenti autonomi intelligenti per la realizzazione dei moduli di interazione e la gestione dei percorsi
- ❑ Studi sugli user equipment, librerie software API per interfacce di comunicazione, etc...
- ❑ Navigazione satellitare e con veicoli mobili autonomi mediante sensori
- ❑ Rfid attivi e mappe virtuali



Grazie per l'attenzione

tambrogio@fub.it

ddaloisi@fub.it