

Wireless Sensors Networks (WSN) Routing

Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Il livello Network si occupa principalmente dell'INSTRADAMENTO (ROUTING): derivare un meccanismo che permetta ad un pacchetto mandato da un nodo arbitrario di raggiungere un nodo destinazione.

Routing: costruire delle strutture di dati (es. tabelle) che contengono le informazioni su come un dato nodo destinazione può essere raggiunto

Forwarding: consultazione di queste strutture dati per inoltrare un pacchetto al nodo successivo

Il routing ha un ruolo importantissimo, dato che lo scopo di una rete di sensori è quello di raccogliere dati da vari punti di un dominio, processarli e farli convogliare tutti in un unico punto (detto sink) dove risiede un'applicazione specifica.

I protocolli di routing devono individuare i cammini ottimali tra i nodi e il sink (o i sink) al fine di garantire che i dati raggiungano la destinazione in maniera efficiente, cioè in maniera affidabile e con un basso costo energetico.

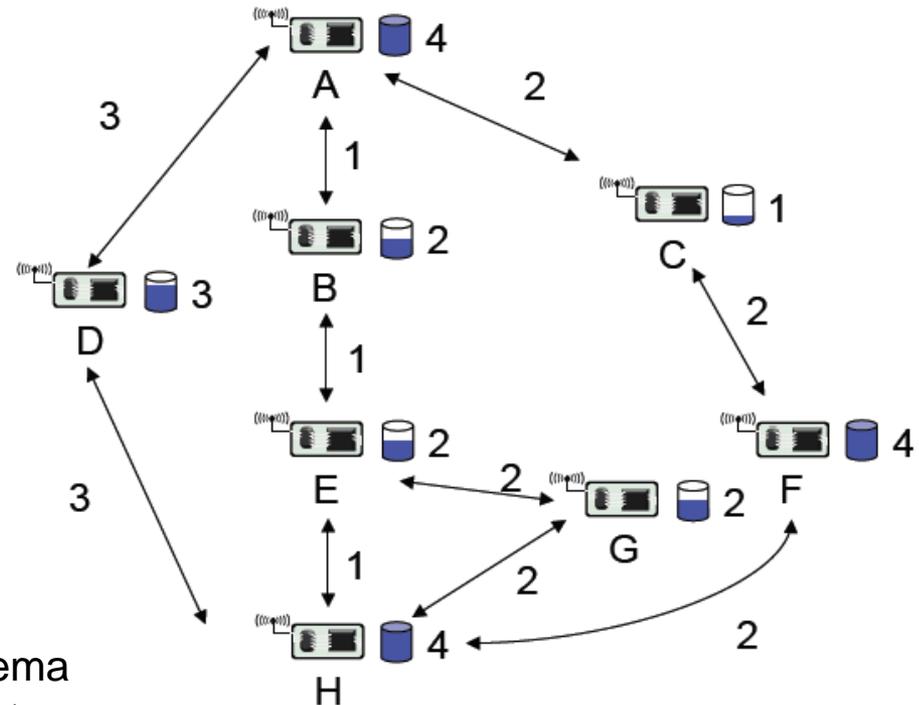
Il tradeoff che un protocollo di routing deve bilanciare è quello tra capacità di rispondere ai cambiamenti ed utilizzo efficiente delle risorse.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Come si decide il next hop? Diverse opzioni:

- Minimizzare il numero di salti
– A,D,H
- Minimizzare il consumo complessivo delle batterie
– A,B,E,H
- Minimizzare l'uso di nodi quasi scarichi
ect...



Esempio: inviare da A a H

In tutti i casi, tipicamente si modella il problema di trovare il percorso del pacchetto nella rete come il problema di trovare il cammino più breve in un grafo

Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

I protocolli di routing possono essere generalmente classificati nelle seguenti categorie:

Proactive

– Le informazioni per il routing sono sempre disponibili (ogni nodo riceve le tabelle di routing aggiornate che gli dicono come instradare un pacchetto che viene da un nodo X e deve andare ad un nodo Y)

Reactive

– Le decisioni per il routing vengono prese solo qualora necessarie. In nodi rimangono inerti finché non è richiesto l'inoltro di un pacchetto. Qualora interpellati, risolvono il singolo percorso di routing richiesto

Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Sfide del routing in WSN

- Dinamicità e grandezza della rete: come già accennato, la densità di una rete può variare molto di zona in zona, nuovi nodi possono entrare e altri possono uscire dalla rete in qualsiasi momento e i link tra nodi potrebbero cadere o degradarsi in seguito a variazioni ambientali. In tutti questi casi, una Sensor Network deve dimostrare la propria capacità di autoconfigurazione, cambiando alcuni parametri e compiendo decisioni in base alla situazione presente.



Gli algoritmi di routing devono essere *selfconfiguring*, ovvero devono essere in grado di reagire a questi cambiamenti improvvisi.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Sfide del routing in WSN

- Risorse limitate: le risorse limitate sono quelle hardware ed energetiche. Per rientrare nel primo limite, serve che gli algoritmi abbiano una ridotta occupazione di memoria (*footprint*) e siano facilmente eseguibili da CPU poco potenti. Per quanto riguarda il secondo, il fatto di avere una rete multihop è già di per sé un costo energetico maggiore rispetto ad una a singlehop, poiché nel primo caso più nodi devono essere tenuti accesi, ricevere e inoltrare il pacchetto, mentre in un singlehop, solo due nodi sono coinvolti.



L'unico modo per diminuire questo costo, è creare dei percorsi di instradamento che bilancino fattori come il numero di nodi intermedi, le risorse energetiche residue di ogni nodo e la potenza trasmissiva richiesta.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Sfide del routing in WSN

- Data model dell'applicazione: i *data model* descrivono il flusso di informazioni tra nodi e sink. Questi modelli sono dipendenti dall'applicazione in rapporto a quali informazioni, come vengono usate e quanto spesso vengono richieste. Sono stati proposti vari modelli di raccolta dati, a seconda delle applicazioni. Alcuni di essi richiedono i dati periodicamente o in base al verificarsi di certi eventi nell'ambiente. In altri, ogni nodo rileva, salva, elabora e aggrega i dati prima di inviarli al sink. In altri ancora, i dati vengono prelevati interattivamente tramite una comunicazione bidirezionale tra sink e nodi.



Un protocollo di routing ideale dovrebbe essere ottimizzato per l'applicazione e al contempo essere in grado di supportare diversi data model, oltre a risultare affidabile, scalabile, efficiente e reattivo.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Il routing nelle WSN può essere sostanzialmente di tre tipi:

- Flat
- Gerarchico
- Location Based

Non esiste una regola generale. Occorre valutare il protocollo ottimale in funzione dei requisiti e dei vincoli

Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Flat routing

Ogni nodo ha lo stesso ruolo e i nodi collaborano per svolgere le misurazioni

Viene utilizzato un approccio data centric, in cui il routing e forwarding richiedono una forma di *data-centric data dissemination*. In questo caso, le informazioni per fare il routing non sono tanto l'indirizzo dei nodi sorgente e destinazione, quanto informazioni come sono identificate da attributi riguardanti il fenomeno. Per esempio l'informazione "Richiedi la temperatura della regione X" deve essere disseminata ai nodi della regione X.

Esempi:

- Sensor Protocol for Information via Negotiation (SPIN)
- Direct Diffusion è una derivazione dello SPIN

In entrambi i dati generati dai sensori sono etichettati da un coppia di attributo-valore

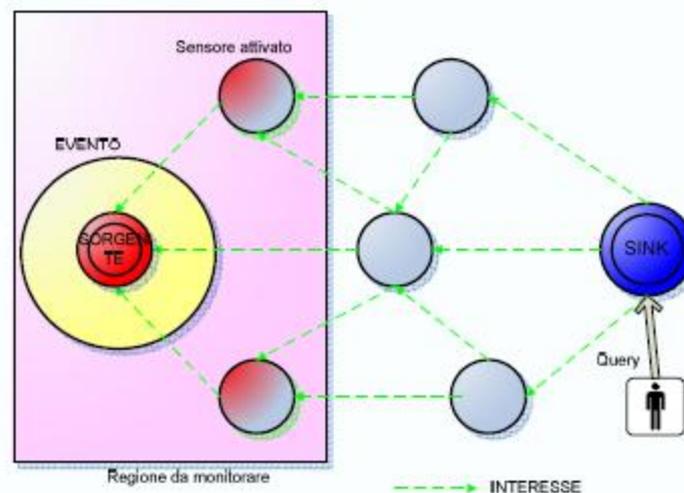
Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Direct Diffusion

Esempio: monitorare il livello di alcuni gas (CO₂ e CO) ed essere avvisato se l'evento "concentrazione dei gas in una determinata regione X supera una soglia Y" risulta essere vera mentre è attivo il sistema

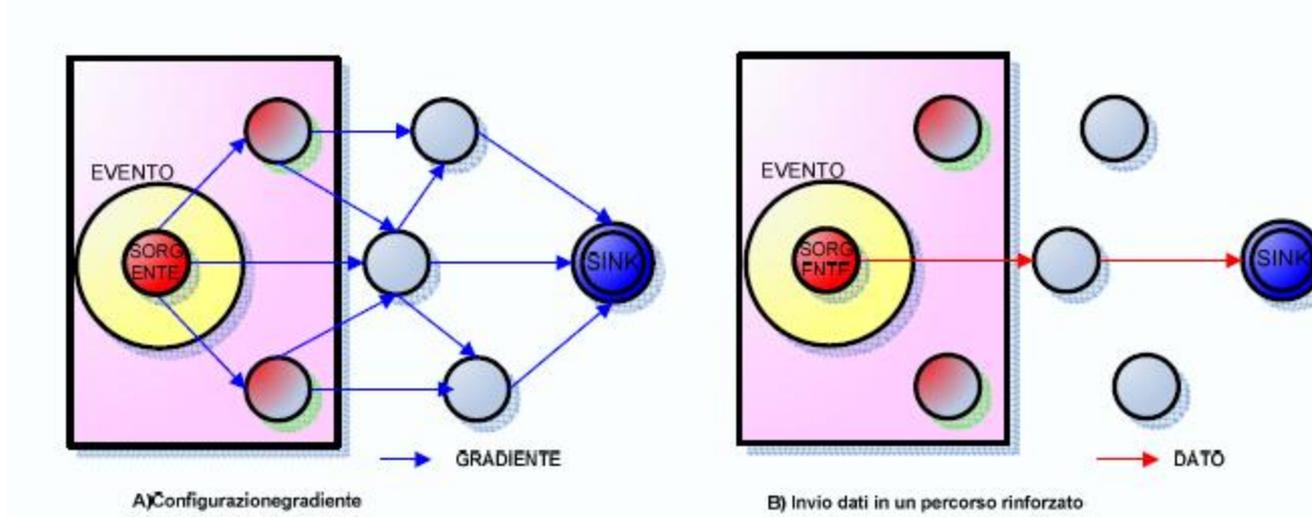
- Il nodo, incaricato a ricevere il risultato della query, è denominato *sink*, esso emette, periodicamente, un interesse che descrive il compito assegnatoli dall'utente.
- Il sink emette l'interesse in broadcasting ed esso si diffonde nella rete con una connessione punto-a-punto. L'interesse, propagandosi nella rete, configura uno stato, determinato dal *gradiente*, in ciascun nodo
- I nodi, dotati del rilevatore di gas, si attivano al ricevimento dell'interesse se, e solo se, sono collocati nella regione X, i nodi "intermediari" impostano unicamente il gradiente



Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Direct Diffusion



Quando un nodo riceve o genera il dato, utilizza il gradiente per riconoscere il prossimo destinatario. Il procedimento si ripete su ogni nodo fino al sink. Il dato, inizialmente, si propaga su più traiettorie; è il sink a decidere quale sia, in primis, il nodo più “conveniente” e, in cascata, ciascun nodo scelto lungo la traiettoria sceglierà un nodo preferenziale

Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Routing gerarchico

□viene imposta una struttura alla rete, cioè alcuni nodi assumono un ruolo particolare nel processo di comunicazione. All'interno di un gruppo di nodi, detto cluster, un nodo viene nominato *cluster-head* e si occupa di coordinare le attività del cluster. Oltre a questi cluster-head, ci sono i nodi ordinari, che comunicano solo con il loro cluster-head, e gateway, che sono il punto di riferimento dei cluster-head.

Quando un nodo deve spedire un pacchetto ad un altro nodo, lo manda al cluster-head il quale lo inoltrerà direttamente al destinatario, se questo si trova all'interno del cluster oppure al gateway, se il destinatario appartiene ad un altro cluster. Solo i gateway e i cluster-head partecipano alla propagazione di messaggi di controllo e routing. Di conseguenza, l'overhead di routing viene ridotto significativamente e reti di grande dimensione non soffrono di problemi di scalabilità. Inoltre il clustering può essere sfruttato per operazioni di data-aggregation e di power management.

Nodi con maggior energia disponibile possono venir utilizzati per inviare e processare i dati, quelli con meno energia per effettuare i rilevamenti

Esempi:

□ Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH)

□ AODV (*Ad hoc On demand Distance Vector*) che è quello usato nello ZigBee

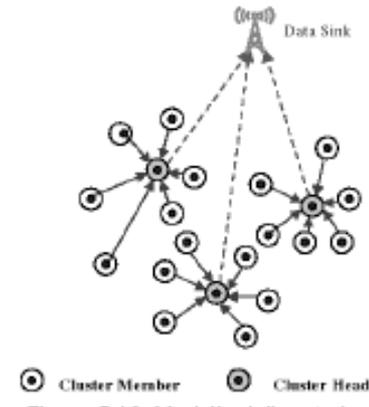
Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Routing gerarchico

Esempio del protocollo LEACH

- ❑ È composto da due fasi: la fase di *setup* e la fase di *steady*. Nella prima, i *cluster head* sono scelti attraverso un algoritmo casuale distribuito.
- ❑ I rimanenti nodi si uniscono ad un cluster head che consente loro di minimizzare l'energia per la comunicazione.
- ❑ Dopo questa associazione, i cluster creano uno scheduling per tutta la rete.
- ❑ Le trasmissioni dei dati avvengono durante la fase di *steady*.
- ❑ I nodi effettuano le misure e le mandano ai cluster head, i quali le inoltrano al sink, dopo averle aggregate.
- ❑ Questa fase dura molto di più di quella di *setup*, al fine di ridurre l'overhead del protocollo. Inoltre, la
- ❑ La fase di *setup* si ripete periodicamente, per consentire una rotazione dei cluster-head.



Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Routing gerarchico

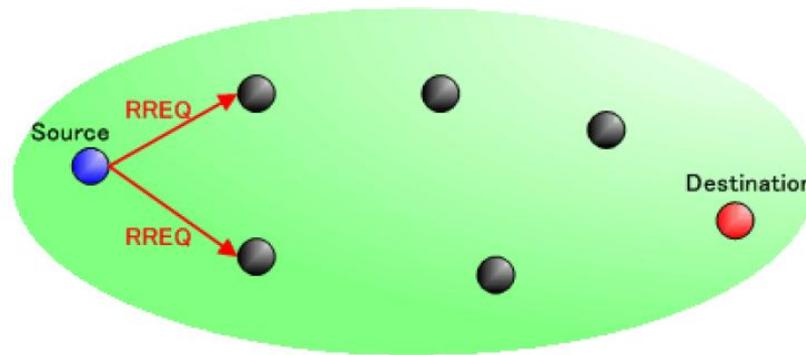
Esempio del protocollo AODV

è un protocollo di routing reattivo ed è implementato nell'architettura ZigBee.

Esso prevede l'utilizzo di tabelle di routing, mantenute da ogni nodo, contenenti informazioni sul *next hop*.

Se il next hop non è conosciuto, viene eseguito il processo di route discovery.

Quando un nodo fonte deve scoprire il percorso di instradamento verso un nodo destinatario, manda in broadcast un comando di richiesta route. Questo messaggio contiene l'indirizzo del mittente, l'indirizzo del destinatario e un costo del path.



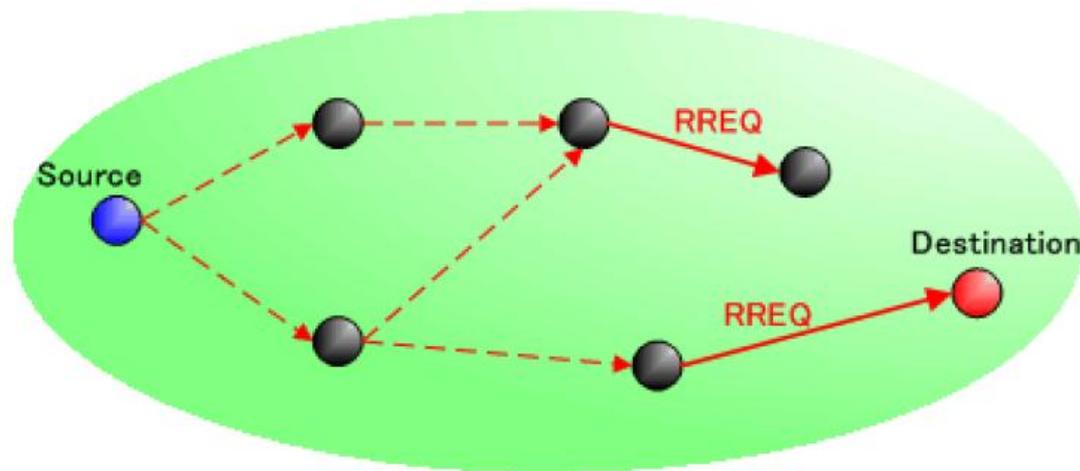
Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Routing gerarchico

Esempio del protocollo AODV

Man mano che il comando di richiesta del percorso si propaga nella rete, i nodi che ricevono e ritrasmettono il pacchetto incrementano il campo del costo del path e aggiungono una entry alla loro tabella di route discovery. Quando finalmente il nodo destinatario riceve il messaggio di richiesta route, compara il costo del cammino appena ricevuto con quello degli altri messaggi ricevuti.



Wireless Sensors Networks (WSN)

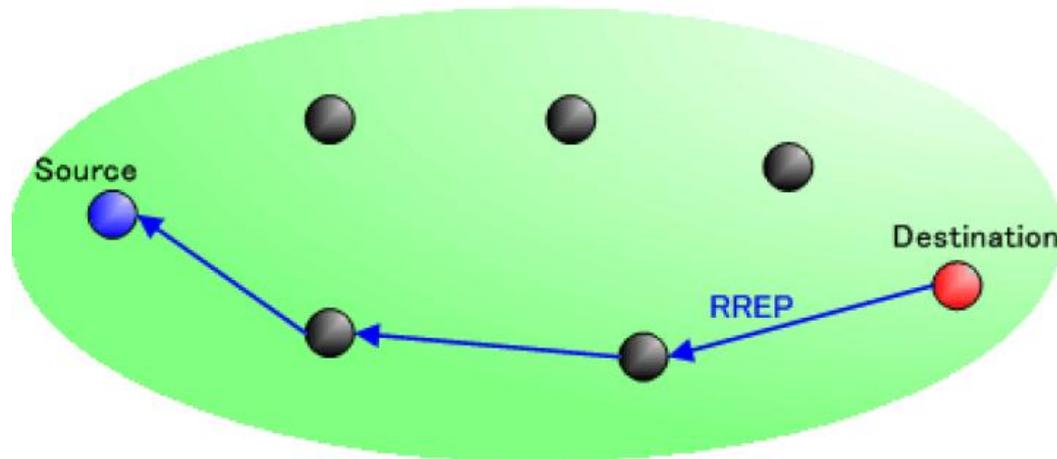
Livello Network e Routing

Routing gerarchico

Esempio del protocollo AODV

Se il costo del percorso è più basso degli altri, trasmette al nodo fonte un pacchetto di *route reply*. *I nodi intermedi ricevono il pacchetto e lo inoltrano fino al nodo da cui è partita la richiesta iniziale.*

Dato che il numero di percorsi che un nodo router può salvare è limitato, tale processo di route discovery avverrà più spesso in reti di grandi dimensione con molte comunicazioni fra i nodi.



Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Network e Routing

Location based routing

- ❑ La posizione di ogni nodo è nota e viene utilizzata per determinare i percorsi per le informazioni
- ❑ Ad esempio, i nodi vengono disposti in una griglia e associati a costi in base alla distanza

Esempi:

- ❑ Geographic Adaptive Fidelity (GAF)

Wireless Sensors Networks (WSN)

Livello Trasporto

La natura data-centric delle WSN combinata con le risorse hardware limitate, rende il protocollo TCP inutilizzabile in questo ambito.

Inoltre, le rete di sensori sono caratterizzate da un concetto di affidabilità differente dalle reti classiche.

Per di più, i livelli stessi di affidabilità o di controllo di congestione possono dipendere dal tipo dei dati trasportati e sono dipendenti anche dal percorso seguito dai pacchetti:

□ *forward path (dai nodi verso il sink) o reverse path (dal sink verso i nodi).*

Nel forward path si applica un principio di *event-reliability*, ovvero non ha importanza che tutti i pacchetti arrivino a destinazione, ma serve che arrivino almeno quelli necessari per un corretto monitoraggio dell'evento.

□ Al contrario, nel percorso inverso (reverse path), è richiesto che tutti i messaggi spediti dal sink giungano ai nodi destinatari. Questo perché i messaggi mandati dal sink contengono informazioni critiche per il controllo dell'attività del nodo, come query dei dati o istruzioni di programmazione.

Quindi, in questo caso, sono necessarie delle regole di consegna dei pacchetti più severe.