

# Capítulo 4

## 4. Diseminación de la Información

La Diseminación de información es un proceso mediante el cual las demandas (solicitudes) de información son ruteadas en la red de Sensores [HEI99].

La recolección de la información por los nodos sensores se transmite a cualquier nodo que esté interesado. El nodo que genera la información se le llama **fuelle** (*source*) y la información que se reporta se le denomina *evento* (evento). En cuanto al nodo con interés por dicha información se le conoce como **destino** (*sink*).

Técnicas de diseminación de Información han sido desarrolladas con la finalidad de que la difusión de eventos, puedan ser monitoreados y brinden una mejor idea de los sucesos.

### 4.1 Tráfico de la Información

El tráfico de información se puede ejemplificar mediante dos modelos: 1) el de recolección y 2) el de diseminación (difusión) de la información [HEI99]. En el primer modelo, la fuente manda información obtenida a una unidad de recolección

que puede ser un nodo central. Este evento puede ser periódico o en base a demanda. La información se procesa en una unidad central de colección. En contraste a este modelo de recolección, el segundo modelo de diseminación consiste de dos procesos: a) la propagación de interés y b) la propagación de la información requerida. Un interés indica la petición ó deseo de recibir una información en particular, tal como la temperatura, ó la presencia de agentes biológicos. Para cada evento se tiene un destino, por lo que el evento se difunde a los nodos vecinos y periódicamente se monitorea este evento durante el proceso de difusión. El interés se propaga a través de la red, y cada nodo mantiene en memoria los intereses que se susciten. Cuando un evento es detectado, éste es reportado a los nodos interesados mediante la memoria que registró el evento. Los nodos intermedios mantienen esta información y le informan al nodo destino.

El objetivo de la diseminación es que sea óptima mediante diferentes algoritmos de interés y ruteo de la información.

A continuación vamos a explicar varias técnicas de diseminación de la información tales como:

- Inundación
- Gossiping
- Rumor Routing
- Difusión Directa
- Método de Diseminación de Información basado en Tablas Geográficas de Solicitudes

### 4.1.1 Inundación

Con la **Inundación** (*Flooding*), cada nodo recibe un paquete transmitido hasta llegar a la cuenta máxima de saltos que se encuentra en el nodo central (generando el mensaje de interés de la información). Esta técnica no requiere un mantenimiento complejo de la red o algoritmo de descubrimiento, lo cual le da ciertas ventajas con respecto a las demás técnicas de diseminación de información. No obstante se presentan ciertas desventajas [HEI99]:

- **Implosión:** El término implosión es la compresión de una masa fusionable subcrítica esférica o cilíndrica [HEI99]. La implosión funciona detonando los explosivos en la superficie externa del objeto, por lo que la onda expansiva se mueve hacia dentro. En nuestro caso, se entiende que cuando se presenta una situación de duplicación de mensajes enviados al mismo nodo por varios nodos vecinos. La falla en la red se encuentra internamente sin extenderse a otra región de estudio de interés.
- **Traslape:** si dos nodos comparten la misma región de monitoreo, ambos probablemente sensen el mismo evento en el mismo tiempo. Como resultado, los nodos vecinos recibirán la información duplicada

- **Fuentes Ciegas:** el protocolo de *Flooding* no considera nodos sin energía disponible por lo que puede desencadenar en transmisión redundante. Por lo que la vida útil de la red sería socavada.

### **4.1.2 Gossiping**

Es una versión modificada de *Flooding*, donde los nodos no transmiten un paquete de manera indiscriminatoria, sino que seleccionan de manera aleatoria al vecino que recibirá dicho paquete. Esto evita el problema de la implosión, pero toma al mensaje un mayor tiempo su propagación a través de la red [AKY02]. Mediante el *Gossiping* se garantiza que todos los nodos de la red reciban el mensaje. Ya que la propagación es eventualmente aleatoria.

### **4.1.3 Rumor Routing**

En muchas situaciones donde la cantidad de intercambio de información es pequeña y la calidad de los enlaces no importa tanto, es cuando se tiene alternativas atractivas como la técnica de *Rumor Routing* [BRA02].

Conceptualmente, con la finalidad de que las fuentes y destinos se identifiquen unos con otros, se debe esparcir la información por toda la red, de

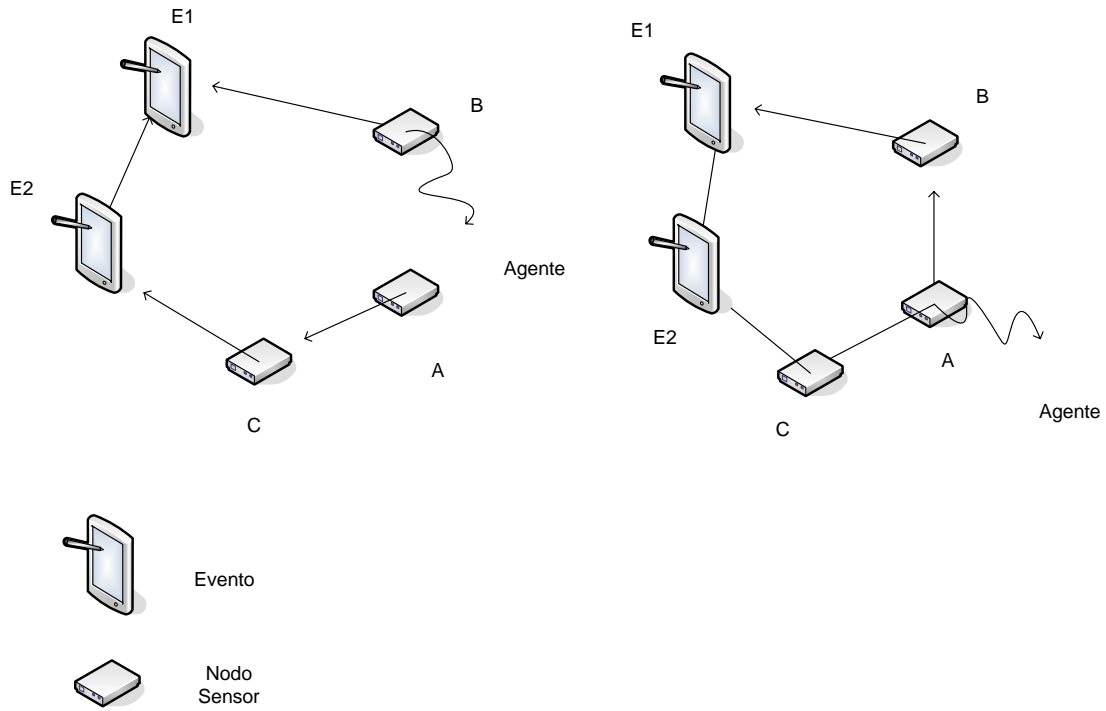
región en región hasta encontrar el campo donde se encuentre el sensor con la información a solicitar.

Tanto las fuentes como los destinos pueden ser acopladas en base al interés de estudio. Así mismo, podemos propagar la información de las fuentes hasta encontrar su nodo destino correspondiente.

*Rumor Routing* es un algoritmo de creación de enlaces en base a “agentes”. Esto agentes son entidades de larga duración creadas aleatoriamente por los nodos. Estás son básicamente paquetes que circulan en la red, estableciendo qué enlaces son los más cortos para la transmisión de los eventos. Así mismo, también pueden realizar optimización de enlaces en los nodos que ellos visitan. Cuando encuentran que un nodo emplea un enlace para transmitir la información de un evento, el agente, actualiza la tabla de ruteo del mismo nodo.

En la siguiente figura 4.1 se muestra el funcionamiento del algoritmo de *Rumor Routing*.

En la figura 4.1 (a) el agente inicialmente registra la distancia (número de saltos) del enlace (2) al evento E1 (de la tabla del nodo A) se denota que para el nodo A la distancia al evento E1 es de 3 y 2 del evento E2 respectivamente en dirección al nodo C. Cuando el agente visita el nodo A, actualiza su propio estado de información que incluye el enlace al evento E2. De la misma manera, el agente optimiza el enlace registrado a E1 con respecto a nodo A para tener un enlace más corto con el nodo B. El status actualizado del agente y el nodo se muestra en la figura 4.1 (b).



**Figura 4.1** Estado del Agente y Nodo [BRA02].

Tabla 4.1 (a)

	Evento	Distancia
Agente	E1	2

Evento	Distancia	Dirección
E1	3	C
E2	2	C

Tabla para el nodo A

Tabla 4.1 (b)

	Evento	Distancia
Agente	E1	3
	E2	3

Evento	Distancia	Dirección
E1	2	B
E2	2	C

Tabla para el nodo A

#### 4.1.4 Difusión Directa

El método de difusión directa para diseminación de información consiste de varios elementos. La información se le da un **nombre** (*naming*) usando valores de atributos. En cuanto a la tarea de sensado, es diseminada a través de la red con el nombre del interés [INT00].

En el nombramiento de atributos, se describe la tarea a realizar. Como se muestra en el Ejemplo 4.1.

El primer paso es el esquema de nombramiento de atributos en la red. Para nuestra red de Sensores escogimos atributos simples basados en el interés y su información. Por ejemplo, el rango de tipo de atributo se toma de una base de datos que representan objetos móviles, en nuestro caso un vehículo.

Ejemplo 4.1:

```
Type = vehicle          /* locación del vehiculo detectado*/
Interval = 1 s          /* reporte cada 1 segundo*/
Rect = [0, 0, 600,800] /*demanda dirigida a los sensores dentro de una
región*/
Timestamp = 02:30:00 /*cuando el interés se origino*/
expiresAt = 03:00:00 /*último momento hasta que el sink requiere la
información de interés*/
```

Es posible observar que en el formato del nombramiento de atributos, se tiene definido el objeto de interés, el cual en nuestro caso es la detección de un

vehículo (`Type = vehicle`), el tiempo de monitoreo continuo (`Interval = 1 s`) y una región definida de estudio (`Rect = [0, 0, 600, 800]`).

Es importante recalcar que la longevidad en la comunicación en la red determina que los protocolos de Difusión Directa aprendan qué enlace entre nodo destino y fuente es el más eficiente [INT00].

El nodo destino, es quien genera información en base a la tarea de solicitud de un interés. Es así como todos los nodos en la red buscan el interés (sin importar quien haya hecho la solicitud). Cada nodo mantiene una cantidad de memoria, con espacio para diversas entradas de intereses que ha registrado y cuya utilidad no ha expirado. En cuanto a esto, el nodo sólo sabe que la información proviene del nodo vecino y nada más. El nodo que tenga el interés puede tanto mandar a un nodo o a todos.

El nodo destino, periódicamente radiodifunde un mensaje que indica el interés en turno a cada uno de los nodos vecinos. Inicialmente, como se observó con anterioridad, el interés tiene especificados los parámetros `Rect` y `Interval` de los atributos.

Aunado a esto, tenemos que todos los nodos guardan en memoria las solicitudes de interés. En esta memoria se registran varios campos como: `Timestamp` y `gradiente`. `Timestamp` indica el momento en el cual se originó el interés y ayuda a diferenciar entre las diversas repeticiones de la información en cuanto al tiempo.



#### 4.1.4.1 Gradiente

El **gradiente** se basa en parte de la frecuencia de solicitud de información del interés y es un componente esencial de la difusión directa ya que se asocia con cada entrada de interés [INT00]. Un gradiente comúnmente se deriva de la frecuencia a la cual el nodo destino solicita información de un interés dado e indica la frecuencia de actualización deseada y el vecino (dirección) al cual se debe de enviar la información. Un aspecto importante es la manera en que los gradientes pueden ser empleados para reforzar aquellos enlaces eficiente para la entrega y por el contrario, descartar los que son improductivos.

Una vez que los enlaces apropiados son encontrados, el mecanismo de gradiente puede ser explotado para concentrar el tráfico a través de los enlaces más eficientes.

El gradiente controla qué tan seguido se va a sensor el evento.. El gradiente depende también de la dirección en la cual fluye la información y no necesariamente es simétrica entre fuente y destino [INT00].

Para una mejor comprensión del uso del concepto de gradiente durante el ruteo de información, se presenta el siguiente ejemplo 4.2.

Ejemplo 4.2:

Supongamos que un nodo destino se interesa en detectar a un animal en un área pequeña con un simple nodo sensor. Dado que se desconoce una ruta para acceder a esa área, el nodo destino deberá inundar toda la red con mensajes

de interés en busca de información que denote la presencia ó detección del animal en la zona sensada.

Por esta razón, la tasa inicial de solicitud de información se ajusta a un valor bajo, para evitar un exceso de tráfico en los diversos enlaces. La difusión del interés procede alejándose del nodo destino, hacia la fuente, hasta que la fuente con la información del animal en el área especificada es alcanzada.

Cuando se localiza el interés, es como si se encontrara una ruta directa entre fuente y destino que para aumentar la eficiencia de la comunicación, debe ser maximizado su uso. Para ello, la fuente estima a un valor de salida alto la tasa de transferencia de información a todos los gradientes de interés, para de cierta forma, inundar el canal directo entre fuente y destino. El nodo fuente tiene que generar muestreos a su tasa máxima y enviar el contenido de los registros de interés a los nodos vecinos para los cuales se tiene cada gradiente. Esto continúa hasta que el interés expira.

```
Type = animal          /* tipo de intruso detectado*/  
Instante = ardilla     /* reporte particular de la instancia*/  
Rect = [200,250]      /*locación del nodo dentro de una área*/  
Confidence = 0.80     /*confianza del enlace formado*/  
Timestamp = 02:45:20  /*cuando el interés se originó*/  
ExpiresAt = 03:02:10 /*último momento hasta que el sink requiere la  
información de interés*/
```

Aquel nodo que recibe la información de interés de su vecino, checa si existe alguna solicitud de dicha información. Si no existe tal solicitud tan solo la

elimina. Cada uno de los nodos lleva registro de todos los eventos vistos. Por lo que si recibe una información, ésta se compara con el registro de eventos y si la información ya fue recibida con anterioridad, se descarta.

Es importante precisar que nodo fuente y destino nunca se comunican directamente para la propagación la información y el interés, por lo que esto permite que la difusión directa se adapte rápidamente a los cambios de topología en la red.

En resumen, la difusión directa provee un mecanismo de comunicación de propósito general para una red inalámbrica de sensores [INT00].

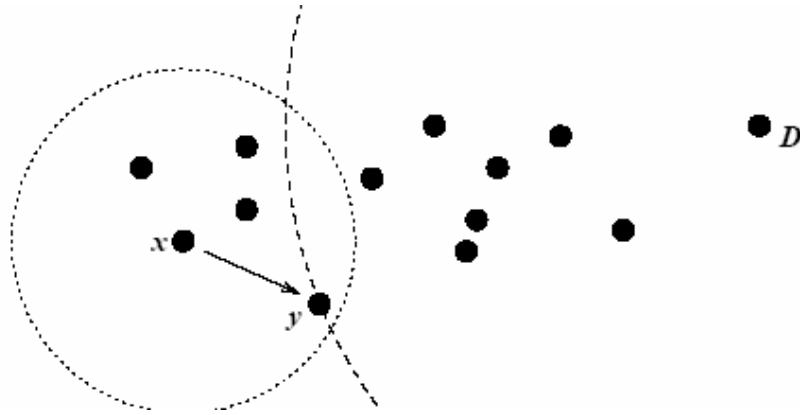
#### ***4.1.5 Método de Diseminación de Información basado en Tablas Geográficas de Solicitudes***

Una Tabla Geográfica de Solicitudes (GHT- *Geographic Hash Table*), es un método que se basa en la centralización del almacenamiento de la información como los sistemas Chord [STO01] y Tapestry [ZHA01], con el objetivo de lograr ruteo uniforme de la información, que es también era un objetivo de difusión directa.

Esta tabla suministra llaves dentro de coordenadas geográficas y éstas las guarda (llave, valor) en pares en los nodos sensores. El valor suministrado se calcula del acuerdo a un mapeo de los nodos, donde la demandas o solicitudes de algún interés ayudan a conocer el enlace correcto al nodo que requiere la

información de interés. La información almacenada se duplica (redundancia) en el caso de que un enlace falle y es distribuida entre los nodos para que la carga sea balanceada. A la par, se emplea un protocolo de ruteo GPSR [KAR00] *greedy perimeter stateless routing* (ruteo avaro perimetral sin estados), el cual también requiere de la información geográfica para rutear la información y las demandas. El ruteo geográfico alude la necesidad propagar la información en base a un simple salto (cada nodo solo debe conocer la posición de sus nodos vecinos para realizar un enlace con ellos). La posición del nodo destino y la de los nodos vecinos es suficiente información para hacer la decisión correcta para propagar la información, sin más información de la topología. Es por ello, que se le denomina avaro ya que con tampoco conocimiento de la red, la transferencia de información es eficiente.

Como vemos, en la figura 4.2 se tiene, que un nodo  $x$  recibe un paquete (información) cuyo destino es  $D$ . El rango de comunicación de  $x$  se denota por el círculo punteado sobre  $x$  y con un arco de radio igual a la distancia entre  $D$  e  $y$  es el círculo de líneas continuas.  $X$  transmite el paquete a  $y$ , dado que la distancia entre el nodo  $D$  y el nodo  $y$  es menor con cualquier otro nodo vecino de  $x$ . Este proceso se realiza hasta que se alcanza el nodo destino. El nodo  $y$  es el vecino más cercano con respecto de  $x$ , para alcanzar a  $D$ .



*Figura 4.2 Transmisión mediante un ruteo avaro [KAR00].*

La Tabla Geográfica de Solicitudes es más eficiente en grandes redes de Sensores [RAT02], donde un número amplio de intereses se detectan aunque no todos sean importantes. En este caso, la información se guarda en los nodos para que no se rutee a un almacenamiento externo. Las demandas se rutean al nodo más cercano el cual contiene una copia de la información relevante. Así, el almacenamiento y la distribución del tráfico son uniformes.

La Diseminación de la Información pretende mantener la red comunicada dado los parámetros de interés que pueden ser sensados por las redes de Sensores.

La búsqueda de eventos solicitados, conducen a tener un variedad en cuanto a la forma del flujo de información mediante técnicas como son: *Rumor Routing*, Inundación, *Gossiping*, Difusión Directa, y *GHT*.

Habiendo presentado en este capítulo la diseminación de la información dentro de la red, generado por los nodos fuente, presentamos a continuación

métodos de recolección de información en nodos destinos centrales llamados nodos base.