

Encaminamiento en Redes Ad-Hoc

Departamento de Sistemas Telemáticos y Computación (GSyC)

gsyc-profes (arroba) gsync.es

Noviembre de 2013



©2013 GSyC
Algunos derechos reservados.
Este trabajo se distribuye bajo la licencia
Creative Commons Attribution Share-Alike 3.0

Protocolos de encaminamiento para MANETs

Protocolos Reactivos vs Protocolos Proactivos

- Reactivos (Bajo demanda): Buscan una ruta **sólo cuando se necesita**
Ej: AODV, DSR
- Proactivos: Buscan rutas **periódicamente**, suponiendo que serán útiles
Ej: OLSR

Enfoque **reactivo** suele implicar

- Asumible latencia alta para el primer paquete
- Aunque la topología cambie, una ruta individual vive cierto tiempo
- Cierta independencia entre las rutas
- El número de rutas útiles es bajo frente a todas las posibles. (Como solo usaré algunas, busco esas cuando hacen falta, no me esfuerzo en buscar todas las posibles)

Enfoque **proactivo** suele implicar

- Alguna variante de Estado del enlace
(*foto completa* del grafo, Dijkstra)
- Exigencia de respuesta rápida
- La modificación de una ruta puede afectar a cualquier nodo
- El número de rutas útiles es relativamente alto frente a todas las posibles.
(Merece la pena buscar continuamente todas las posibles, porque muchas serán útiles)

También hay aproximaciones mixtas

Encaminamiento en Origen vs Encaminamiento Salto a Salto

Encaminamiento Salto a Salto (Hop by Hop Routing)

- Cada router decide sólo el siguiente salto
- La información de enrutado la guardan los routers

Encaminamiento en Origen (Source Routing)

- La ruta se establece al enviar el paquete
- Cada paquete lleva incluida su ruta
- La información de enrutado la guarda el paquete

Protocolos para redes Ad-Hoc

	Encaminamiento salto a salto	Encaminamiento en origen
Proactivos	DSDV, OLSR, CGSR, WRP, TBRPF	
Reactivos	AODV, LMR, TORA	DSR, LQSR

Destacan

- **AODV** *Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing*.
Perkins, 1997
- **DSR** *Dynamic Source Routing*.
Johnson, Maltz 1998
- **OLSR** *Optimized Link State Routing Protocol*.
Clausen & Jacquet, 2003

Mantienen **direccionamiento IP**

Protocolo AODV

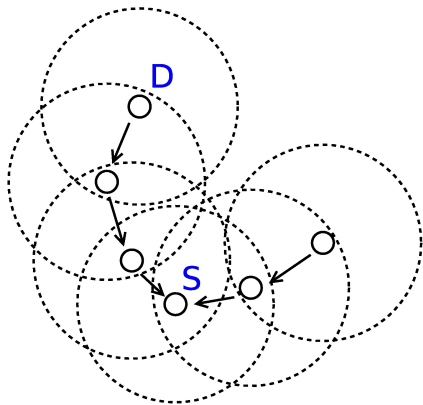
- Bajo demanda
- Encamina salto a salto
- Vector de distancias:
 - Nadie tiene grafo completo
 - Para cada posible destino sólo se conoce el primer salto por donde debe encaminarse y la distancia a la que se encuentra
- Para distinguir la información moderna de la antigua, se emplean *horas lógicas* (Identificador de nodo, N^o de secuencia)
- La hora lógica es local, no hay reloj absoluto

- Toda información en una tabla lleva la hora lógica de quien la generó, ya que es posible que cierta información recién recibida sea más antigua que otra recibida anteriormente
- Toda información acaba caducando, típicamente al cabo de pocos segundos

Funcionamiento General

- Cuando se necesita una ruta desde un origen (*Source*) hasta un destino (*Destination*), se inunda la red con peticiones RREQ (*Route REQuest*)
- Cuando un RREQ llega al destino buscado, o a alguien que conoce una ruta para el destino, se genera una respuesta RREP (*Route RREP*)
- El RREP sabe volver al origen porque la inundación de RREQ fue creando el camino de vuelta
- Cuando el RREP va volviendo al origen, va creando el camino de ida
- Una vez que el origen ha recibido el RREP, ya puede enviar datagramas, que seguirán el camino de ida

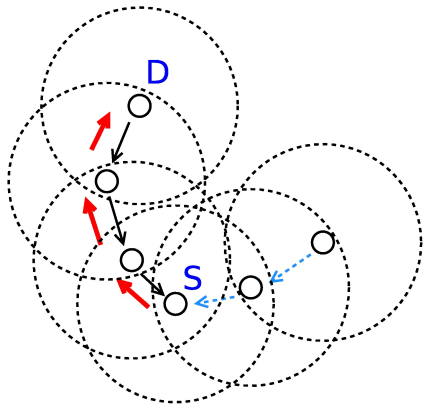
Formación del camino de vuelta



- Como *pulgarcito*, el RREQ tiene que saber volver: Cuando las peticiones de ruta inundan la red, las tablas apuntan hacia el origen
- Si un nodo no sabe responder petición de ruta, la reenvía
- Las tablas almacenan, en cada entrada, la hora lógica en el origen

Las flechas representan dónde apuntan las tablas. La petición de ruta viaja en sentido inverso

Formación del camino de ida



- El RREQ tiene éxito si llega al destino o a alguien que sabe llegar al destino
- Cuando el RREP vuelve, las tablas de los nodos apuntan hacia el destino. También se conserva la hora lógica del destino
- Si transcurrido cierto tiempo no llega un RREP, se borra la información

RREQ

Cada petición RREQ lleva:

- Origen de la petición y destino buscado
- Id. de petición
(Para controlar inundación)
- Hora lógica en que el destino envió la última ruta conocida (cero si no se conocía ninguna). Esto garantiza que nadie responda una ruta más vieja de la ya conocida
- Hora lógica en que el origen envió la petición (Si el origen se mueve y envía nuevas RREQ, la información sobre el nuevo camino de vuelta debe reemplazar a la información antigua)
- TTL

RREP

Cada respuesta RREP (viajando desde el destino hacia origen) incluye:

- Origen de la petición y destino buscado
- Hora lógica del destino
- Distancia del origen al destino

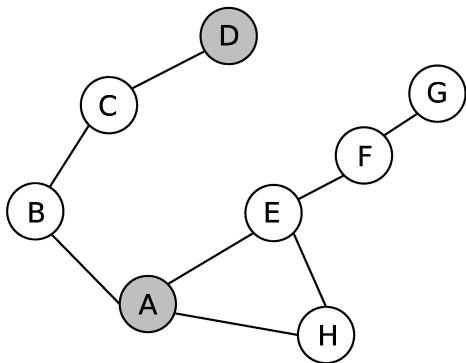
Mantenimiento de Ruta

- El movimiento se percibe como un cambio en el vecindario
- Cada nodo mantiene información sobre sus vecinos con *hellos* periódicos, de TTL=1
- Cada nodo mantiene información sobre rutas *vivas* (activas)
 - Si un cambio en el vecindario afecta a una ruta viva, se notifica un error para generar nuevas búsquedas
 - La desaparición de un vecino que no participa en ninguna ruta viva no provoca ninguna acción

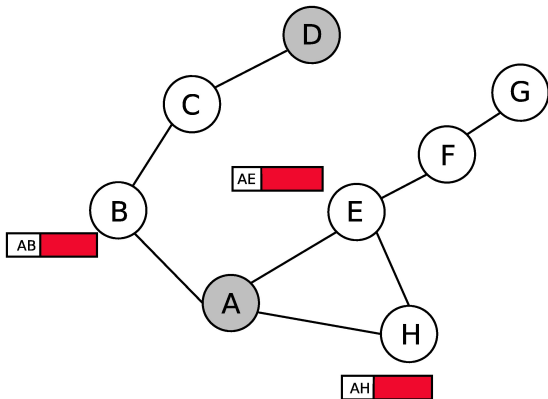
DSR: Descubrimiento de ruta

- Petición de ruta por **inundación**. Cada petición lleva
 - Identificador, para no propagar por duplicado
 - TTL
- La petición va registrando su ruta
- Si llega a su destino, contesta al origen

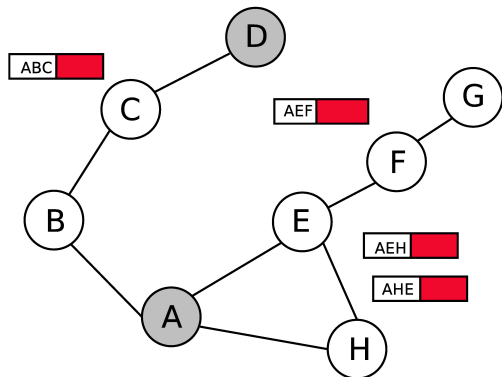
DSR: Descubrimiento de ruta



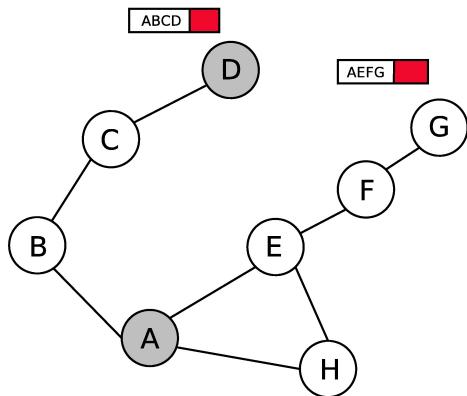
DSR: Descubrimiento de ruta



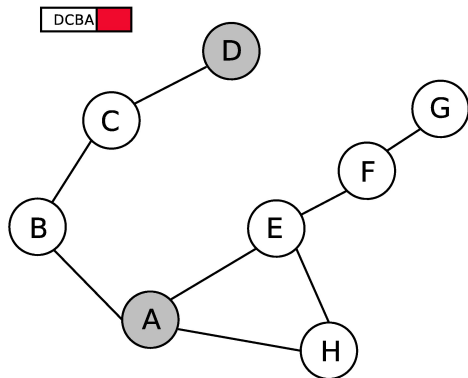
DSR: Descubrimiento de ruta



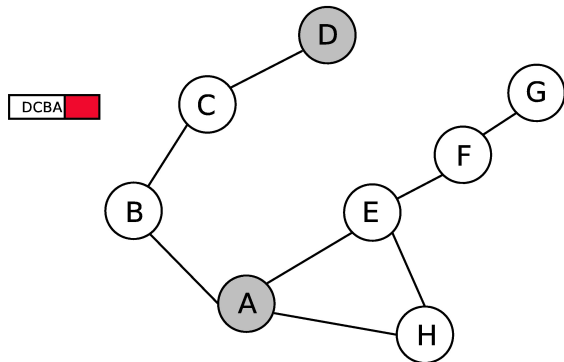
DSR: Descubrimiento de ruta



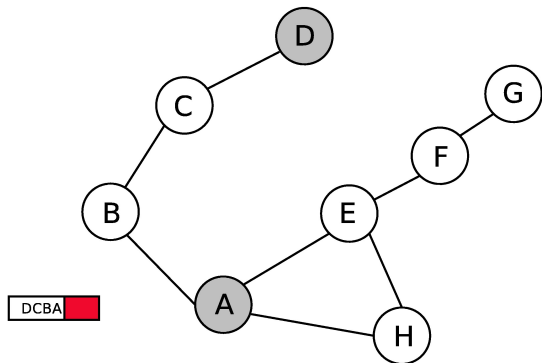
DSR: Descubrimiento de ruta



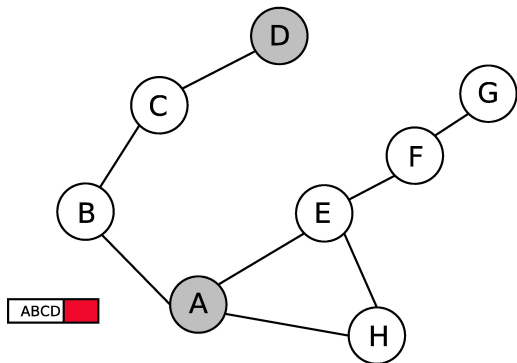
DSR: Descubrimiento de ruta



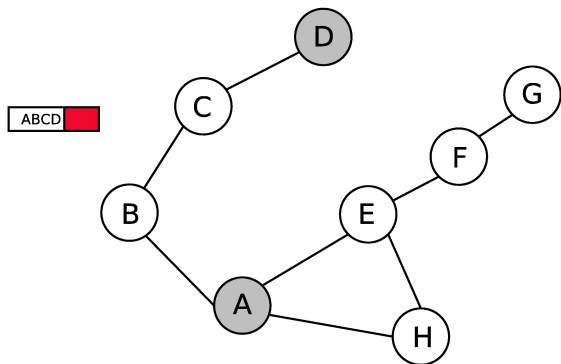
DSR: Descubrimiento de ruta



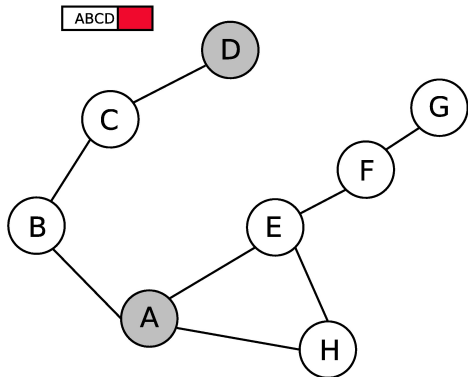
DSR: Envío de datos



DSR: Envío de datos



DSR: Envío de datos



DSR: Mantenimiento de ruta

- Cada nodo es responsable del siguiente salto
- Si se pierde un enlace, se comunica al origen
best effort:
No se recuperan errores

- *Salvar paquetes*. Ruta ABCDE. Si DE se cae, D no envía *Route Error* , sino que busca una ruta alternativa
- Acortamiento automático de ruta. Ruta ABCD. Si C percibe que A envía paquete a B, C envía *Gratuitous Route Reply* ACD
- Difusión de información sobre enlaces caidos

Técnicas Adicionales

- A un *route request*, además del propio destinatario podría contestar otro nodo que conozca una ruta
 - Porque la haya empleado previamente y la mantenga en caché
 - Porque la haya *figoneado* de algún paquete capturado
Este caso se prohíbe que un nodo responda una ruta de la que no participa, puesto que el nodo no percibiría los *route error* que invalidarían esa ruta
- *ring zero search*. Antes de lanzar una petición de ruta convencional, se lanza una especial con $\text{ttl}=1$
- Simplificación de rutas: ABCDBE se simplifica a ABE

Redes Híbridas

Red Ad-Hoc + Red Fija.

Basado en Mobile IPv6.

Tres cuestiones principales

- 1 Descubrimiento de pasarelas
- 2 Direccionamiento
- 3 Encaminamiento

Descubrimiento de pasarelas

- Proactivo. Las pasarelas se anuncian
- Reactivo. Las estaciones envían solicitudes
- Mixto

Direccionamiento

Una estación necesita una *care of address* de la subred del gateway.
Puede obtenerla con autoconfiguración:

- *stateful*

La proporciona una entidad central en la subred

- *stateless*

- 1 Usando dirección provisional *link local*, obtiene el prefijo
- 2 Lo concatena a una dirección (de enlace o aleatoria)
- 3 Se hace detección de duplicados. (a veces no)

Encaminamiento

Dos enfoques posibles

- Todos los nodos incluyen pila IP y pila del protocolo Ad-Hoc. Cualquier nodo puede ser pasarela, todos los nodos de la red Ad-Hoc saben encaminar a la red fija
 - Mezclar ambos protocolos tiene sus inconvenientes, por ejemplo las direcciones IP son jerárquicas, en Ad-Hoc, son planas. Un datagrama podría llegar a una pasarela con una dirección que no tiene el prefijo adecuado
- Sólo algunos nodos especiales saben encaminar a la red fija. El origen indica explícitamente la pasarela. Los nodos ordinarios solo conocen el protocolo Ad-Hoc

Enlaces

- An outsider's view of MANET
- DSR: The Dynamic Source Routing Protocol
<http://www.cs.cmu.edu/~dmaltz/dsr.html>
- Ad Hoc On Demand Distance Vector Routing
<http://citeseer.nj.nec.com/article/perkins99ad.html>
- F.J. Ros. Evaluación de Propuestas de Interconexión a Internet para Redes Móviles Ad Hoc Híbridas