

Protocolo W2LAN para transformar una red móvil 802.11 Ad-Hoc (MANET) en una LAN Ethernet

Francesc Burrull, Francisco Miguel Monzo-Sanchez,
Joan Garcia-Haro, Josemaria Malgosa-Sanahuja

Departamento de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Universidad Politécnica de Cartagena
Campus Muralla de Mar s/n, Cartagena, E-30202, España
TEL +34 968 325365, FAX +34 968 325338
email: {francesc.burrull, francisco.monzo, joang.haro, josem.malgosa}@upct.es

Resumen. *las redes MANET (Mobile Ad-Hoc Network) presentan el problema de la visibilidad parcial [1], por lo que hay que considerar protocolos de encaminamiento de nivel de enlace (capa 2 OSI) o superior. Algunos ejemplos de protocolos de encaminamiento en uso podrían ser el protocolo AODV (Ad Hoc On-demand Distance Vector[2]) -reactivo- y DSDV (Destination-Sequenced Distance Vector [3]) -proactivo-. En [4] se puede encontrar una comparativa extensa sobre protocolos de encaminamiento en redes MANET, observando que una característica común de estos protocolos es su complejidad. Con todo esto en mente, y teniendo en cuenta que las redes LAN Ethernet son omnipresentes [5] y sus protocolos y aplicaciones robustos y sobradamente conocidos, la idea de mantenerlos parece más que razonable. Ahora bien, hay una característica que las redes LAN tienen que las redes IEEE 802.11x MANET no tienen: la visibilidad total.*

1. Introducción

El protocolo W2LAN (*Wireless to LAN*) es un protocolo de nivel de enlace que transforma desde el punto de vista de capas superiores una red 802.11x MANET en una red LAN Ethernet, manteniendo compatibilidad con otros protocolos ya bien establecidos y probados. Así, usando W2LAN cualquier par de terminales inalámbricos que pertenezcan a la misma LAN se verán entre ellos -visibilidad total-, siempre que al menos exista una ruta entre ellos (característica mínima necesaria en cualquier red).

Una red inalámbrica IEEE 802.11x con un Punto de Acceso (AP, *Access Point*) no es más que un conjunto de terminales que pueden verse desde capas superiores como una red LAN Ethernet convencional, excepto que en lugar de cables hacia un concentrador/conmutador se utiliza un radio-enlace hacia el AP. Desde este punto de vista, un terminal fuera de cobertura del AP es equivalente a un terminal que tuviese el cable de red desconectado. En este escenario, en un momento dado un terminal o pertenece a la red o no pertenece a la red. Ahora bien, el escenario es muy diferente cuando la red inalámbrica IEEE 802.11x opera sin AP, en modo Ad-hoc. Un ejemplo sencillo sería el de la figura 1, donde el terminal A ve al terminal B, que a su vez ve a C, pero A no ve directamente a C.

W2LAN se basa en un modelo natural (filtrado por evolución) para diseminar información, emulando una habitación oscura con gente en su interior. Si alguien (figura 1, terminal A) quiere compartir una información -información 'a'-, en primer lugar se anuncia: "¿Alguien quiere la información 'a'?". Los terminales que rodean la fuente (terminales B y D), si están interesados en dicha información, contestarán con la solicitud "Sí, estoy

interesado en la información 'a'". Entonces, si la fuente ha recibido alguna solicitud, termina la transacción entregando la información 'a'. La siguiente iteración es llevada a cabo por los alrededores de la fuente (terminales B y D), porque a su vez se han convertido en fuentes. Obsérvese que la información 'a' se va a diseminar a todo terminal, y tarde o temprano desaparecerá por falta de interés en informaciones conocidas (nadie contestará el anuncio de C).

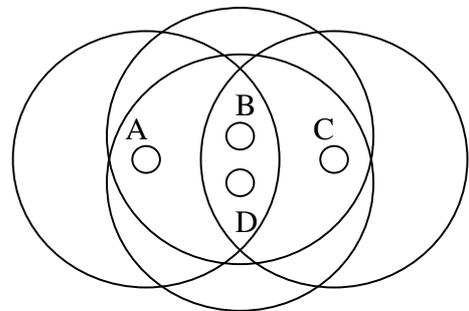


Figura 1: Ejemplo de una topología de red Ad-Hoc 802.11

Por construcción, el protocolo MCDP-LAN [6] explota la naturaleza broadcast de las redes Ethernet LAN, pero no puede utilizarse directamente sobre una red Ad-Hoc, porque el protocolo MCDP-LAN asume que va a operar sobre un medio broadcast con visibilidad total (como los demás protocolos Ethernet). En este punto una opción era modificar MCDP-LAN, pero una opción mucho mejor era diseñar una capa intermedia genérica que ofreciese visibilidad total entre terminales, para que MCDP-LAN (o cualquier otro protocolo Ethernet) sin modificar operase sobre "LAN" (nótese que "LAN" será en realidad una red Ad-Hoc con una capa adicional).

El protocolo W2LAN (Wireless to LAN) es un protocolo de nivel de enlace que transforma desde el punto de vista de capas superiores una red 802.11x MANET en una red LAN Ethernet, manteniendo compatibilidad con otros protocolos ya bien establecidos y probados. Así, usando W2LAN cualquier par de terminales inalámbricos que pertenezcan a la misma LAN se verán entre ellos (visibilidad total), siempre que al menos exista una ruta entre ellos (característica mínima necesaria en cualquier red).

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: La sección 2 ilustra el servicio ofrecido por el protocolo W2LAN, así como las suposiciones en las que se basa. La sección 3 describe el vocabulario (mensajes intercambiados) y la codificación (formato) de los mismos. En la sección 4 se analizan las reglas de procedimiento del protocolo. Finalmente, en la sección 5 se explican posibles aplicaciones del protocolo W2LAN y se concluye el artículo.

2. Servicio y suposiciones

El servicio que el protocolo W2LAN ofrece es dotar de visibilidad total a los nodos pertenecientes a una red Ad-Hoc determinada. Cuando un nodo tiene una trama Ethernet preparada para transmitir, en lugar de transmitir la trama directamente, ésta es entregada a la capa W2LAN, que de inmediato iniciará una nueva conversación W2LAN. De manera complementaria, cuando un nodo ha recibido una conversación completa, su capa W2LAN entregará la trama Ethernet asociada a dicha conversación igual que lo haría un dispositivo Ethernet normal.

El protocolo W2LAN se basa en 2 suposiciones. La primera es que opera sobre dispositivos wireless Ethernet en modo Ad-Hoc. Esto significa que los nodos deben de tener al menos un dispositivo wireless configurado correctamente, tal como se haría en una red Ad-Hoc sin W2LAN. La segunda suposición es que debe existir al menos una ruta posible entre cualquier par de nodos. El protocolo sigue funcionando en redes fragmentadas, tratándolas como redes aisladas. Ahora bien, se sobreentiende que no es el caso deseado, ya que el hecho de usar W2LAN lleva implícito que se está intentando solucionar un problema de visibilidad parcial.

3. Vocabulario y formato

El protocolo W2LAN se basa en el concepto de transacción W2LAN (subconjunto de tramas pertenecientes a una misma conversación atendidas por un nodo) y el de conversación (conjunto de tramas en la red que comparten el mismo identificador de conversación). Para describir el vocabulario es suficiente con desglosar las transacciones. Una transacción W2LAN

consiste en una tripleta {*anuncio*, *solicitud*, *datos*} que transportará tramas Ethernet a los distintos nodos vecinos interesados. Así, el vocabulario del protocolo W2LAN necesario para construir transacciones W2LAN será:

- **Anuncio:** El mensaje *anuncio* es utilizado cuando un nodo tiene una nueva trama a transmitir, ya sea proveniente de capas superiores o proveniente de una conversación acabada de recibir que debe ser retransmitida. Este mensaje lleva asociado la dirección MAC origen del nodo, un identificador (ID) de conversación y la cabecera de la trama Ethernet que se está distribuyendo.
- **Solicitud:** El mensaje *solicitud* se utiliza la primera vez que un nodo recibe un *anuncio* de una conversación nueva. Este mensaje lleva asociado la dirección MAC destino del nodo (o de manera equivalente, la dirección MAC origen del nodo que mandó el correspondiente *anuncio*) y el identificador de conversación correspondiente.
- **Datos:** El mensaje *datos* se utiliza si un nodo que ha anunciado previamente una conversación recibe alguna *solicitud* de la conversación anunciada. Este mensaje lleva asociado el correspondiente identificador de conversación y el campo de datos de la trama Ethernet que se está distribuyendo.

El formato de cada mensaje (figura 2) se ha diseñado para que sea compatible con Ethernet, teniendo en cuenta en todo momento la simplicidad. Así, cada mensaje encaja en una trama Ethernet, evitando fragmentar los mensajes. Los campos de cada mensaje son:

- *anuncio* (34 bytes)
Campos de la cabecera Ethernet:
 - Dirección destino (6 bytes). En las tramas *anuncio* siempre es la dirección de broadcast, FF FF FF FF FF FF.
 - Dirección origen (6 bytes). Corresponde con la dirección MAC del nodo que transmite.
 - Tipo de datos (2 bytes). El protocolo W2LAN utiliza para las tramas *anuncio* el valor 69 01.Campos del cuerpo Ethernet:
 - ID de conversación (6 bytes). Es un identificador único, que es compartido por toda trama perteneciente a una conversación determinada.
 - Dirección MAC destino de la trama Ethernet (6 bytes). Corresponde con la dirección MAC destino de la trama Ethernet que se está esparciendo.
 - Dirección MAC origen de la trama Ethernet (6 bytes). Corresponde con la

- dirección MAC origen de la trama Ethernet que se está esparciendo.
- Tipo de datos de la trama Ethernet (2 bytes). Corresponde con el campo de tipo de datos de la trama Ethernet que se está esparciendo.

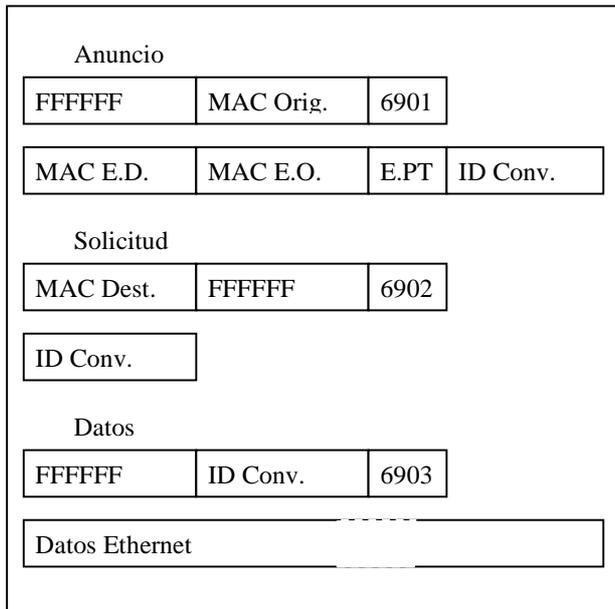


Figura 2: Tramas (cabecera/datos) que utiliza W2LAN

- *solicitud* (20 bytes)

Campos de la cabecera Ethernet:

- Dirección destino (6 bytes). En las tramas *solicitud* corresponde con la dirección MAC del nodo que anteriormente anunció la conversación que se está llevando a cabo.
- Dirección origen (6 bytes). Corresponde con la dirección MAC del nodo que transmite.
- Tipo de datos (2 bytes). El protocolo W2LAN utiliza para las tramas *solicitud* el valor 69 02.

Campos del cuerpo Ethernet:

- ID de conversación (6 bytes). Es un identificador único, que es compartido por toda trama perteneciente a una conversación determinada.

- *datos* (igual tamaño que el campo de datos Ethernet original)

Campos de la cabecera Ethernet:

- Dirección destino (6 bytes). En las tramas *datos* siempre es la dirección de broadcast, FF FF FF FF FF FF.
- ID de conversación (6 bytes). Es un identificador único, que es compartido

por toda trama perteneciente a una conversación determinada.

- Tipo de datos (2 bytes). El protocolo W2LAN utiliza para las tramas *datos* el valor 69 03.

Campos del cuerpo Ethernet:

- Campo de datos de la trama Ethernet (*payload*). Corresponde exactamente con el campo de datos de la trama Ethernet que se está distribuyendo.

4. Reglas de procedimiento

Para poder comprobar la corrección de las reglas de procedimiento, éstas se han expresado en el lenguaje de especificación formal SDL (*Specification and Description Language*, [7]). SDL es un lenguaje de especificación formal aceptado como estándar internacional por la ITU (*International Telecommunications Union*, [8]), recomendación Z101-104.

Para poder validar el protocolo de manera automática, éste se ha modelado mediante la herramienta SDL-TTCN Suite de Telelogic [9]. Esta suite permite el uso combinado de MSC (*Message Sequence Charts*) con SDL directamente desde la herramienta de validación. MSC es un lenguaje tanto gráfico como textual de descripción y especificación de las interacciones entre componentes de un sistema.

En este artículo se hace una descripción informal (entiéndase como no formal), utilizando texto llano de las reglas de procedimiento.

Desde el punto de vista de un nodo participante cualquiera, el protocolo empieza a operar cuando recibe una trama Ethernet desde capas superiores o cuando se recibe una trama W2LAN desde algún otro nodo.

En el primer caso, se construirá una trama *anuncio* con un nuevo ID de conversación y se emitirá. Debido a que la cabecera Ethernet ya ha sido transmitida en la trama *anuncio* no hay ninguna razón para almacenarla, pero lo que sí que hay que almacenar temporalmente es el campo de datos Ethernet, debidamente identificado mediante la etiqueta ID de conversación acabada de crear. El lugar para dicho almacenamiento es la lista de tramas pendientes. A continuación, el nodo debe esperar un cierto intervalo de tiempo, la ventana de solicitudes. Para permitir la concurrencia de varias conversaciones simultáneas se utilizan dos listas adicionales, la lista de temporizadores y la lista de contadores. Un elemento que contiene el instante de caducidad del temporizador (instante actual + ventana de solicitud) se añade al final de la lista de temporizadores cada vez que se (re)activa el temporizador (que es cuando se emite *anuncio*). Un elemento que contiene ID de conversación y un contador con el valor inicial cero se añade al final de la lista de

contadores. Durante el período de tiempo ventana de solicitud, si se recibe alguna trama *solicitud* y la conversación correspondiente está en la lista de contadores, su contador se incrementará. Cuando finalice el período de tiempo de la ventana de solicitud, la trama pendiente se elimina de la lista de tramas pendientes y, si ha habido alguna trama *solicitud* asociada a la trama identificada por ID de conversación, se construirá la correspondiente trama data y se transmitirá.

En el caso de recibir una trama W2LAN desde otro nodo (nodo actuando como repetidor) se utilizará la lista de conversaciones. Esta lista opera como un búfer circular sobre-escribiendo los elementos más antiguos. Un elemento genérico de la lista consiste en un campo ID de conversación, un campo de tipo booleano que indicará si la conversación está pendiente, y una cabecera Ethernet. La trama W2LAN recibida puede ser *anuncio* o data (nótese que *solicitud* sólo se recibe como respuesta a una transmisión *anuncio* previa).

Si se recibe una trama *anuncio* se comprueba la lista de conversaciones. Si la conversación no está en la lista se añade un nuevo elemento marcado como pendiente y se construye y emite la correspondiente trama *solicitud*.

Si se recibe una trama data se comprueba la lista de conversaciones. Si la conversación está en la lista y está marcada como pendiente se construirá una trama Ethernet con la cabecera almacenada en la lista de conversaciones y el campo de datos acabado de recibir. A continuación, sólo si la trama Ethernet reconstruida es para el nodo que la ha recibido se entregará a capas superiores, y en cualquier caso se iniciará una nueva iteración como si la trama Ethernet hubiese llegado de capas superiores.

5. Posibles aplicaciones de W2LAN y conclusiones

Una característica interesante del protocolo W2LAN es que desde el punto de vista de capas superiores de la torre de protocolos una red Ad-Hoc Ethernet con W2LAN puede operar de manera equivalente que una red inalámbrica con un punto de acceso (AP). La aplicación inmediata que se desprende es la de dar cobertura a una cierta área que, por ejemplo, haya sufrido un desastre natural. Bastaría con que los equipos de rescate transportaran consigo equipos inalámbricos equipados con el protocolo W2LAN, sin ninguna necesidad de instalar equipos. En este tipo de escenario, una red LAN puede ser instalada sin ningún control centralizado y obteniendo la cobertura necesaria, que no es más que la cobertura total de todos los dispositivos móviles inalámbricos presentes en el escenario. Éstos forman la LAN.

El aplicar W2LAN conlleva las ventajas e inconvenientes de cualquier sistema descentralizado, pudiéndose vislumbrar que habrá problemas de escalado. Hay que remarcar también que el entorno LAN en sí tiene problemas de escalabilidad, por lo que si se mantiene la LAN en tamaños aceptables el problema del escalado pierde importancia.

Referencias:

- [1] F. Baker, An outsider's view of MANET, *Internet Engineering Task Force document*, 17 March 2002.
- [2] C. E. Perkins, E. M. Royer, and S. R. Das. Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing." *draft-ietf-manet-aodv-06.txt*, July 2000.
- [3] C. Perkins and P. Bhagvat. Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers. *ACM Computer Communications Review*, pages 234-244, Oct. 1994.
- [4] E. M. Royer and C-K. Toh, "A review of current routing protocols for ad-hoc mobile wireless networks", *IEEE Personal Communications*, 6(2):46-55, abril 1999.
- [5] Gilbert Held, "*Ethernet Networks Design, Implementation, Operation, Management.*" (John Wiley & Sons, 4th Edition, ISBN 0-470-84476-0).
- [6] F. Burrull et al. MCDP-LAN, an efficient Multimedia Content Distribution Protocol over LAN. *Proc. of the IASTED International Conference on Communications, Internet & Information Technology (CIIT2002)*, pp. 366-370.
- [7] SDL Forum, <http://www.sdl-forum.org>
- [8] International Telecommunications Union, <http://www.itu.int>
- [9] Telelogic AB., <http://www.telelogic.com>