

Utilización de códigos Fountain para la transmisión fiable de datos en redes Homeplug AV

P.J. Piñero-Escuer, J.P. Muñoz-Gea, M.R. Liarte-López, J. Vidal-Panalés, J. Malgosa-Sanahuja.
 Departamento Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
 Universidad Politécnica de Cartagena.
 Antiguo Cuartel de Antigones (Campus muralla de mar), 30202 Cartagena.
 Email: {pedrop.escuer, juanp.gea, rosa.liarte, jesus.vidal, josem.malgosa}@upct.es

Resumen. *Los avances tecnológicos están provocando que cada vez sea más necesaria la instalación de redes de comunicaciones en el hogar o en la pequeña y mediana empresa (PYME). La tecnología de red que más interés está despertando en este tipo de entornos es la PLC (Power Line Communications, concretamente el estándar HomePlug AV), que utiliza la infraestructura de cableado de baja tensión del edificio para el intercambio de información. En este trabajo se presentan los códigos Fountain como un mecanismo eficaz para la transmisión fiable de datos en este tipo de redes.*

1 Introducción

Cada vez es mayor la cantidad de dispositivos electrónicos ubicados en el hogar con facilidades de comunicación. Desde televisores y aparatos de radio interactivos hasta ordenadores o vídeo-consolas, sin olvidar algunos de los equipos de la línea blanca (neveras, etc); todos ellos compartiendo dinámicamente el acceso a Internet propio del hogar. Se avecina, por tanto, una era en la que las comunicaciones dentro del hogar (*in-home*) van a tener un papel relevante dentro de la denominada Sociedad de la Información. En la actualidad existen varias alternativas para el despliegue de redes *in-home*. Estas tecnologías se pueden dividir en tres categorías:

- **Inalámbricas:** Su principal ventaja es que el receptor tiene libertad para moverse manteniendo la conectividad. Las tecnologías inalámbricas más interesantes son las de la familia 802.11. Dentro de ella tenemos desde 802.11b, que proporciona una tasa de transmisión de 11Mbps, hasta 802.11n que puede proporcionar tasas hasta 300Mbps.
- **Cableadas:** Este tipo de redes presentan el inconveniente de que requieren el despliegue de una infraestructura de cableado estructurado para dar servicio de voz y datos que puede llegar a ser muy costoso.
- **No-new-wires:** Se denominan así las tecnologías que son capaces de aprovechar las infraestructuras de cableado ya existentes en el edificio para el despliegue de la red. Dentro de esta categoría tenemos las tecnologías que utilizan la línea telefónica, el cable coaxial del operador de CATV o la red eléctrica para el intercambio de datos. Esta última es la que más interés está despertando actualmente, ya que las otras dos presentan el inconveniente de que el número de puntos de conexión con la línea telefónica o con la red de cable es muy limitado.

No cabe duda que las dos tecnologías con mayor índice de penetración en entornos in-home son las redes inalámbricas y las PLC (*Power Line Communications*), es decir, las comunicaciones a través de la red eléctrica. Las redes PLC son muy sencillas de instalar y de ampliar y además su coste de instalación es extremadamente bajo.

El estándar más aceptado dentro de la tecnología PLC es Homeplug AV (HP audio-video, o simplemente HPAV). Este estándar proporciona un ancho de banda de hasta 150 Mbps sobre los cables de baja tensión existentes en cualquier edificio.

En este trabajo se muestran brevemente las características del canal PLC y se proponen los códigos *Fountain* como un mecanismo eficaz para la transmisión fiable de datos en este tipo de redes.

2 Homeplug AV

Homeplug AV es un estándar para la transmisión de datos en redes PLC de bajo voltaje (220v) auspiciado por la Homeplug Alliance [3]. Su principal propósito es proporcionar suficiente capacidad para soportar un acceso a Internet de banda ancha y, a la vez, permitir la distribución de contenidos de audio y vídeo. Esta tecnología es capaz de proporcionar una capacidad de hasta 150 Mbps utilizando técnicas como Turbo-códigos convolucionales para la detección y corrección de errores y una modulación OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) con 917 portadoras disponibles.

2.1 Nivel Físico

HPAV opera en el rango de 2 a 28 MHz y proporciona una tasa de transmisión de 200 Mbps. El uso de Turbo Códigos Convolucionales para la detección y recuperación automática de errores reduce la tasa real de bits de información transmitida a aproximadamente 150 Mbps.

La modulación utilizada para la transmisión es OFDM. Esta modulación se basa en la transmisión simultánea de un gran número de portadoras ortogonales entre sí y con un ancho de banda muy reducido. El transmisor se encarga de detectar las características del canal con objeto de eliminar las portadoras con un SNR más pobre y seleccionar la modulación y codificación adecuada para cada una de las portadoras restantes.

2.2 Nivel de control de acceso al medio (MAC)

El nivel MAC de HPAV se encarga de aceptar los datos del nivel superior y encapsularlos añadiéndoles una cabecera, formando lo que denominaremos una trama MAC. Cada trama MAC es a su vez dividida en segmentos, que pueden ser codificados, transmitidos y decodificados de manera independiente. Estos segmentos son entregados al nivel físico, el cual les añade el código FEC correspondiente y los transmite al medio. El nivel MAC de HPAV puede establecer dos modos de transferencia distintos:

- Transferencias orientadas a conexión con requerimientos de QoS. Este servicio se proporciona utilizando un sistema TDMA (*Time Division Multiple Access*).
- Transferencias no orientadas a la conexión (*connectionless*) que comparten un mismo canal de comunicaciones (*contention*). Se proporciona mediante un esquema CSMA/CA basado en prioridades.

3 Códigos Fountain

El protocolo más ampliamente utilizado para la transmisión de datos en todo tipo de redes es TCP. Sin embargo, TCP está pensado para un canal de comunicaciones *full-duplex* y sus prestaciones bajan de una manera importante en canales *half-duplex* como es el caso del canal PLC.

Una alternativa a TCP para la transmisión en este tipo de medios son los códigos *Fountain*. Estos códigos permiten la transmisión fiable de información sin necesidad de un canal de retorno. La naturaleza *half-duplex* de HPAV nos da a entender que utilizando este tipo de códigos para la transmisión de datos se alcanzarán prestaciones similares o incluso mejores que con TCP.

Los códigos *Fountain* se basan en la idea de que el transmisor puede verse como una fuente de agua que es capaz de producir una cantidad infinita de gotas de agua. El receptor representa un recipiente que necesita recoger un cierto número de esas gotas para poder obtener la información. La ventaja principal que presentan este tipo de códigos es que el receptor puede recuperar la información sin importarle cuales de esas gotas ha recogido. Una codificación de tipo *Fountain* debe cumplir las siguientes características:

- El transmisor debe ser capaz de generar una cantidad potencialmente infinita de paquetes codificados a partir de la información que desea transmitir.
- El receptor debe poder decodificar un mensaje formado por K paquetes a partir de cualquier conjunto de K' paquetes codificados, para un valor de K' ligeramente superior a K .

Las tres implementaciones más importantes que existen en la actualidad de este tipo de códigos son los códigos *LT* [1], los códigos *Raptor* [6] y los códigos *Online* [2].

3.1 Códigos Online

Los códigos Online están definidos por dos parámetros, ϵ y q , además de por el tamaño de bloque. Un mensaje de k símbolos de entrada, podría ser decodificado a partir de $(1+3\epsilon)k$ símbolos codificados con una probabilidad de error dada por la expresión $(\epsilon/2)^{(q+1)}$. La estructura general de estos códigos se muestra en la Fig. 1.

Podemos ver como el proceso de codificación se divide en un código exterior y un código interior. El código interior se encarga de la generación de los bloques codificados, también llamados *check blocks*. Cada *check block* se calcula como la operación XOR de d bloques del mensaje a transmitir escogidos de manera uniformemente aleatoria (d representa el grado del *check block*). La probabilidad de que $d=i$ viene dada una distribución de probabilidad determinada ($p(i)$) mostrada en [2].

Debido a que la elección de los bloques del mensaje original es aleatoria, puede ocurrir que alguno de dichos bloques no sea seleccionado. Para solucionar este problema se añade una codificación previa (código exterior) que genera $0.55q\epsilon k$ bloques auxiliares a partir del mensaje original. El conjunto de bloques del mensaje original más los bloques auxiliares se denomina mensaje compuesto (*Composite message*) y es la entrada del código interno. La redundancia introducida mediante el código externo permite que los bloques del mensaje original que no son seleccionados en el código interno puedan ser recuperados correctamente.

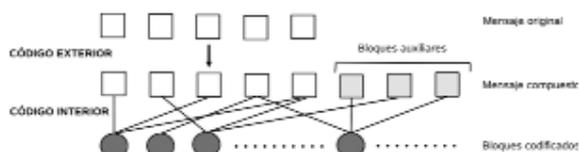


Fig. 1 Estructura de los códigos Online

Para generar los bloques auxiliares se sigue el siguiente procedimiento: Para cada bloque del mensaje original se seleccionan q bloques auxiliares. Posteriormente, cada uno de los bloques auxiliares se calcula como la operación XOR de los bloques del mensaje original que se le han asignado.

Para poder realizar el proceso de decodificación el receptor debe conocer tanto el grado de cada bloque codificado como los bloques del mensaje compuesto por los que está formado (llamados bloques adyacentes). Una vez que el receptor posee toda la información necesaria, el proceso de decodificación que utiliza para obtener los bloques del mensaje compuesto a partir de los *check blocks* recibidos es el siguiente:

1. Encontrar un *check block* que solo tenga un bloque adyacente ($d=1$) y recuperar dicho bloque del mensaje compuesto.
2. Eliminar el bloque recuperado de los demás *check blocks* de los que forma parte, aplicando de nuevo la operación XOR. Esto hace que el grado de los *check blocks* que contenían el bloque recuperado se decremente en una unidad y que puedan aparecer nuevos bloques de grado uno.
3. Continuar con este proceso hasta recuperar una fracción $1-\epsilon/2$ de los bloques del mensaje compuesto (suficiente para recuperar el mensaje original). El proceso de decodificación falla si en algún paso no hay *check blocks* de grado uno.

Una vez que hemos obtenido los bloques necesarios del mensaje compuesto, se pueden recuperar los bloques del mensaje original aplicando el mismo procedimiento.

4 Evaluación

A continuación se comprobarán las prestaciones ofrecidas por los códigos *Fountain* para la transmisión de datos en este tipo de redes y se compararán los resultados con TCP. Las medidas se han realizado sobre un escenario con seis ordenadores conectados mediante dispositivos HPAV. Dos parejas de ordenadores se emplean para generar transmisiones simultáneas a la que se desea medir y los dos ordenadores restantes actúan como transmisor y receptor de códigos *Fountain* y del protocolo TCP respectivamente. Con este escenario se consigue emular una red PLC convencional en la que pueden aparecer otros equipos que compitan por el canal.

La implementación de los códigos *Fountain* utilizada tiene como base la encontrada en [5]. A dicha implementación se le ha añadido la posibilidad de transmisión UDP de los paquetes codificados. Para las transmisiones TCP se utilizó la aplicación SCP [4] que se basa en este protocolo para la transmisión de los datos. Las medidas realizadas consistieron en la transmisión de ficheros de tamaño comprendido entre 1 y 20 MB midiendo en cada caso el tiempo necesario para llevar a cabo la transmisión. Los resultados se muestran en la Fig. 2.

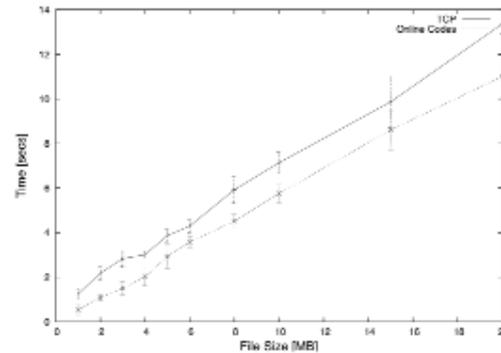


Fig. 2 Comparación de los resultados proporcionados por los códigos Online y TCP. Intervalos de confianza al 95%

Se observa como el tiempo necesario para transmitir el fichero con los códigos Online siempre es menor que el empleado por la aplicación SCP. Esta diferencia de tiempos está en torno a 1 segundo para tamaños de fichero pequeños y aumenta hasta los 2 segundos cuando aumenta el tamaño del fichero.

5 Conclusiones

Observando los resultados obtenidos, se puede concluir que los códigos *Fountain* son una alternativa bastante interesante para la transmisión de datos en canales de acceso compartido (p.e PLC). Mediante la utilización de estos códigos se consiguen tiempos de transmisión menores que con otros protocolos tradicionalmente utilizados para este fin como TCP.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido apoyada por la subvención TEC2007-67966-C03-01/TCM (CON-PARTE-1) y también se ha desarrollado en el marco del "Programa de Ayudas a Grupos de Excelencia de la Región de Murcia", de la Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la RM. Pedro José Piñero Escuer también agradece a la Fundación Séneca la concesión de una beca predoctoral FPI.

Referencias

- [1] M. Luby, I.T Codes, Foundations of Computer Science, 2002. Proceedings. The 43rd Annual IEEE Symposium on, pages 271--280.
- [2] P. Maymounkov and D. Mazières. Rateless codes and big downloads. In IPTPS 2003, USA, February 2003, Revised Papers, pages 247--255.
- [3] HomePlug Powerline Alliance. <http://www.homeplug.org>.
- [4] scp-secure copy, 2009, <http://www.mksoftware.com/docs/man1/scp.1.asp>.
- [5] Implementation of Online Codes, 2009, <http://sourceforge.net/projects/onlinecodes>.
- [6] A. Shokrollahi, Raptor codes. IEEE/ACM Trans. Netw., 14, pages 2551--2567, 2006.