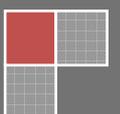


2012

Codificación de la Fuente y Gestión de la Potencia de Transmisión para Videoco- municación Energéticamente Eficiente

Iván López Espejo

08/04/2012



Sumario

1. Introducción	3
2. Visión general acerca de las videocomunicaciones wireless.....	4
3. Formulación del problema	6
4. Minimización de la energía de transmisión	10
5. Algoritmo óptimo para codificación de la fuente.....	14
6. Resultados y conclusiones.....	16
7. Referencias	18

1. Introducción

En un entorno wireless, una consideración de diseño importante es el uso eficiente de la energía de transmisión (piénsese en el gasto energético de los dispositivos móviles que dependen de baterías). Esta reducción en la energía de transmisión reporta diferentes ventajas: reducción de la probabilidad de interceptación del mensaje, reducción de la interferencia entre usuarios que están compartiendo el canal radio, incremento de la capacidad total de la red, etc.

Este trabajo, por tanto, presenta técnicas que permiten la reducción de la energía de transmisión durante el envío de vídeo y que garantizan una calidad suficiente y un retardo tolerable. Éstas añaden dos factores importantes: ocultación de errores y técnicas adaptativas a nivel de codificación de la fuente junto con la asignación de recursos a nivel de capa física, tal y como puede ser la potencia de transmisión. Se trata, por tanto, de ajustar conjuntamente los parámetros de codificación de la fuente y de la capa física en lugar de adaptarlos unilateralmente, consiguiéndose así un aumento en la eficiencia energética de transmisión. Gracias a ello, se puede incorporar la capacidad de controlar las características de pérdidas del canal, pudiendo ajustar la fiabilidad de este en respuesta a variaciones en el contenido de la fuente.

A la hora de desarrollar técnicas a nivel de capa física, estas suelen basarse en la hipótesis de que todos los bits de información son igualmente importantes con el fin de optimizar métricas como el throughput. Sin embargo, en aplicaciones de vídeo, esto no es cierto, ya que puede haber bits o paquetes de información que tengan una importancia superior respecto del resto. Por tanto, la aproximación aquí seguida se basa en emplear información sobre la importancia de cada paquete para ajustar simultáneamente la potencia de transmisión y los parámetros de codificación de la fuente, con el fin de lograr la mejor calidad de vídeo posible con la mínima cantidad de energía.

2. Visión general acerca de las videocomunicaciones wireless

En este punto vamos a proporcionar una visión general acerca de los sistemas de videocomunicaciones inalámbricos, pudiendo observarse en la figura 1 un diagrama de bloques de estos en el que se incluyen los componentes más relevantes.

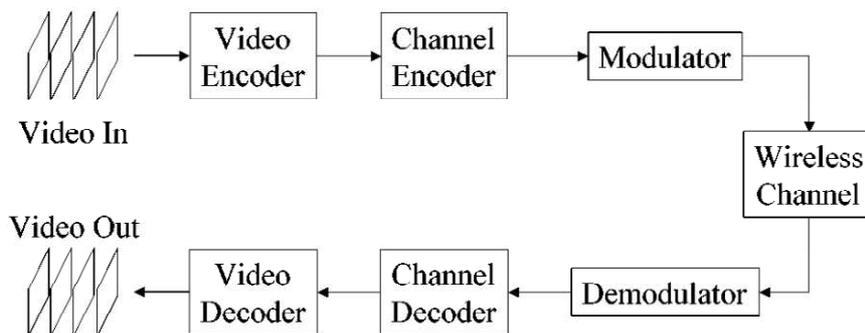


Figura 1. Diagrama de bloques de un sistema de videocomunicaciones wireless.

En primer lugar, el codificador toma la secuencia original de vídeo y proporciona su versión codificada (comprimida y resistente a errores). A continuación, el vídeo codificado pasa por un bloque de codificación del canal, cuya misión es la de hacer la señal más resistente frente a los efectos del este último (esencialmente ante pérdidas y distorsión) mediante, entre otros, la adición de redundancias en el bitstream, pudiendo conseguir así detección y/o corrección de errores en el receptor.

De esta forma, nuestra secuencia de vídeo con codificación de fuente y de canal está lista para ser modulada y transmitida a través del enlace inalámbrico. La potencia de transmisión estará directamente relacionada con la probabilidad de error de bit o símbolo de la señal cuando esta esté disponible en el receptor, siendo esta última más alta conforme la potencia de transmisión se reduzca. Además, usualmente, el canal inalámbrico se modela según una respuesta al impulso que convolucionada con la señal transmitida la atenúa más un proceso de adición de ruido termal en el receptor y otras fuentes de interferencia. La información acerca de la respuesta al impulso del canal suele estar disponible en el transmisor, por ejemplo, a partir de la detección de una señal piloto para tal cometido.

Por último, también en el receptor, el bitstream demodulado es procesado por el bloque de decodificación del canal, el cual lleva a cabo detección y/o corrección de errores (en función de la técnica y la cantidad de redundancia generadas en el transmisor). En este trabajo, se considera que

únicamente la información libre de errores es tomada en cuenta a la hora de la decodificación de la señal de vídeo, descartándose la información corrupta: si en un paquete se detecta algún error, dicho paquete es automáticamente eliminado. Finalmente, el decodificador de vídeo es el encargado de reconstruir la secuencia de vídeo para su reproducción. También este bloque es el responsable de ocultar cualquier información que haya sido descartada en el bloque anterior por errores durante la transmisión.

3. Formulación del problema

Tal y como ya se introdujo, esta aproximación trata de ajustar conjuntamente los parámetros de la capa física y de codificación de la fuente con el fin de utilizar eficientemente la energía de transmisión, proveyendo simultáneamente una calidad de vídeo lo suficientemente aceptable (baja distorsión). Para tal fin, considérese el diagrama de bloques de la figura 2, donde tanto la información sobre el estado del canal como una estrategia de ocultación de errores en el decodificador son usadas para controlar los parámetros de codificación de la fuente y la potencia de transmisión.

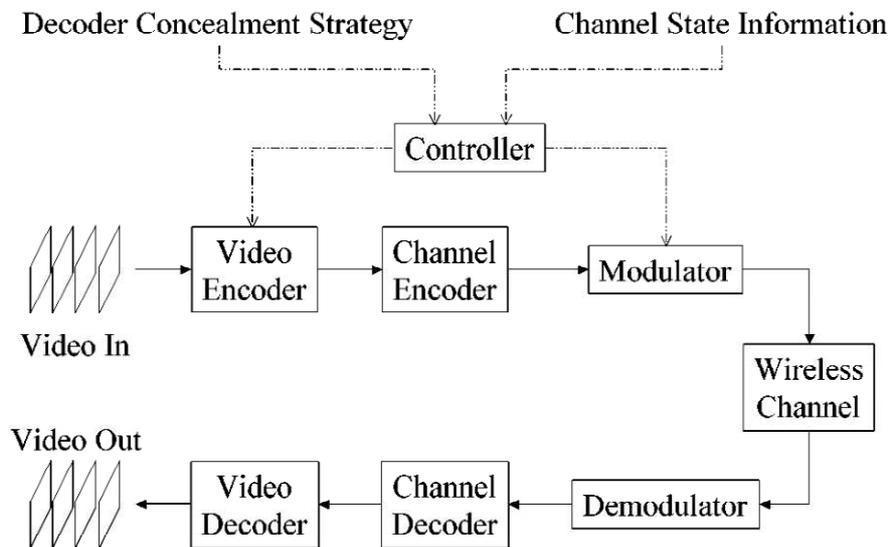


Figura 2. Diagrama de bloques considerado en esta aproximación.

A continuación vamos a modelar el marco de trabajo. Para comenzar, en cuanto a la codificación de la fuente vamos a considerar aplicaciones de vídeo donde este es codificado usando alguna técnica de compensación de movimiento basada en bloques. Cada frame de la secuencia de vídeo se divide en M macrobloques, los cuales se agrupan a su vez en conjuntos de macrobloques denominados slices. Asumimos que cada slice se puede decodificar de forma independiente, transmitiéndose la codificación de cada uno de ellos en un único paquete a través del enlace wireless. En consecuencia, tendremos tantos paquetes (o, mejor dicho, tramas a nivel de enlace), K , como slices en el frame actual de vídeo que se desea transmitir. Para cada macrobloque, los parámetros de codificación de la fuente son especificados unívocamente. De esta forma, notaremos como μ^k al conjunto de parámetros de codificación de la fuente correspondiente a todos los macrobloques del paquete k -ésimo, siendo B^k el número total de bits necesario para codi-

ficar dicho paquete (inclusive la cabecera), cantidad que es dependiente del conjunto de parámetros de codificación de la fuente, es decir, $B^k(\mu^k)$.

En términos de la codificación del canal y de la modulación, asumimos que la potencia de transmisión para cada paquete puede ser ajustada. Para el paquete k -ésimo, tenemos que la potencia promedio de transmisión es P^k . Presuponemos también un rate de codificación de canal, R_c , y un rate de modulación, R_m , constantes, siendo el rate total de transmisión del vídeo codificado el producto de ambos.

De otro lado, la energía total empleada en transmitir todos los paquetes de un frame (cantidad que deseamos minimizar), se puede expresar como

$$E_{tot} = \sum_{k=1}^K E^k = \sum_{k=1}^K \frac{B^k}{R} P^k,$$

donde la energía necesaria para transmitir el paquete k -ésimo es una ponderación de la potencia promedio asociada por el retardo de transmisión. Este último parámetro es dependiente del resultado de la codificación, por lo que vemos que interesa optimizar la energía total considerando conjuntamente los parámetros de codificación de la fuente y de potencia de transmisión.

En cuanto al marco de potencia de transmisión y de probabilidad de pérdida de paquetes, asumiremos que el transmisor conoce una función f que relaciona la potencia de transmisión con la probabilidad de pérdida de paquete, es decir, $\rho^k = f(P^k)$, donde ρ^k simboliza la probabilidad de pérdida del paquete k -ésimo. Supondremos que además f es una función biyectiva (inyectiva y sobreyectiva), lo que equivale a decir que f tiene inversa tal que $g = f^{-1}$, de tal forma que podremos encontrar a partir del modelo la potencia de transmisión promedio que nos garantiza una determinada probabilidad de pérdida de paquete, es decir, $P^k = g(\rho^k)$.

También se considera el caso en el que la calidad de vídeo es indicada por la distorsión esperada en el receptor, donde el valor esperado se toma respecto de la probabilidad de pérdida de paquete (también dependiente de los parámetros de codificación de la fuente). La distorsión esperada en el receptor para el k -ésimo paquete se puede expresar como

$$E[D^k] = (1 - \rho^k)E[D_R^k(\mu^k)] + (\rho^k)E[D_L^k],$$

donde, como vemos, es dependiente de la probabilidad de pérdida del paquete, ρ^k . Además, $E[D_R^k(\mu^k)]$ es la distorsión esperada si el paquete k -ésimo

llega a recibirse correctamente en el decodificador y $E[D_L^k]$ es también la distorsión esperada pero en el caso de que el paquete se pierda. Se observa que el primer parámetro de distorsión es dependiente de los parámetros del bloque de codificación de la fuente, de tal forma que $E[D_R^k(\mu^k)]$ se conoce a priori. Por su parte, el segundo de ellos depende de la estrategia de ocultación de errores en el decodificador. Una de estas posibles estrategias, cuyos resultados prácticos son bastante buenos (mejores que los proporcionados por una interpolación espacial), es la de reemplazo temporal, donde para un macrobloque perdido, en base a los vectores de movimiento de los macrobloques del entorno, se estima su vector de movimiento asociado y, con él, se recupera la información del macrobloque desaparecido a partir del frame anterior.

Para finalizar el marco de formulación del problema, se presenta en última instancia la formulación de la optimización. En base a nuestro deseo de optimizar conjuntamente los parámetros de codificación de la fuente y los de potencia de transmisión para minimizar la energía requerida para transmitir un frame de vídeo con una calidad aceptable y un retardo tolerable, podemos plantear el siguiente cálculo:

$$(\hat{\mu}^k, \hat{p}^k) = \underset{(\mu^k, p^k)}{\operatorname{argmin}} E_{tot} = \underset{(\mu^k, p^k)}{\operatorname{argmin}} \sum_{k=1}^K \frac{B^k(\mu^k)}{R} p^k,$$

sujeto a las restricciones de cantidad de distorsión y retardo, de la forma

$$E[D^k] = \begin{cases} D_0^k & \forall k; E[D_R^k(\mu^k)] \leq D_0^k \leq E[D_L^k] \\ E[D_L^k] & \forall k; D_0^k > E[D_L^k] \end{cases}$$

$$T_{tot} = \sum_{k=1}^K \frac{B^k(\mu^k)}{R} \leq T_0,$$

donde D_0^k es la distorsión esperada aceptable para el paquete k-ésimo, T_{tot} es el retardo total de transmisión del frame de vídeo y T_0 es la máxima cantidad de tiempo que puede emplearse en la transmisión de dicho frame. El nivel de calidad aceptable puede variar para cada paquete en función de la aplicación. Por ejemplo, en un escenario de videovigilancia, los paquetes de vídeo que contienen el elemento que está siendo objeto de tracking podrían requerir restricciones de distorsión más rigurosas respecto de las del fondo. Esto es posible en esta aproximación ya que debe de especificarse a priori por cada paquete el nivel de distorsión aceptable, D_0^k .

Otra cuestión interesante es que cuando D_0^k es mayor que $E[D_L^k]$ no necesitamos transmitir el paquete en cuestión puesto que la distorsión esperada si el paquete se pierde es inferior al nivel de distorsión aceptable. Este es un caso muy importante, similar al modo *skip* en los estándares MPEG y H.26X, denominándose aquí dicho caso con el nombre de *modo skip generalizado*. Este modo le permite al transmisor ahorrar tiempo y energía con la no transmisión del paquete y también fuerza al decodificador a ocultar todos los macrobloques de dicho paquete usando información de los paquetes vecinos (tal y como se ha sugerido antes). Así, por ejemplo, si existe una fuerte correlación entre el movimiento en un grupo de macrobloques vecinos, el codificador podría decidir no transmitir algunos paquetes seleccionados por él si sus distorsiones esperadas cuando se aplicase la estrategia de ocultación en el decodificador fuesen aceptables. En consecuencia, esto le permite al transmisor aprovechar la correlación entre los macrobloques vecinos con el fin de asignar más recursos de tiempo y energía a otros paquetes más necesarios.

En resumen, asumimos que un controlador de alto nivel asigna una restricción de distorsión esperada a cada paquete, D_0^k , y una restricción de tiempo de transmisión a cada frame, T_0 . Nuestro objetivo ahora es seleccionar los parámetros de codificación de la fuente y de potencia de transmisión tal que minimicen la energía total empleada para transmitir un frame según la expresión vista teniendo en cuenta las restricciones de retardo y calidad prefijadas por cada frame y paquete, respectivamente.

4. Minimización de la energía de transmisión

En esta sección se van a presentar los métodos para lograr el objetivo expuesto en el último párrafo del punto anterior.

Con el fin de incluir en la formulación la restricción sobre el retardo de transmisión, introducimos un multiplicador de Lagrange sobre la ecuación ya vista y tratamos de resolver el siguiente problema:

$$(\hat{\mu}^k, \hat{P}^k) = \underset{(\mu^k, P^k)}{\operatorname{argmin}} J_{tot} = \underset{(\mu^k, P^k)}{\operatorname{argmin}} \sum_{k=1}^K \frac{B^k(\mu^k)}{R} P^k + \lambda \sum_{k=1}^K \frac{B^k(\mu^k)}{R},$$

sujeto a la misma restricción sobre la distorsión

$$E[D^k] = \begin{cases} D_0^k & \forall k; E[D_R^k(\mu^k)] \leq D_0^k \leq E[D_L^k] \\ E[D_L^k] & \forall k; D_0^k > E[D_L^k] \end{cases}$$

donde J_{tot} es la función de coste que deseamos minimizar.

A continuación redefinimos la función de coste usando la restricción de distorsión. Si recordamos, la distorsión esperada para el k-ésimo paquete se expresa como $E[D^k] = (1 - \rho^k)E[D_R^k(\mu^k)] + (\rho^k)E[D_L^k]$, de tal forma que igualando el término de la derecha a la restricción sobre la distorsión esperada y despejando la probabilidad de pérdida del k-ésimo paquete, llegamos a que este último parámetro puede ser expresado como

$$\rho^k = \begin{cases} \frac{D_0^k - E[D_R^k(\mu^k)]}{E[D_L^k] - E[D_R^k(\mu^k)]} & \text{si } E[D_R^k(\mu^k)] \leq D_0^k \leq E[D_L^k] \\ 1 & \text{si } D_0^k > E[D_L^k] \end{cases}$$

Esta ecuación se emplea para calcular la probabilidad de pérdida exacta requerida para cada paquete. Además, la potencia de transmisión requerida para el k-ésimo paquete también puede ser expresada en función de los anteriores parámetros, ya que recordemos que se definía como función de la probabilidad de pérdida del paquete, es decir,

$$P^k = \begin{cases} g \left(\frac{D_0^k - E[D_R^k(\mu^k)]}{E[D_L^k] - E[D_R^k(\mu^k)]} \right) & \text{si } E[D_R^k(\mu^k)] \leq D_0^k \leq E[D_L^k] \\ 0 & \text{si } D_0^k > E[D_L^k] \end{cases}$$

Por tanto, la potencia requerida para el paquete k -ésimo depende de los parámetros de codificación de la fuente y de la distorsión en la que se incurre si el paquete se pierde.

Combinando las anteriores ecuaciones, la energía de transmisión requerida por paquete sujeta a la restricción de distorsión es

$$E^k = \begin{cases} \frac{B^k}{R} g \left(\frac{D_0^k - E[D_R^k(\mu^k)]}{E[D_L^k] - E[D_R^k(\mu^k)]} \right) & \text{si } E[D_R^k(\mu^k)] \leq D_0^k \leq E[D_L^k] \\ 0 & \text{si } D_0^k > E[D_L^k] \end{cases}$$

Finalmente podemos redefinir la función de coste para transmitir todos los paquetes del frame como

$$J_{tot} = \sum_{k=1}^K J^k,$$

donde

$$J^k = \begin{cases} \frac{B^k}{R} \left[g \left(\frac{D_0^k - E[D_R^k(\mu^k)]}{E[D_L^k] - E[D_R^k(\mu^k)]} \right) + \lambda \right] & \text{si } E[D_R^k(\mu^k)] \leq D_0^k \leq E[D_L^k] \\ 0 & \text{si } D_0^k > E[D_L^k] \end{cases}$$

A continuación se muestra cómo la restricción sobre la distorsión acopla la potencia de transmisión para cada paquete a los parámetros de codificación de la fuente. Esto nos permite reducir el problema global de encontrar los valores óptimos para todas las variables al problema de encontrar los parámetros óptimos de codificación de la fuente que minimizan el coste total para un frame dado.

Asumimos en primer lugar que la estrategia de ocultación de errores empleada por el decodificador es causal en términos espaciales, esto es, a la hora de ocultar la pérdida de un paquete sólo se hace uso de paquetes recibidos anteriormente a ese instante. Por tanto, $E[D_L^k]$ sólo depende de cómo los paquetes anteriores fueron codificados, así como de la probabilidad de que hayan llegado correctamente al decodificador.

Dado que previo al primer paquete en un frame no hay paquetes con los que usar una estrategia de ocultación de errores basada en reemplazo temporal, la distorsión esperada para este primer paquete en el caso de que se pierda ha de ser una constante conocida, $E[D_L^1]$. Este parámetro puede usarse para calcular el coste exacto asociado a la transmisión del primer

paquete basado únicamente en sus parámetros de codificación de la fuente, es decir, para calcular $J^1(\mu^1)$. Según las ecuaciones vistas, esto implica el haber fijado la potencia de transmisión para este primer paquete.

Una vez que los parámetros de codificación de la fuente y, por ende, la potencia de transmisión, se han fijado para el primer paquete, $E[D_L^2]$ se convierte en una constante conocida puesto que sólo depende de cómo se ha codificado y transmitido el primero de los paquetes. A partir de ello, de nuevo podemos calcular el coste de transmisión, $J^2(\mu^2)$ en este caso. Ahora, el tercer paquete podría depender de los dos anteriores para ocultación de errores. Fijados los parámetros de codificación de los dos paquetes anteriores, $E[D_L^3]$ debe ser de nuevo una constante conocida, y así continuaríamos recursivamente con el proceso para calcular el coste total de transmisión del frame en función únicamente de los parámetros de codificación de la fuente de los paquetes anteriores.

Según lo que acabamos de ver, con el fin de minimizar el coste total de transmisión, J_{tot} , sólo necesitamos encontrar las secuencias de codificación de la fuente que optimizan el coste. Todas estas secuencias pueden ser dispuestas según un árbol de codificación de la fuente, tal y como se recoge en la figura 3.

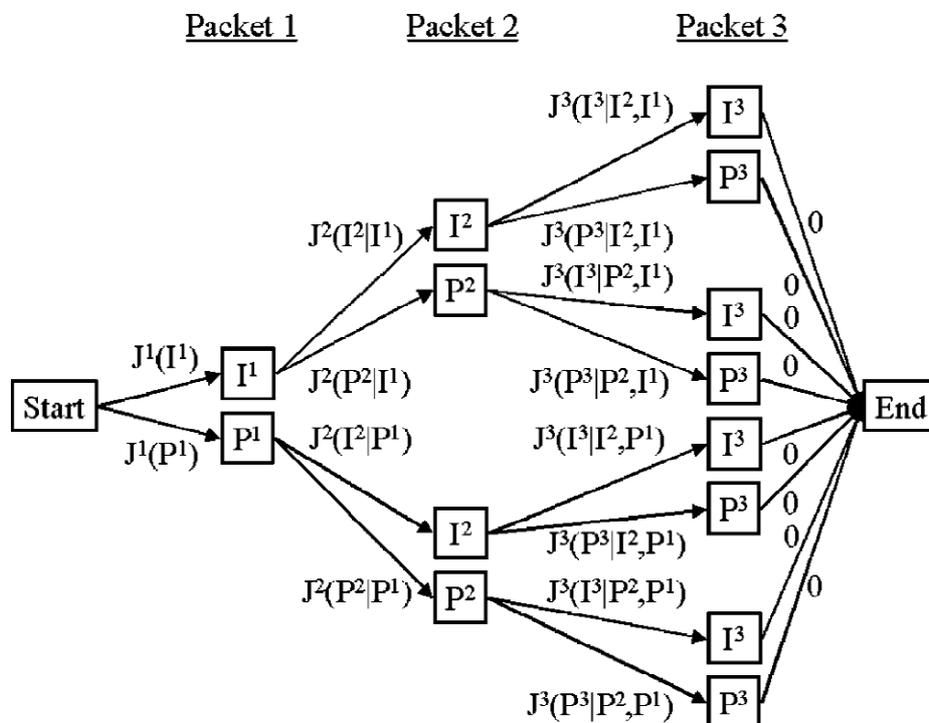


Figura 3. Árbol de codificación de la fuente para un frame que contiene tres paquetes, donde cada paquete se puede codificar de dos formas, I o P.

Cada nodo en el árbol representa una selección particular de unos parámetros de codificación de la fuente para un paquete dado. El peso de cada una de las ramas representa el coste de codificación de un paquete dada la secuencia de codificación de la fuente de los paquetes previos. El coste terminal de cada secuencia es nulo. Como resulta intuitivo, ahora se trata de encontrar el camino con el menor coste posible entre el punto de comienzo y el punto de final. Los algoritmos de búsqueda del camino más corto pueden usarse aquí para encontrar la secuencia óptima de parámetros de codificación de la fuente. La contrapartida es que el árbol de codificación de la fuente, el cual crece exponencialmente con el número de paquetes, debe conocerse a priori completamente antes de poder aplicar ningún algoritmo de este tipo. La solución a este problema se menciona en el siguiente punto.

5. Algoritmo óptimo para codificación de la fuente

En este apartado se presenta un algoritmo alternativo que encuentra la secuencia óptima de parámetros de codificación de la fuente sin necesidad de construir completamente a priori el árbol. La estrategia de ocultación de errores usada en el decodificador introduce dependencias entre los paquetes a través del cálculo de $E[D_L^k]$. Esto significa que el coste J^k para un paquete dado depende de, como hemos visto, la forma en la que los paquetes son codificados y transmitidos. El algoritmo que va a ser presentado a continuación aprovecha las posibles limitaciones de las dependencias entre paquetes con el fin de llegar a una respuesta óptima sin necesidad de comprobar cada una de las posibles secuencias de parámetros de codificación de la fuente.

El árbol de codificación de la fuente se construye a la inversa. Si un grupo de caminos originados en un nodo común no depende de los tipos de codificación seleccionados para paquetes previos, los pesos de dichos caminos deben ser constantes conocidas. Por tanto, la poda de caminos sólo se lleva a cabo cuando el coste de los caminos originados en un nodo común son constantes. Cuando todos los paquetes han sido incorporados en el árbol, el coste para cada una de las secuencias de codificación restantes debe ser una constante conocida. Por tanto, cuando esto ocurre, estamos en situación de podar hasta seleccionar una única secuencia de codificación. Dicha secuencia de codificación es la que minimiza el coste total para el frame. Se puede demostrar que el algoritmo siempre convergerá hacia la secuencia de codificación de la fuente y potencia por paquete óptimos o, en otras palabras, que minimizan el coste total, J_{tot} .

Dados T_0 (la cota superior del retardo de transmisión del frame), D_0^k para todo k , λ (el parámetro multiplicativo de la lagrangiana), $g(\cdot)$ (la función que nos relaciona la potencia de transmisión del paquete con su probabilidad de pérdida) y la estrategia de ocultación de errores en el decodificador, el algoritmo es el siguiente:

- 1) Se define $E[D_L^k]$ para la estrategia de ocultación de errores usada en el decodificador.
- 2) Se determinan las dependencias entre los paquetes en un frame basadas en la estrategia de ocultación de errores.
- 3) Se lleva a cabo la inicialización $k = K$, es decir, se comienza con el último paquete.

- 4) Se construye el subgrafo del árbol de codificación de la fuente, el cual contiene los siguientes nodos: todas las opciones de codificación de la fuente para el k -ésimo paquete, todos los paquetes de los que depende el k -ésimo paquete para ocultación de errores y las combinaciones previas que se mantienen para los paquetes ya considerados.
- 5) Para todo grupo de caminos en el subgrafo que se originan en un nodo común se mantiene el camino con el coste total más pequeño.
- 6) Si $k \neq 1$ se decrementa k en una unidad y se vuelve al paso 4. En caso contrario, se termina la ejecución del algoritmo.

6. Resultados y conclusiones

Los resultados experimentales demuestran que, como se esperaba, la optimización conjunta de la codificación de la fuente y la potencia de transmisión es más eficiente en términos energéticos que la optimización de cada una de ellas independientemente. Dichos resultados ratifican que se requiere una menor cantidad energética para lograr el mismo nivel de calidad respecto de otros trabajos anteriores que consideran el ajuste disjunto de los parámetros mencionados o, equivalentemente, a partir de las técnicas aquí presentadas, si se hace uso de la misma cantidad de energía de transmisión se logra una calidad de vídeo superior respecto de la alcanzada por otros trabajos en el pasado.

Como alternativa a la aproximación de mínima energía aquí presentada, considérese un esquema donde se mantiene constante la probabilidad de pérdida de un paquete y donde se asignan bits óptimamente con el fin de minimizar la distorsión esperada máxima. En esta aproximación, los parámetros de codificación de la fuente y de potencia de transmisión son optimizados de forma independiente.

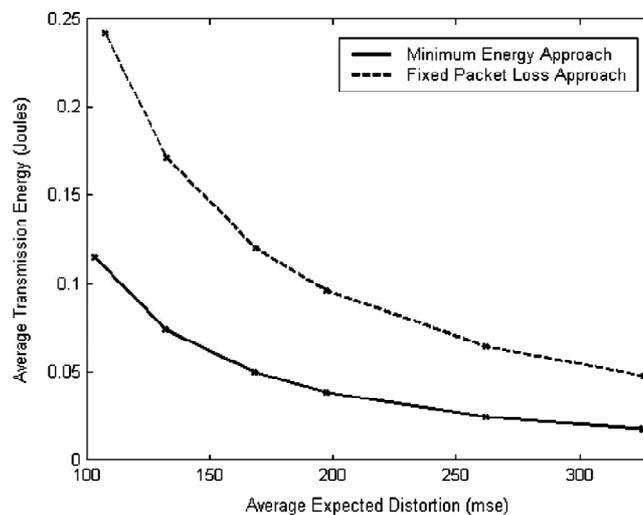


Figura 4. Energía de transmisión promedio frente a la distorsión esperada promedio por frame para una secuencia de vídeo de test.

En la figura 4 se muestra una gráfica en la que se compara la energía de transmisión promedio frente a la distorsión esperada promedio para el método aquí presentado y la aproximación descrita en el párrafo inmediatamente anterior basada en una probabilidad de pérdida de paquete constante. Variando la restricción sobre la distorsión, se obtiene la curva para

la técnica de mínima energía (ME). De otro lado, modificando la probabilidad de pérdida de paquete, se obtienen los resultados para la aproximación basada en la optimización disjunta de los parámetros de codificación de la fuente y de potencia de transmisión (FPL). Se observa, en este ejemplo, cómo para la misma cantidad de distorsión, la aproximación ME emplea una menor energía de transmisión que la FPL. Por ejemplo, con el fin de lograr una distorsión esperada promedio de 132 mse, la técnica ME requiere una energía promedio de transmisión de 0.0738 julios mientras que el método FPL precisa de 0.1719 julios. En este caso, la aproximación ME usa un 57% menos de energía que la FPL.

Finalmente, resulta interesante destacar otras ventajas añadidas acerca de la técnica aquí desarrollada. Por ejemplo, la aproximación ME provee un método para la asignación adaptativa de recursos a diferentes segmentos de vídeo basada en su importancia relativa. Si se emplea esta técnica para videocomunicaciones wireless, se empleará más energía durante los períodos de alta actividad. Además, esta aproximación también asigna más energía y protección sobre las partes del frame que más significativamente han cambiado. Por tanto, si el fondo permanece esencialmente estático, la región de interés tendrá una mayor probabilidad de llegar correctamente al decodificador respecto del fondo. Esto es posible puesto que el transmisor sabe que el decodificador puede ocultar un paquete perdido del fondo de un modo más efectivo que si lo tuviese que hacer sobre uno correspondiente a una región de alta actividad o constante movimiento.

7. Referencias

- Y. Eisenberg, C.E. Luna, T.N. Pappas, R. Berry, and A.K. Katsagelos, “*Joint Source Coding and Transmission Power Management for Energy Efficient Wireless Video Communications*”, Special Issue on Wireless Video, in *IEEE Transactions Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 12, issue 6, 411-424, June 2002.