



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

# Proyecto 104610 3/RS: Algoritmos de entrelazamiento de bloques para transmisión de imágenes sobre redes de sensores inalámbricos

Cristian DURAN-FAUNDEZ, Cristhian AGUILERA

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Facultad de Ingeniería

Universidad del Bío-Bío  
crduran@ubiobio.cl

## Resumen

Avances recientes han permitido el nacimiento de redes de sensores de visión inalámbricos (WVSNs), sistemas compuestos de numerosos dispositivos muy limitados que permiten la captura de imágenes de baja resolución con un muy bajo consumo energético. Sin embargo, la transmisión de imágenes incorpora nuevas dificultades a las ya existentes en el campo de las redes de sensores inalámbricos (WSNs). Mientras para la codificación de una medida de temperatura 1 o 2 bytes son suficientes, una imagen implica la transmisión de una gran cantidad de paquetes, incrementando notoriamente la congestión en la red y las pérdidas de paquetes.

Este proyecto de iniciación continúa el trabajo realizado en [1], donde se argumenta que una transmisión no-fiable (sin ARQ ni FEC), con robustez asegurada a través del procesamiento de los datos a nivel de la fuente, que permita aceptar una pérdida de datos considerable, está mejor adaptada a las WSNs. Varias técnicas existen. Una de éstas es el entrelazamiento de bloques que puede definirse como la desorganización espacial de bloques independientes codificados (o no) en la secuencia de transmisión. Este proyecto tiene por objetivo profundizar en las técnicas de entrelazamiento de bloques, realizando un estudio de técnicas propuestas, aplicando un modelo de evaluación formal y simulando distintas alternativas. Además, se pretende implementar un prototipo de sensor de imágenes inalámbrico que permita aplicar los algoritmos estudiados, para observar y evaluar su comportamiento en una aplicación real.

## 1. Contexto

### 1.1 Redes de Sensores Inalámbricos

Las **redes de sensores inalámbricos (WSNs)** son grandes sistemas de detección compuestos por un gran número de dispositivos electrónicos autónomos, muy reducidos en tamaño y muy limitados en recursos que, dotados de medios de comunicación inalámbrica, son capaces de medir ciertos fenómenos físicos (ej. temperatura, humedad, etc.) en el ambiente en el que se encuentran desplegados y enviar datos a uno o varios puntos de colecta (sink).

#### 1.1.1. Principales problemas

- **A nivel de los nodos:**
  - Energía limitada (baterías)
  - Capacidades de procesamiento/almacenamiento muy reducidas
  - Bajas tasas de transmisión de datos
  - ...
- **A nivel de la red:**
  - Gran escala (gran cantidad de nodos)
  - Alta densidad
  - Topología dinámica (activación/desactivación de nodos, etc.)
  - **Altas tasas de pérdidas de paquetes**
  - ...

### 1.2 Redes de Sensores de Visión Inalámbricos

Redes en las que uno o más nodos tienen sensores de visión (cámaras).

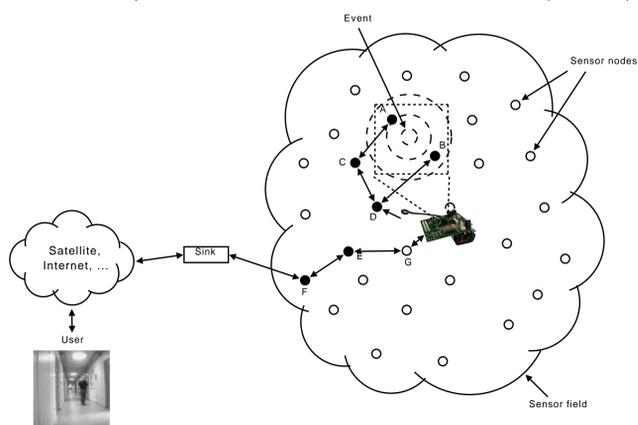


Figura 1: Esquema general de una red de sensores de visión inalámbricos

#### 1.2.1. Principales problemas

Los mismos problemas que en las WSNs tradicionales  
 +  
 un sensor más complejo/costoso  
 +  
 una cantidad de datos mucho más grande a procesar/transmitir

#### 1.2.2. Problema de la pérdida de datos

- Como uno de los problemas más importantes de las WSNs es el **consumo energético**, la compresión de imágenes parece una solución obvia. Problema: la **pérdida de paquetes de datos** (ej. en Fig. 2).

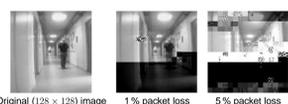


Figura 2: Impacto en la calidad en transmisión de imágenes comprimidas con JPEG.

- Las pérdidas en las WSNs pueden ser importantes (40% y más)
- **Constató:** la transmisión de imágenes sin comprimir o comprimidas en bloques independientes es más robusta. Problema: **pérdidas en ráfagas**.



Figura 3: Ej. de trans. de imagen no comprimida y ocultamiento de errores.

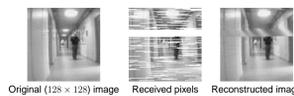


Figura 4: Ej. de transmisión de imagen no comprimida y pérdidas en ráfagas.

## 2. Entrelazamiento de bloques

De forma resumida, se puede definir:

- Paquetización en bloques y comunicación
  - Una imagen es una matriz de  $I(H \times W) = \{I_{r,c}\}$ , cada  $I_{r,c}$  conteniendo  $b$  bpp
  - Paquetización de  $I$  en  $q = \lceil \frac{H \times W \times b}{m} \rceil$  paquetes,  $m$  = número de bits de datos de la imagen por paquete
  - Esquema de comunicación  $\vec{T}$  de  $P$  paquetes, cada paquete con una probabilidad  $p_l$  de ser perdido
  - Ocultamiento de errores en el receptor (varios métodos)
- Entrelazamiento de bloques
  - Función biyectiva  $\vartheta: I \rightarrow I'$ , donde  $I'$  es un nuevo bitmap, con cada bloque  $B_{i,j} \rightarrow B'_{i',j'}$
  - Un entrelazamiento adaptado considera  $B'_{i',j'} \leftarrow B_{i,j}$

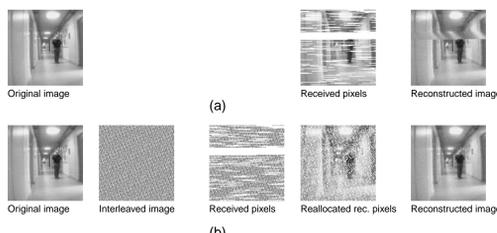


Figura 5: Comunicación secuencial (a) vs. comunicación con entrelazamiento (b).

### 2.1 Métodos de entrelazamiento

Ejemplos de métodos de entrelazamiento de bloques:

- Método de El-Bendary *et al* [J. of Telecomm. and Inf. Tech., 2011]
- Torus automorphisms [various citations. See [1]]

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ k & k+1 \end{pmatrix}^n \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \pmod N \quad (1)$$

## 3. Framework de simulación Sim-LIT

Diseño y programación de un framework de simulación de pérdidas de paquetes en WSNs y análisis de calidad de imágenes para validación de propuestas [2].

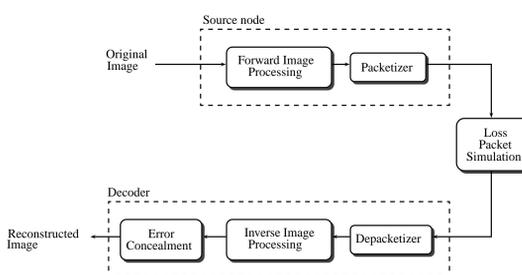


Figura 6: Esquema simplificado de la simulación de Sim-LIT's

### Implementación

- Programación orientada a objetos
- Lenguaje de programación C++, compilador g++
- GNU/Linux

## Algunos resultados obtenidos

Original image	Case without interleaving		Interleaved bitmap		Case with interleaving		Reconstructed image
(file 1.bmp)	Received with losses (file 1.trad-rec.bmp)	Reconstructed image (file 1.trad-rec.bmp)	(file 1.mix.bmp)	Interleaved with losses (file 1.mix-rec.bmp)	Bitmap with losses (file 1.mix-rec-od.bmp)	Reconstructed image (file 1.mix-rec.bmp)	(file 1.mix-rec.bmp)
Corridor		PSNR: 28.502 dB				PSNR: 30.418 dB	
Lenna		PSNR: 24.567 dB				PSNR: 27.861 dB	
Barbara		PSNR: 24.372 dB				PSNR: 27.219 dB	
Baboon		PSNR: 26.438 dB				PSNR: 28.512 dB	
Peppers		PSNR: 23.330 dB				PSNR: 26.445 dB	

Figura 7: Ej. de imágenes obtenidas con el simulador (loss pattern a 40% random).

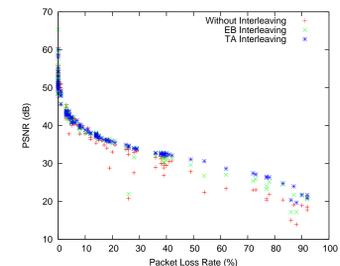
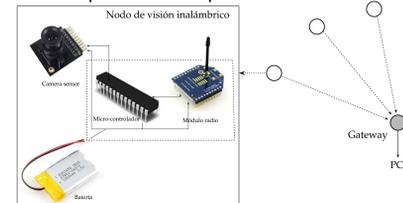


Figura 8: Calidad de imágenes reconstruidas ante pérdidas de paquetes de datos. Aplicación de comunicación sin entrelazamiento vs. comunicación de imágenes entrelazadas con método de El-Bendary *et al* (EB) y Torus Automorphisms (TA).

## 4. Trabajo en curso

- Proposición y evaluación de modelo de evaluación de técnicas de entrelazamiento de bloques
- Construcción de una plataforma experimental



### Equipo

- Universidad del Bío-Bío (Chile) Cristian Duran-Faundez (investigador principal), Cristhian Aguilera Carrasco (investigador), Eric Orellana Romero (programador, alumno memorista), Javier San Martín Hernández (programador, alumno memorista), Jonathan Palma (desarrollador electrónico)
- Université de Lorraine (Francia) Vincent Lecuire (investigador externo asociado)

### Financiamiento

Universidad del Bío-Bío (Proyecto de Reinserción, Dirección de Investigación). Fondo otorgado: M\$ 1100. Duración del proyecto: 1 año.

### Referencias

- [1] C. Duran-Faundez. Transmission d'images sur les réseaux de capteurs sans fil sous la contrainte de l'énergie. Thèses. Université Henri Poincaré - Nancy I, France (2009), F. Lepage; V. Lecuire (Dir.).
- [2] E. Orellana-Romero, J. SanMartin-Hernandez, C. Duran-Faundez, V. Lecuire and C. Aguilera. Sim-LIT: A simulation framework for image quality assessment in wireless visual sensor networks under packet loss conditions. In: *XXX International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC'2011)*, Curicó, Chile, November 2011.

