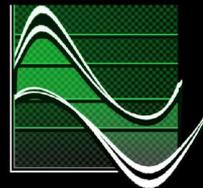


Spectrum pooling: una solución a la demanda de ancho de banda inalámbrico.

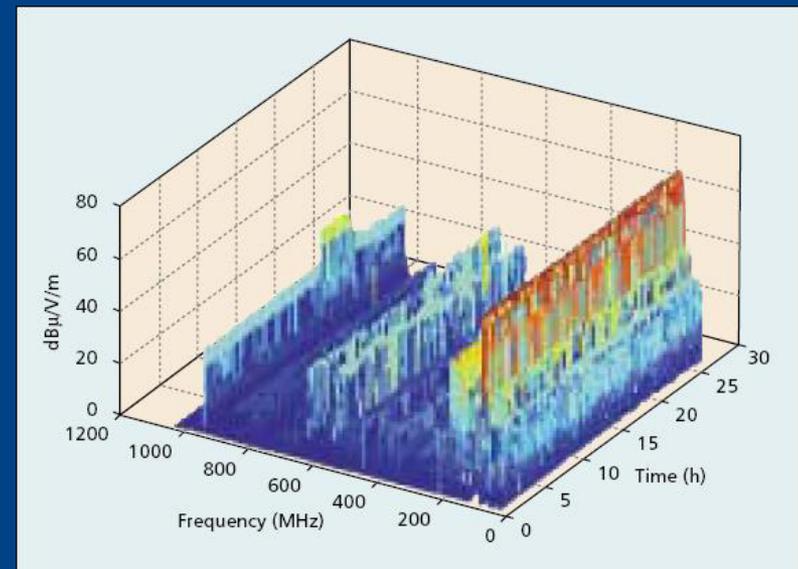
Gustavo J. González – Becario doctoral de la ANPCyT
(ggonzalez@uns.edu.ar)



La gran demanda de acceso inalámbrico a tráfico multimedia e Internet requieren gran ancho de banda.

Diversos estudios han mostrado que las políticas de asignación espectral fijas son obsoletas.

Mitola propuso una nueva política de uso espectral llamada **Spectrum Pooling**, en la cual un usuario con licencia (UP) puede rentar el espectro que no utiliza a otro usuario (US). Como resultado USs obtienen acceso a nuevas bandas y UPs ingresos del espectro no utilizado.



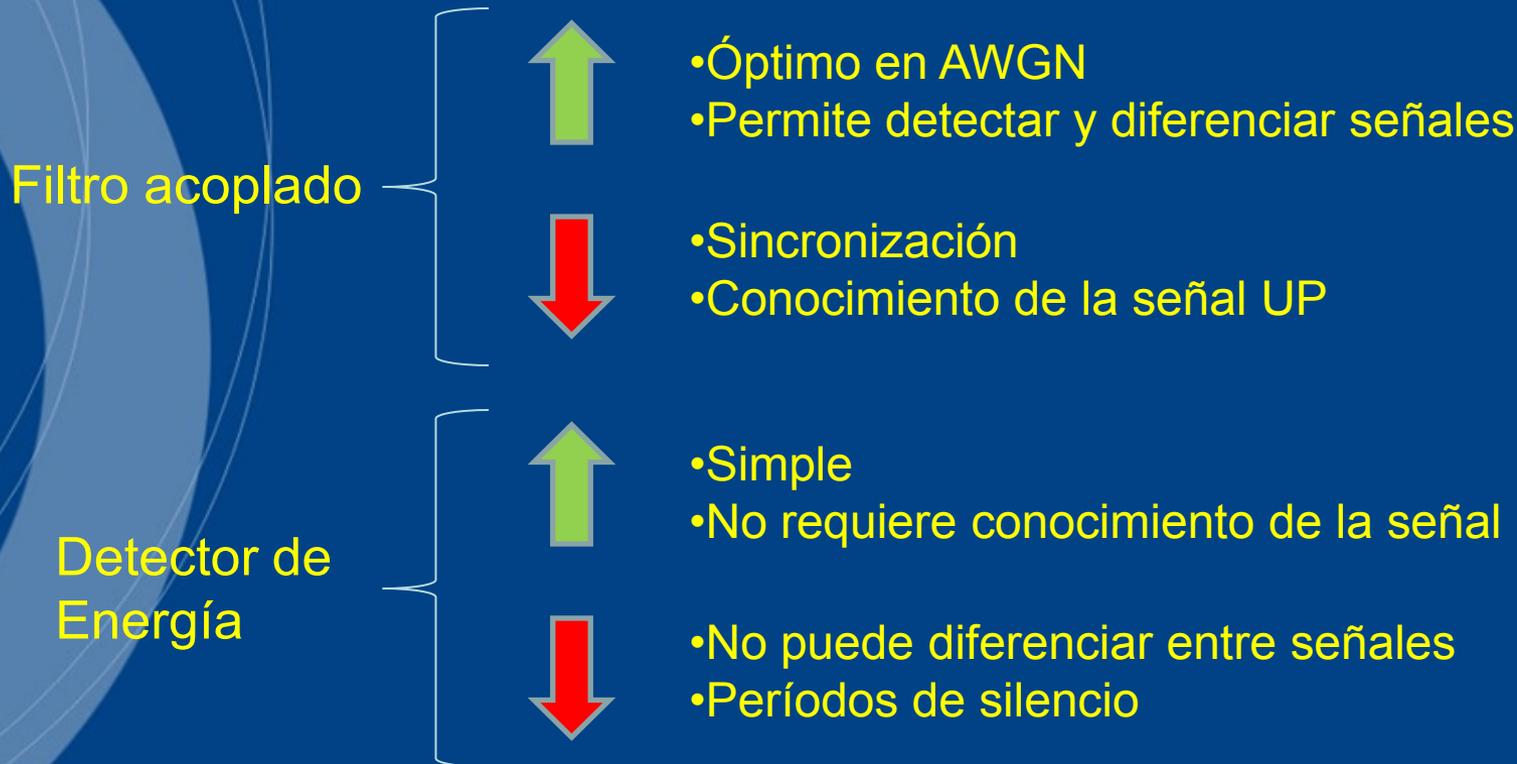
Contexto

El trabajo es realizado por nodos conocidos como *Cognitive Radios*, que se encargan de sensar el espectro en busca de huecos y luego reconfigurar su interfaz física (Frecuencia de operación, Esquema de modulación, Potencia de transmisión), para ocupar dicha banda.

UPs no intervienen en el proceso de Spectrum pooling pues el objetivo es utilizar esta política en las redes ya instaladas.

Cuanto menos información de los UPs se utilice más general será el esquema pero más complejo o de peor performance.

Nuestro trabajo está centrado en el sensado espectral, que puede consistir en la detección o la identificación de una señal. Los métodos tradicionales para esto son:



Otra opción es utilizar las características cicloestacionarias que tienen todas las señales de comunicaciones de forma natural, o también se puede inducir agregando redundancia en la señal.



Las señales cicloestacionarias se caracterizan por su media y autocorrelación periódicas. Estas características se pueden ver tanto en el plano temporal (autocorrelación cíclica), como en el frecuencial (autocorrelación espectral).

La función de autocorrelación cíclica (CAF) y la función de autocorrelación espectral (SCF) están definidas como:

$$R_X^\alpha(\nu) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N R_{XX}(n, \nu) e^{-j2\pi\alpha n}$$

$$S_X^\alpha(k) = \sum_{\nu \in \mathbb{Z}} R_X^\alpha(\nu) e^{-j2\pi\nu k}$$

Las ecuaciones anteriores se reducen a expresiones más simples si la señal es ergódica:

$$\widehat{R}_x^\alpha(\nu) = \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N x(n) x^*(n+\nu) e^{-j2\pi\alpha n}$$

$$\widehat{S}^{(N)}(\alpha, k) = \frac{1}{N} \sum_{s=0}^{N-1} X^{(N)}(k) X^{*(N)}(k-\alpha) W^{(N)}(s-k)$$

Gráfico de la Función Autocorrelación Cíclica

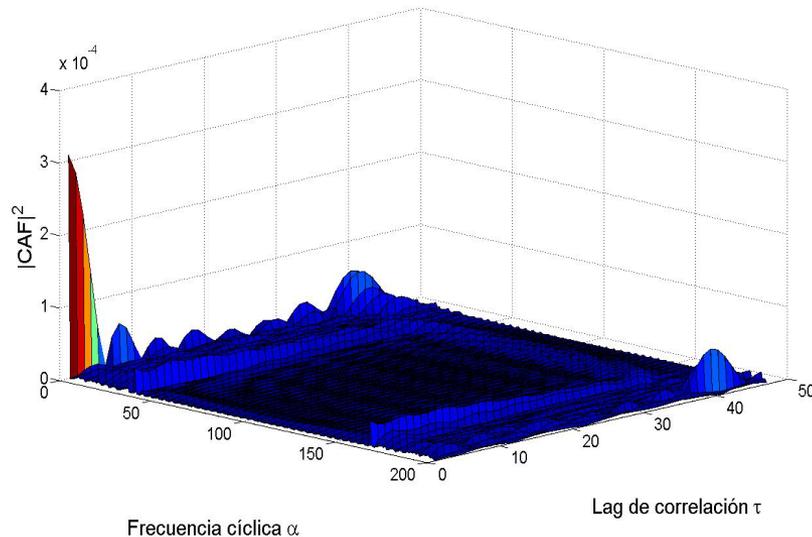
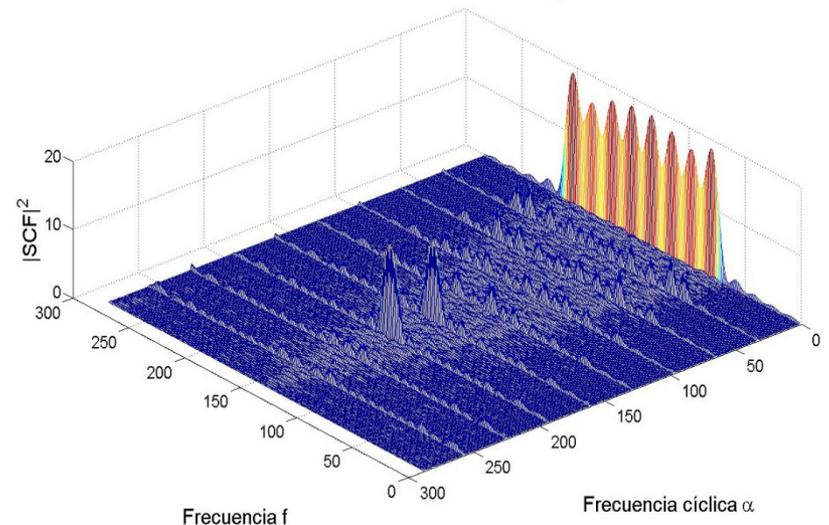


Gráfico de la Función de Correlación Espectral Cíclica



Las propiedades cicloestacionarias se pueden usar para detectar o diferenciar señales aunque los contextos son muy diferentes.

En el primer caso, la cicloestacionaridad se utiliza para detectar una determinada señal inmersa en ruido. En éste caso las hipótesis del test son:

$$x(t) = \begin{cases} n(t) & \mathcal{H}_0 \\ h(t) * s(t) + n(t) & \mathcal{H}_1 \end{cases}$$

El segundo caso consiste en diferenciar las señales detectando firmas que pueden ser inherentes al procesamiento de la señal o agregadas con el fin de permitir la diferenciación. Para éste caso las hipótesis resultan:

$$x(t) = \begin{cases} h(t) * S^{ns}(t) + n(t) & \mathcal{H}_0 \\ h(t) * S^s(t) + n(t) & \mathcal{H}_1 \end{cases}$$

Detección por CP (Ejemplo de detección)

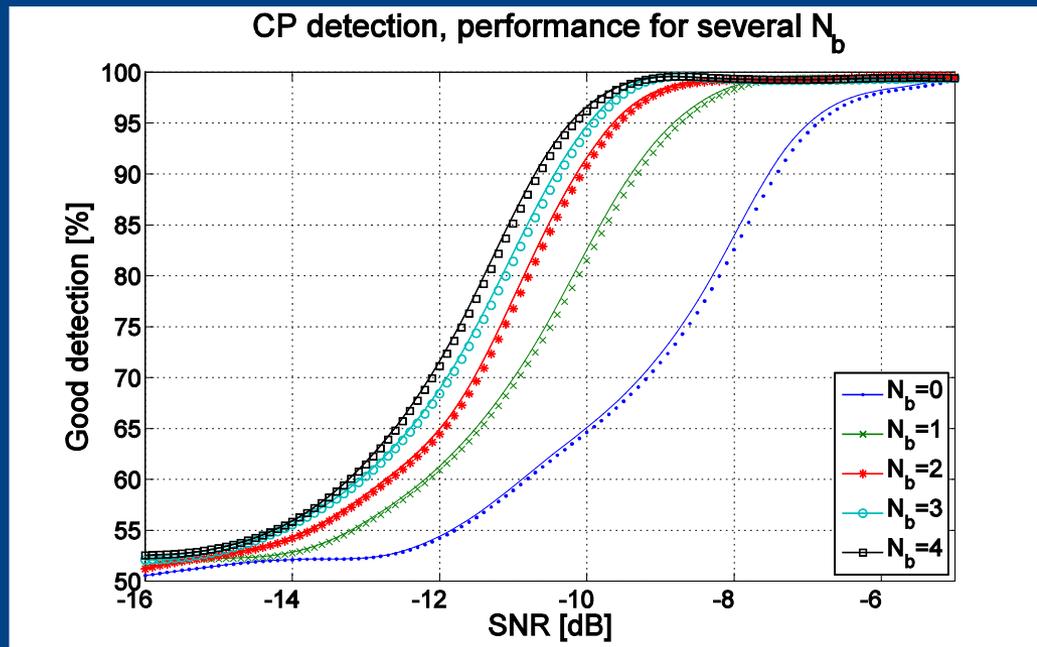
El CP en una señal OFDM introduce cicloestacionaridad en la CAF para $\nu=N_c$ y $\alpha=(N_c+D)$, donde N_c es la cantidad de portadoras y D el largo del CP.

Teniendo en cuenta esto podemos armar un test para detectar la presencia o ausencia de una señal:

$$J_{cp}(N_b) = \sum_{k=-N_b}^{N_b} |\hat{R}_y^{k\alpha_0}(N_c)|^2$$

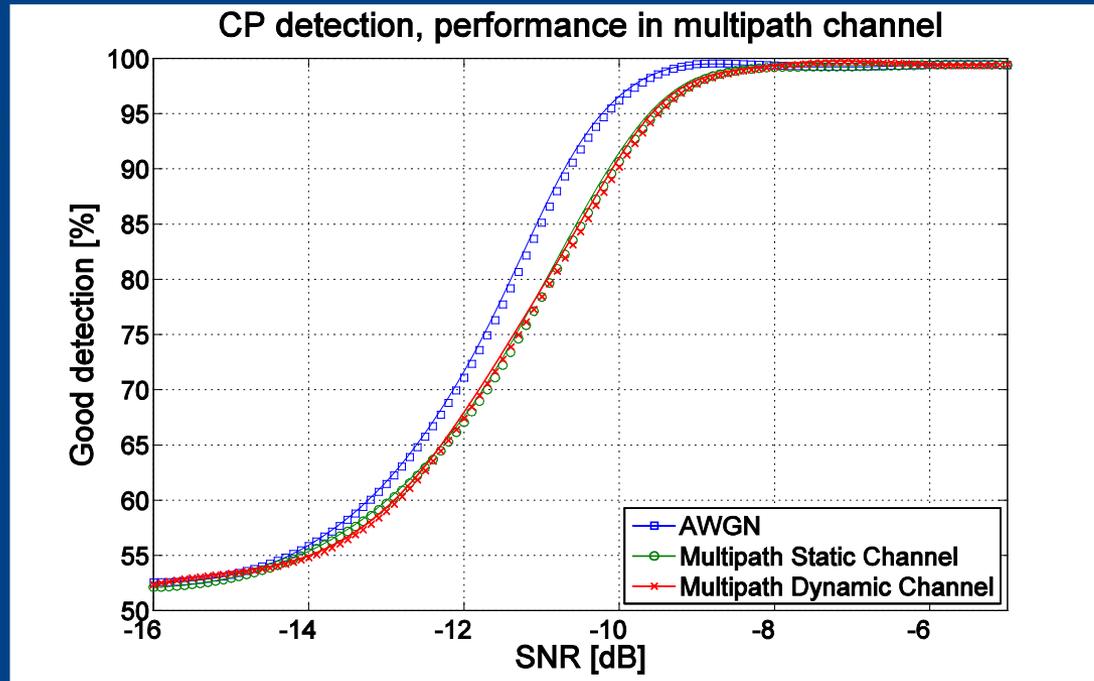
donde N_b es la cantidad de frecuencias cíclicas α tomadas.

Al aumentar N_b existe un compromiso entre la cantidad de cálculos necesaria y la performance del test. En la gráfica se ve el aumento del desempeño.



El canal es AWGN. La señal OFDM es de $N_c=512$, $D=64$. Se utilizaron 30 símbolos OFDM para calcular el test.

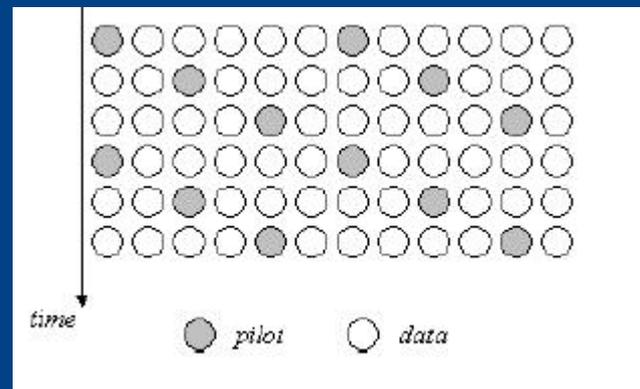
Por último se muestra una gráfica de muestra el efecto del canal en el test.



El canal tiene decaimiento exponencial, $E\{|h(l)|^2\}=Ge^{-l/\beta}$, donde G normaliza la energía y $\beta=D/4$. El Doppler equivale al 2% de la separación interportadora (80km/h para una $f_c=1\text{GHz}$).

Diferenciación por patrón de pilotos (Ejemplo diferenciación)

En general los símbolos de las pilotos utilizadas en sistemas OFDM son BPSK, entonces exhiben correlación cíclica entre diferentes pilotos.



Para este caso α esta dada por la periodicidad del patrón.

Para aprovechar la simetría del patrón de pilotos se define el siguiente test:

$$J_{pic} = \sum_{(p,q) \in \xi} \left(\sum_{\alpha \in \mathcal{A}(p,q)} |\hat{R}_{\tilde{Y}(p,q)}^\alpha(d^{(p,q)})|^2 \right)$$

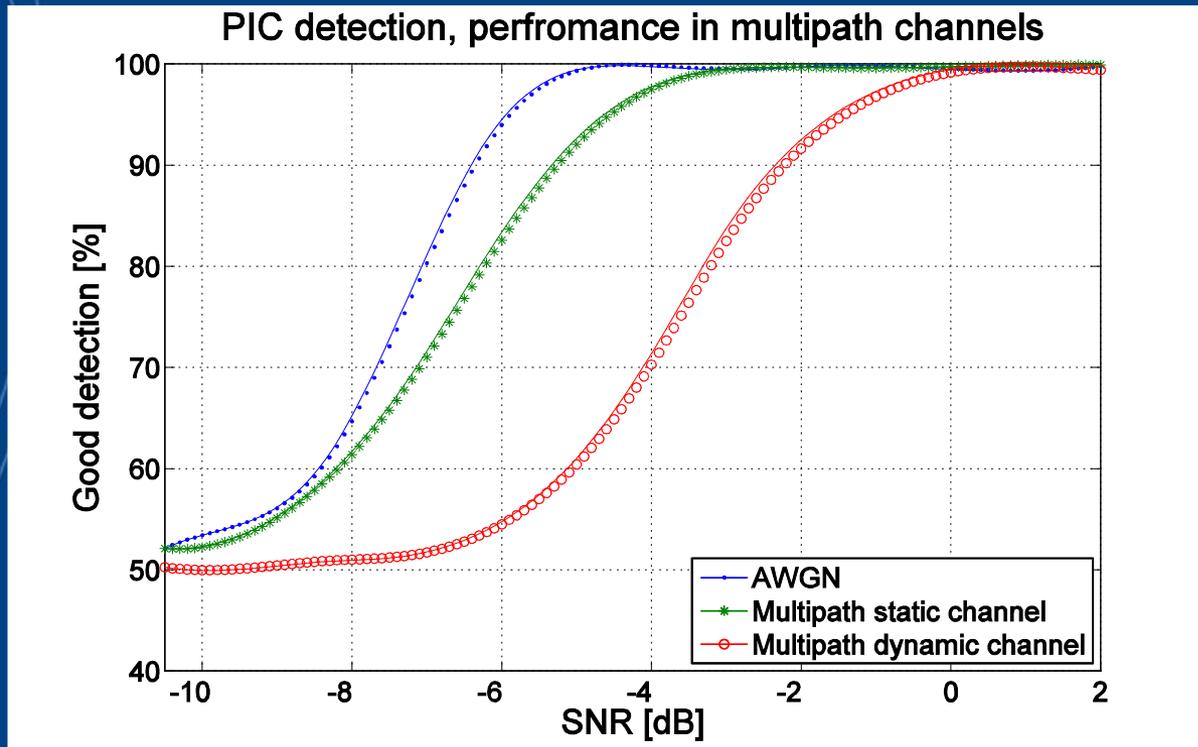
Tiene en cuenta diferentes pares de pilotos

Calcula la correlación entre las portadoras p y q para todos los valores de α

En la ecuación anterior la autocorrelación está definida como:

$$\hat{R}_{\tilde{Y}(p,q)}^\alpha(d^{(p,q)}) = \frac{1}{M - d^{(p,q)}} \sum_{k=0}^{M-d^{(p,q)}-1} \tilde{Y}_k(p) \tilde{Y}_{k+d^{(p,q)}}^*(q) e^{-j2\pi\alpha k}$$

La performance del test frente distintas condiciones de canal se ve reflejada en la siguiente figura.



Sistema completo

Al considerar el sistema completo se hacen evidentes varios problemas:

- Como establecer el sincronismo entre el transmisor UP y el receptor US.
- Considerar las imperfecciones de hardware y los efectos del canal.
- Problemas de la topología de la red (nodo escondido, centralizada, ad-hoc).

Evidentemente el problema es muy complejo. Una posible manera de simplificar el sistema es considerar un caso particular y desarrollar una solución para el caso con la información disponible.

FIN