

# TRABAJO FIN DE CARRERA. INTEGRACIÓN DE REDES TELEMÁTICAS.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REDES 802.11e  
TRANSPORTANDO VoIP

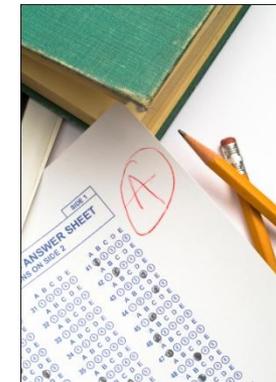
PEDRO SÁNCHEZ TORRES

UOC – Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad Telemática

Junio 2012

# Introducción y objetivos

- ▶ Problema: En poco tiempo, las WLAN tendrán que soportar gran número de llamadas VoIP simultáneas.
- ▶ Situación actual: Los estándares WIFI más usados actualmente (802.11a/b/g) no proveen Calidad de Servicio (QoS) y tienen baja capacidad VoIP.
- ▶ Objetivo: Evaluar la capacidad VoIP del estándar IEEE 802.11e.



# Norma IEEE WLAN 802.11

- ▶ Estándar de comunicaciones del IEEE que define la capa física (PHY) y la capa de acceso al medio (MAC) del modelo OSI
- ▶ Modos de funcionamiento:
  - Función de Coordinación Distribuida (DCF)
  - Función de Coordinación Puntual (PCF)

Estándar	Año	Tecnología	Ancho de banda
802.11	1997	Infrarrojo/ FHSS/DSSS	1 o 2 Mbps
802.11a	1999	DSSS	6-54 Mbps
802.11b	1999	OFDM	11 Mbps
802.11g	2003	OFMD	54 Mbps

# Norma IEEE WLAN 802.11e

- ▶ Ampliación del estándar 802.11 original
- ▶ Define los mecanismos para proporcionar QoS.
- ▶ Hybrid Coordination Function (HCF):
  - EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)
  - HCCA (HCF Controlled Channel Access)
- ▶ Estaciones con soporte de calidad de servicio:
  - QSTA (QoS Enhanced Station)
  - QAP (QoS AP)

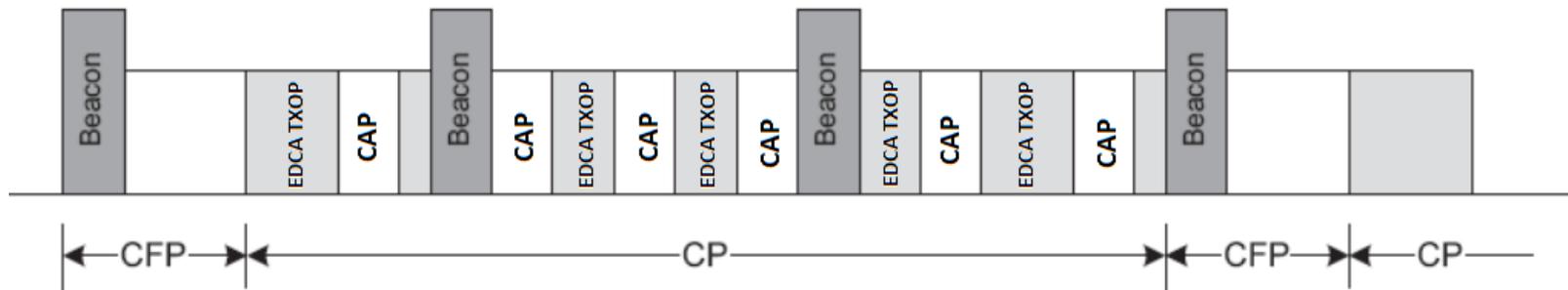
# EDCA (Enhanced Distributed Ch. Access)

- ▶ Mejora el original DCF: backoff y tiempos de espera variables en función de la categoría.
- ▶ Prioriza el tráfico en función de su categoría

Categoría acceso	Descripción	Prioridad
AC_BK – AC[0]	Best Effort	Menor
AC_BE– AC[1]	Best Effort Prueba Video	↓
AC_VI – AC[2]	Video	↓
AC_VO – AC[3]	Voz	Mayor

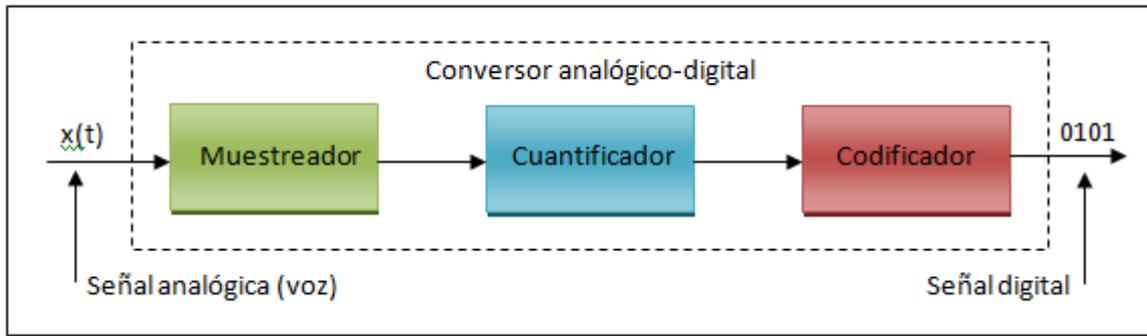
# HCCA (HCF Controlled Channel Access)

- ▶ Mecanismo de acceso al canal mediante polling.
- ▶ Opera en el CFP y en el CP (mediante CAPs).
- ▶ Durante un TXOP, a cada estación se le permite enviar un número determinado de tramas.
- ▶ PCF que solo permite una trama cada vez.



# Codificación de la voz para VoIP

- ▶ Códdec: Algoritmo que convierte la señal de voz analógica en datos digitales.



- ▶ Códdec estudiados: G.711, G.729, G.723.1

# Recomendación UIT-T G.711

- ▶ Es un estándar sin pérdida, es decir, no hay degradación de la calidad con su uso.
- ▶ Ancho de banda: 64 Kbps.
- ▶ Degradación intrínseca (Ie): 0
- ▶ Retraso de paquetización: 20 ms.
- ▶ MOS de referencia 3,6 → Retraso 325 ms

# Recomendación UIT-T G.729

- ▶ Se basa en una técnica CS-ACELP que reduce la carga computacional, ahorrando ancho de banda.
- ▶ Ancho de banda: 8 Kbps.
- ▶ Degradación intrínseca (le): 10
- ▶ Retraso de paquetización: 20 ms.
- ▶ MOS de referencia 3,6 → Retraso 240 ms

# Recomendación UIT-T G.723.1

- ▶ Diseñado para comprimir la voz u otras señales audio componentes de servicios multimedia a velocidad binaria muy baja.
- ▶ Ancho de banda: 6,3 Kbps. (posible 5,3 Kbps)
- ▶ Degradación intrínseca (le): 15
- ▶ Retraso de paquetización: 30 ms.
- ▶ MOS de referencia 3,6 → Retraso 170 ms

# Cuantificar la calidad de la voz

- ▶ Objetivo: Inteligibilidad.
- ▶ Parámetros a evaluar:
  - ✓ Calidad de audición.
  - ✓ Calidad de la conversación.
  - ✓ Calidad de transmisión.



# Medición objetiva

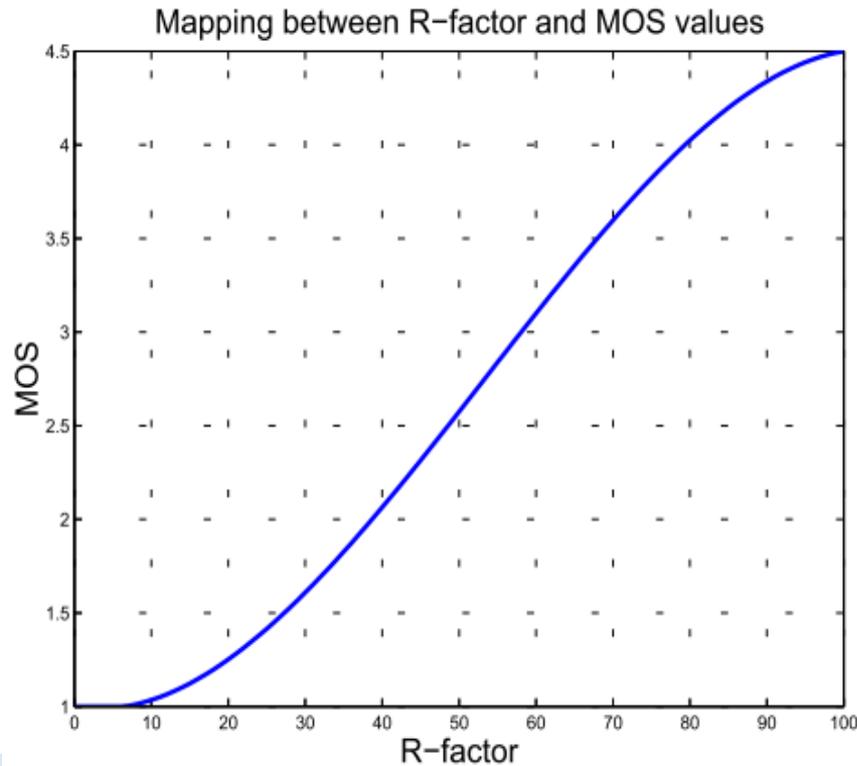
- ▶ Análisis matemático de la comparación de ambas señales (enviada y recibida).
- ▶ Métodos:
  - ✓ PSQM (Perceptual Speech Quality Measurement).  
Recomendación P.861 de la UIT-T
  - ✓ PESQ (Perceptual Evaluation or Speech Quality).  
Recomendación P.861 UIT-T
  - ✓ PAMS (Perceptual Analysis/Measurement System).

# Medición Subjetiva

- ▶ Calificar objetivamente la calidad de la voz humana es complejo.
- ▶ Las personas puntúan la calidad para determinar el nivel de bondad de una comunicación.
- ▶ Métodos:
  - MOS (Mean Opinion Score). Rec. P.800 UIT-T
  - E-Model (R Factor). Recomendación G.107 UIT-T

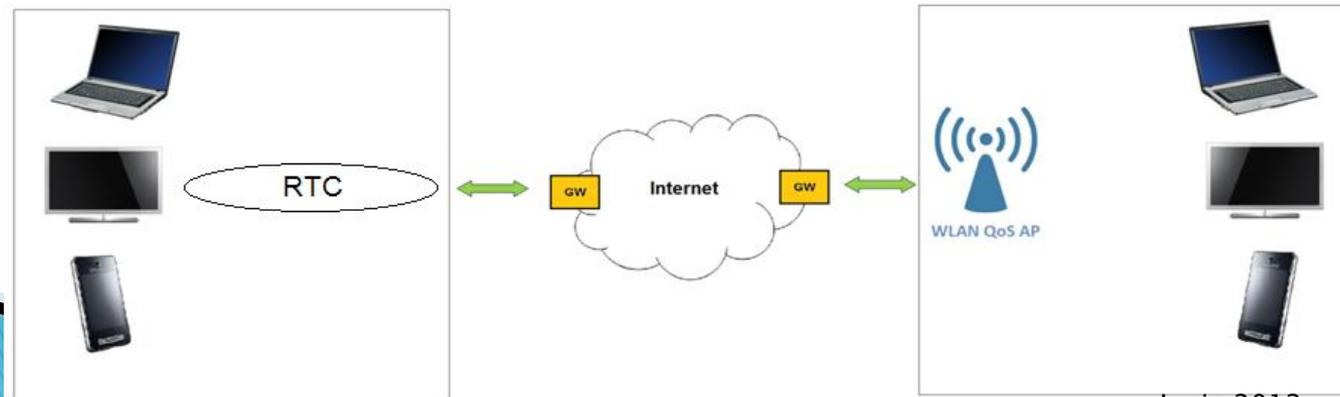
# MOS vs Factor R

$$MOS = \begin{cases} 1 & \text{para } R < 0 \\ 1 + 0.035R + 7 \cdot R \cdot (R - 60)(100 - R) \cdot 10^{-6} & \text{para } 0 < R < 100 \\ 4,5 & \text{para } R > 100 \end{cases}$$



# Sistema estudiado

- ▶ Una puerta de enlace VoIP actúa como enlace entre la WLAN e Internet.
- ▶ No se tiene en cuenta el efecto de la red cableada sobre la calidad de las llamadas VoIP.
- ▶ No se producen colisiones entre las tramas y éstas siempre se reciben sin errores.



# Cálculo de la capacidad VoIP en WLAN 802.11e (I)

- ▶ Cálculo del periodo de Overhead:

$$T_{overhead} = \left( \frac{B + P}{R} + SIFS \right) \cdot \left( \frac{SF - CP}{T_B} \right) + \frac{CF_{end} + P}{R}$$

- ▶ Cálculo del periodo de sondeo durante el CFP

$$T_{poll-cfp} = \frac{(C \cdot (T_{voice} + T_{CFP}) + H + P) \cdot 2}{R} + 2 \cdot SIFS$$

- ▶ Cálculo del periodo de sondeo durante el CP

$$T_{poll-cp} = \frac{(C \cdot (T_{voice} + T_{CP}) + H + P) \cdot 2}{R} + 2 \cdot SIFS$$

# Cálculo de la capacidad VoIP en WLAN 802.11e (II)

- ▶ Número de llamadas VoIP soportadas durante el CFP:

$$N_{poll-cfp} = \frac{T_{CFP} - T_{overhead}}{T_{poll-cfp}}$$

- ▶ Número de llamadas VoIP soportadas durante el CP:

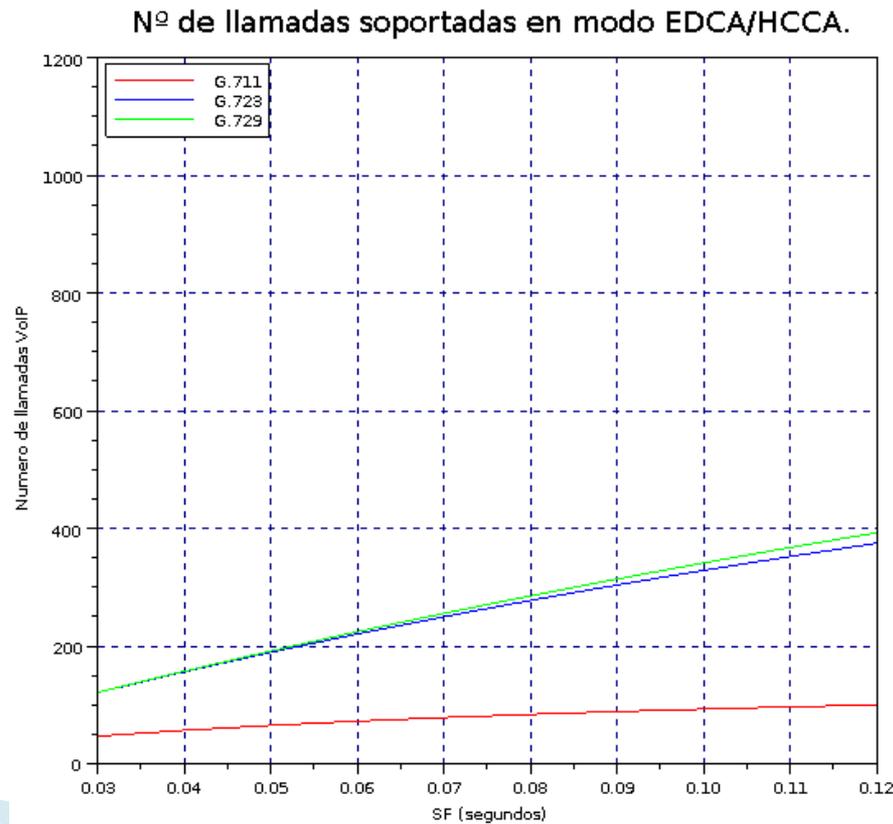
$$N_{poll-cp} = \frac{T_{CP}}{T_{poll-cp}}$$

- ▶ Número total de llamadas:

$$N_{Total} = N_{poll-cp} + N_{poll-cfp}$$

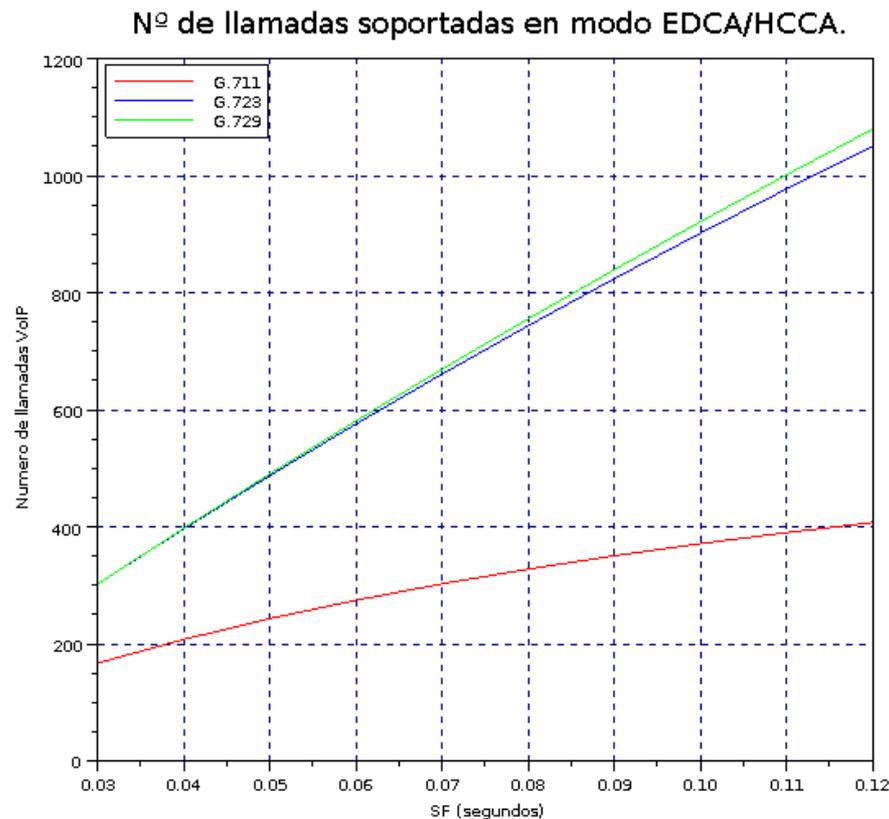
# Resultado simulación (I)

- Variación de la capacidad en función de la SF (11 Mbps)



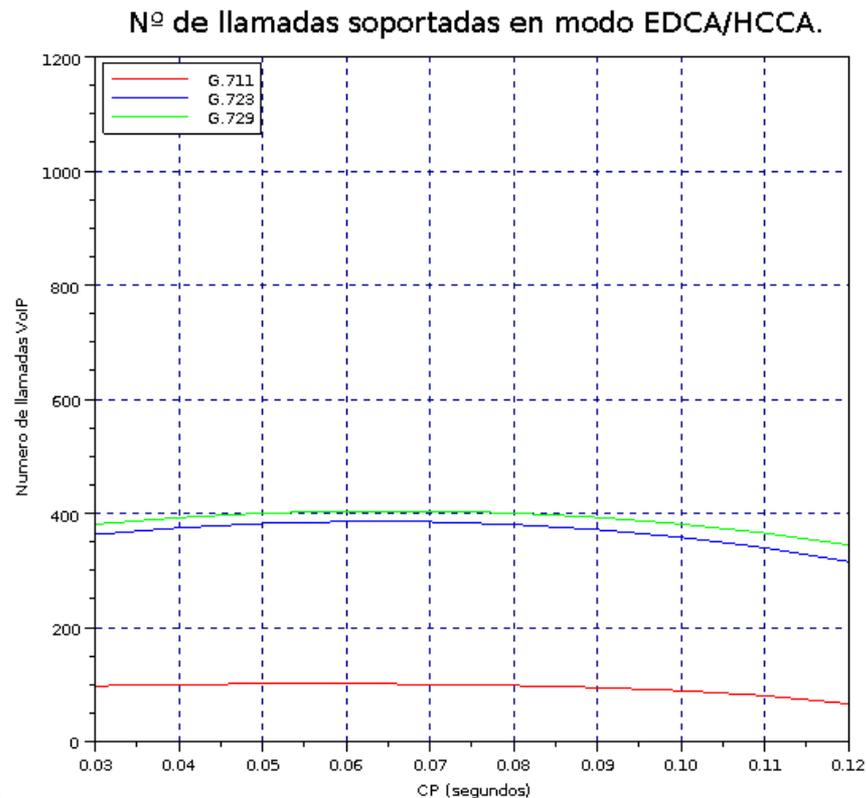
# Resultado simulación (II)

- Variación de la capacidad en función de la SF (54Mbps)



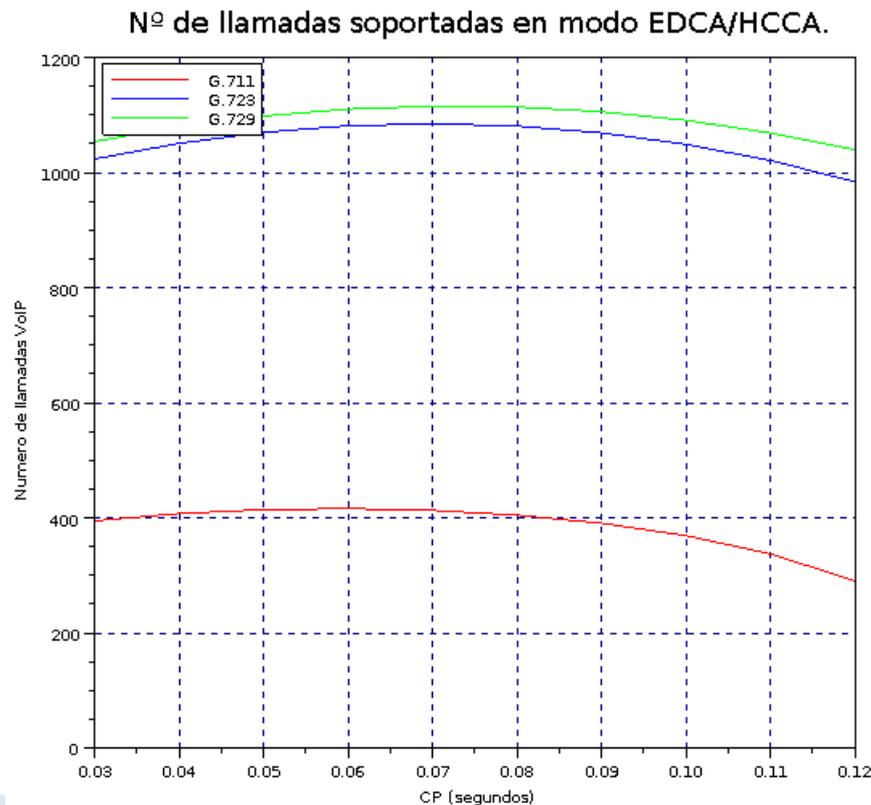
# Resultado simulación (III)

- Variación de la capacidad en función del CP (11 Mbps)



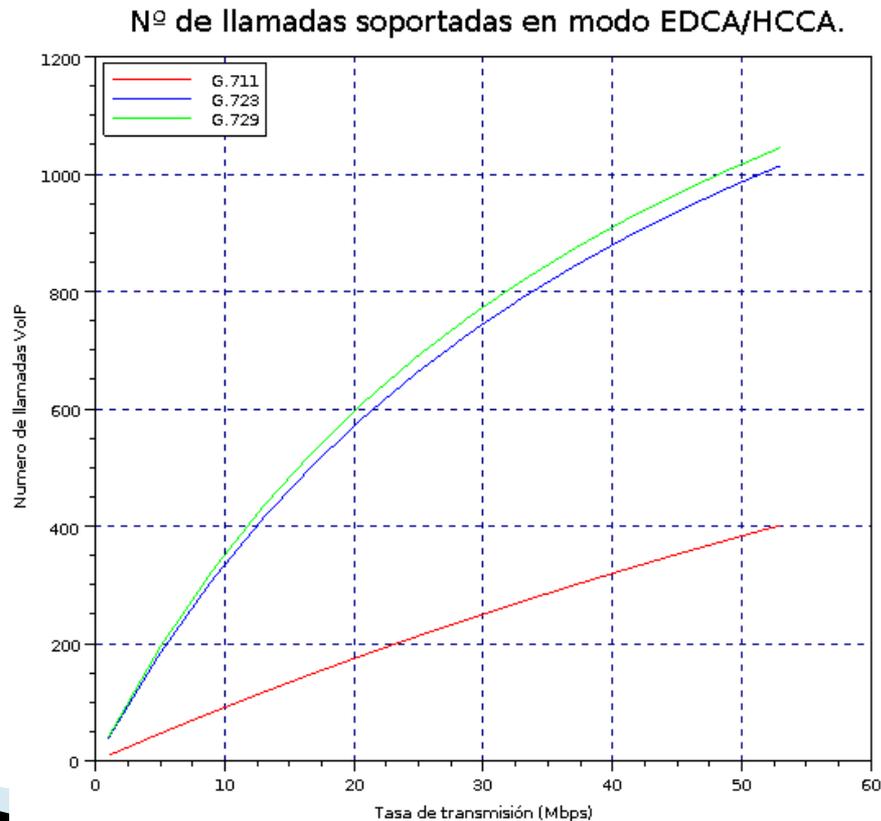
# Resultado simulación (IV)

- Variación de la capacidad en función del CP (54 Mbps)



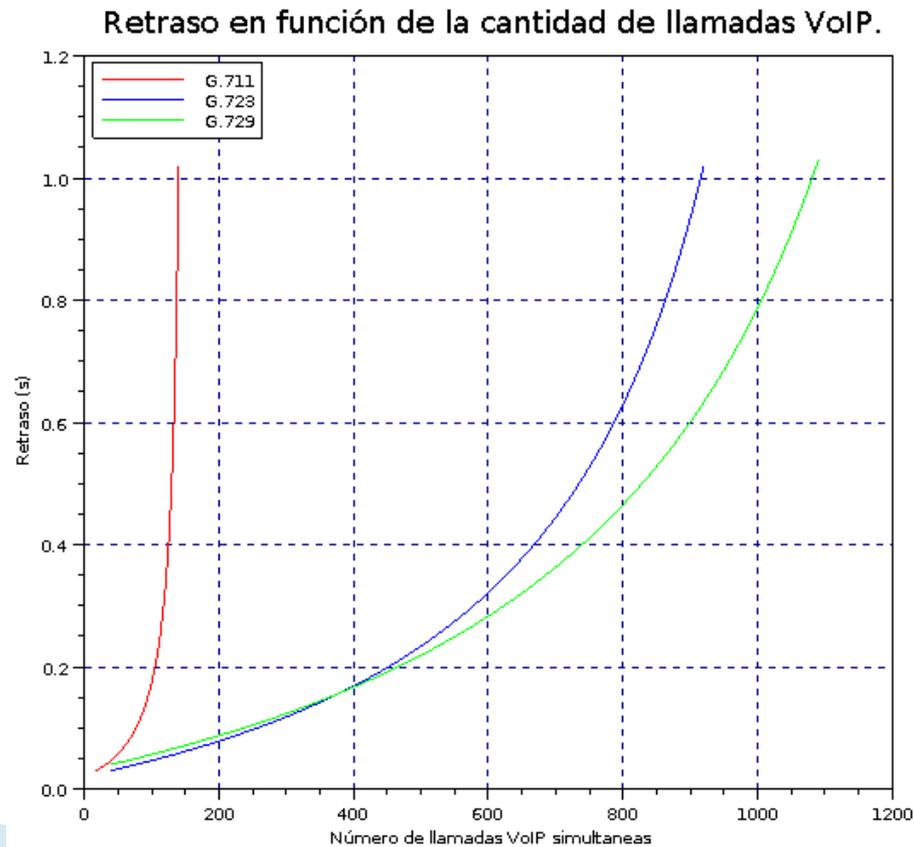
# Resultado simulación (V)

- Variación de la capacidad en función de la tasa de transferencia (SF 120 ms.)



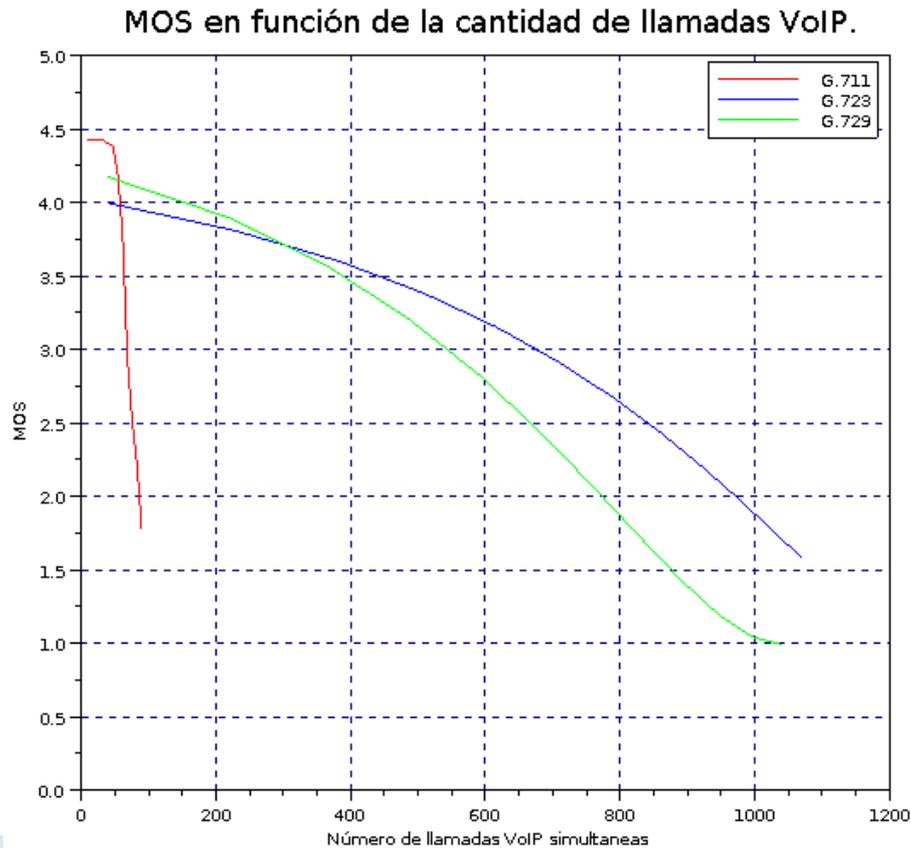
# Resultado simulación (VI)

- ▶ Retraso en función de la cantidad de llamadas



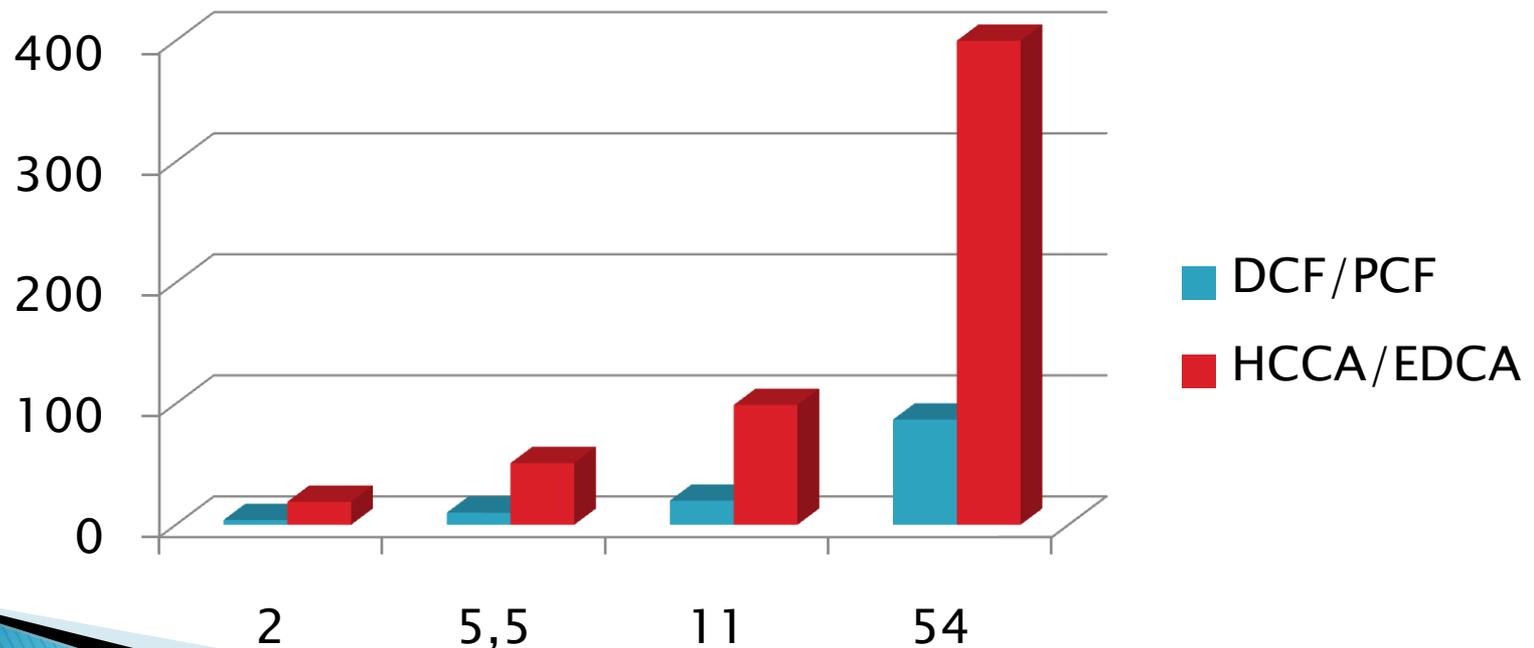
# Resultado simulación (VII)

- ▶ MOS en función de la cantidad de llamadas



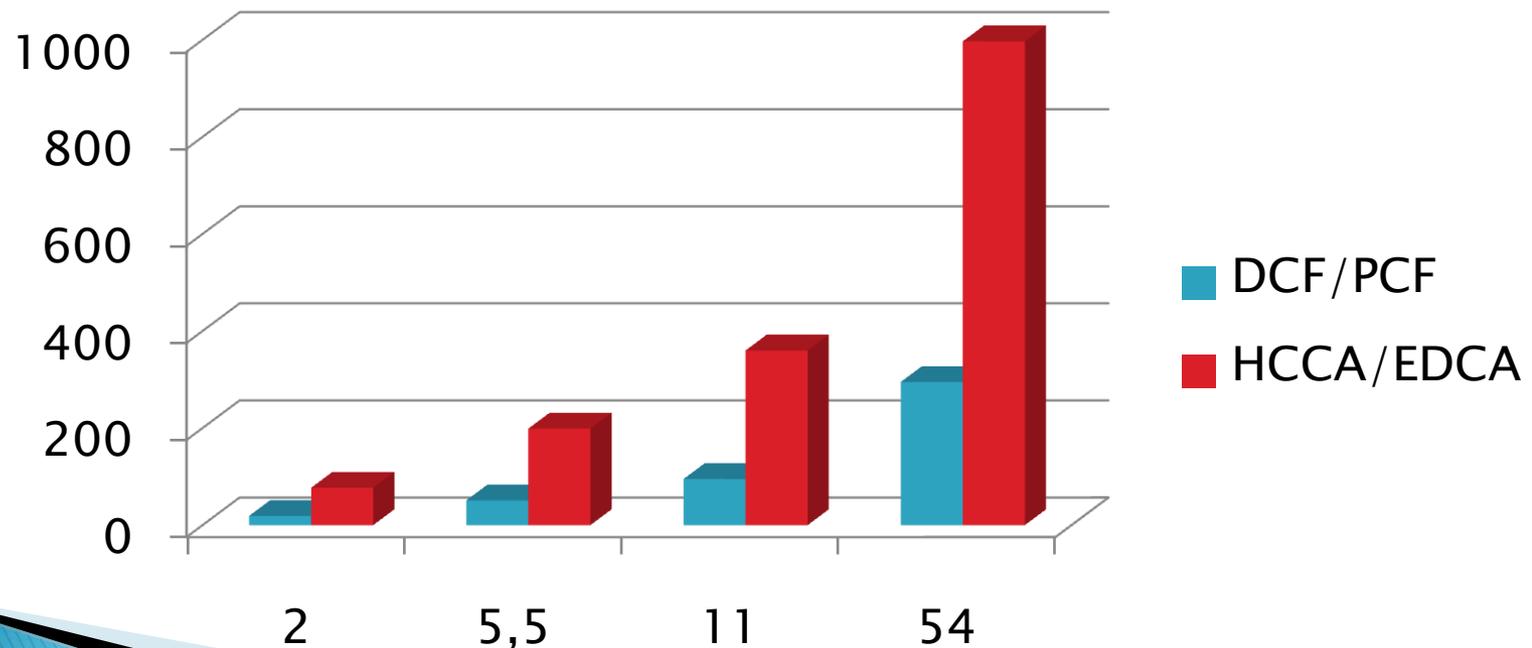
# Comparación de resultados (I)

- ▶ Comparación de la capacidad DCF/PCF vs HCCA/EDCA usando códec G.711



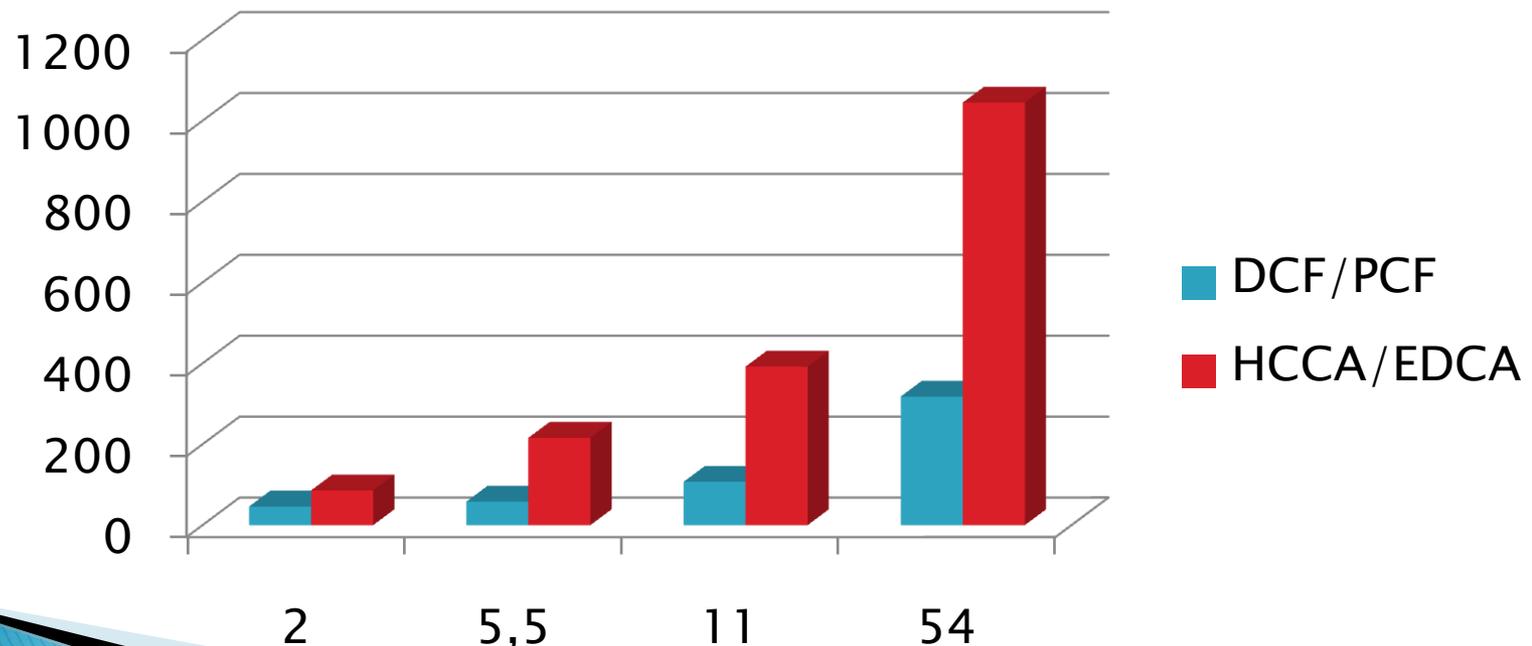
# Comparación de resultados (II)

- ▶ Comparación de la capacidad DCF/PCF vs HCCA/EDCA usando códec G.729



# Comparación de resultados (III)

- ▶ Comparación de la capacidad DCF/PCF vs HCCA/EDCA usando códec G.723.1



# Conclusiones

- ▶ HDCA/EDCA mejora la capacidad respecto del estándar 802.11 original.
- ▶ La mejoría se debe a la extensión de los CAP durante el CP y/o a la extensión de la supertrama 802.11e
- ▶ Cuanto más grande es la SF más capacidad, pero más retardo end-to-end obtenemos, y por tanto peor calidad.
- ▶ Configuración recomendada:
  - ❖ Códec G.711 → menos de 70 comunicaciones VoIP simultáneas.
  - ❖ Códec G.729 → entre 70 y 350 comunicaciones VoIP simultáneas.
  - ❖ Códec G723.1 → mas de 350 comunicaciones VoIP simultáneas.

**Fin.**