

FDMA vs TDM

VANTAGGI DELL'FDMA

- 1) TRASMETTITORE E RICEVITORE RICHIEDONO MENO PROCESSAMENTO DEL SEGNALE DIGITALE (ANCHE SE I COSTI DEL DIGITAL PROCESSING STANNO DIMINUENDO)
- 2) LA SINCRONIZZAZIONE (TEMPORALE) E' SEMPLICE: E' SUFFICIENTE UTILIZZARE UN SEMPLICE ALGORITMO DI TRACKING DURANTE LA TRASMISSIONE

SVANTAGGI

- 1) SINCRONIZZAZIONE IN FREQUENZA E STABILITA' SONO DIFFICILI: PER LA COMUNICAZIONE VOCALE OGNI SOTTOBANDA DI FREQUENZA E' STRETTA (TRA 5 E 30 KHz). CIO' IMPLICA CHE OSCILLATORI LOCALI DEVONO ESSERE ACCURATI E STABILI; SITTER DELLA FREQ. PORTANTE RISULTANO IN INTERFERENZA DI CANALE ADIACENTE. PER OTTENERE UN'ELEVATA EFFICIENZA SPETTRALE SI DEVE FARE USO DI "STEEP FILTER" CHE ASSIEME AGLI OSCILLATORI SONO MOLTO COSTOSI. PER RIDURRE I COSTI DEI FILTRI SI FA USO DELLE BANDE DI GUARDIA.
- 2) SENSIBILITA' AL FADING: L'USO DI SOTTOBANDE DI DIMENSIONI PICCOLE PORTA AD AVERE UN FADING PIATTO. TUTTAVIA PER SEGNALE CHE SONO MENO AMPI DELLA AMPIEZZA DI COERENZA DEL CANALE NON E' POSSIBILE FARE USO DI TECNICHE DI DIVERSITA' DI FREQUENZA
- 3) SENSIBILITA' ALLA MODULAZIONE DI FREQUENZA (FM): DOVUTO ALLA BANDA STRETTA IL SISTEMA E' SENSIBILE ALL'"FM RANDOM": LA BER DOVUTA ALL'FM RANDOM E' PROPORTIONALE A $(V_{max} T_s)^2$ (E' CIOE' INVERSAMENTE PROPORTIONALE AL QUADRATO DELL'AMPIEZZA). TUTTAVIA APPROPRIATI SCHEMI DI SIGNAL-PROCESSING POSSONO MITIGARE QUESTI EFFETTI E OTTENERE "DIVERSITA' DI TEMPO".

- 3) INTER MODULAZIONE: LE BS NECESSITANO DI TRASMETTERE CANALI VOCALI MULTIP. ATTIVI PER L'INTERA DURATA DELLA TRASMISSIONE. (TIPICAMENTE SI USANO DAI 20-100 CANALI DI FREQ.). SE I CANALI SONO AMPLIFICATI DALLO STESSO AMPLIFICATORE DI POTENZA, PRODOTTI DI MODULAZIONE DEL TERZO ORDINE SONO CREATI. E' NECESSARIO AVERE QUINDI AMPLIFICATORI SEPARATI PER OGNI CANALE, ~~CHE SIANO~~ ⁰ ~~AVERE~~ ALTAMENTE LINEARI AMPLIFICATORI PER IL SEGNALE COMPOSITO.

IMPIEGO DELL' FDMA

L'FDMA E' PRINCIPALMENTE UTILIZZATO NEI SEGUENTI CAMPI

- 1) SISTEMI DI COMUNICAZIONE ANALOGICI
- 2) COMBINAZIONE DI FDMA CON ALTRI METODI MULTI ACCESSO (MA) (TDMA O CDMA).
- 3) SISTEMI AD ALTO DATA RATE (ES. WLAN)

TRUNKING GAIN

ESISTONO DUE CASI ESTREMI DI PIANIFICAZIONE DELLE RISORSE DI UNA RETE CELLULARE:

- 1) PROGETTO NEL "WORST CASE": SE SI PREVEDE CHE IN UN SISTEMA CI SIANO 700 UTENTI SI ASSUME CHE TUTTI POSSANO PARLARE CONTEMPORANEAMENTE E SI FA USO DI 700 CANALI
- 2) PROGETTO NEL "BEST CASE": SE SI CONOSCE LA DURATA MEDIA DI UNA CHIAMATA O IL TEMPO DI UTILIZZO DEL TELEFONO IN UNA GIORNATA (ES. 20min) E SI HANNO PER ESEMPIO 700 UTENTI $\Rightarrow 700 \cdot 20 \text{ min} = 14000 \text{ min}$ DI TEMPO DI CHIAMATA DEVONO ESSERE GARANTITI \Rightarrow UN SISTEMA CON 10 CANALI VOCALI PER CELLA OFFRE $24 \times 60 \times 10 = 14400 \text{ min}$

OVVIAMENTE NESSUNO DEI DUE APPROCCI E' AUSPICABILE. IL PROGETTISTA DOVREBBE PREVEDERE IL COMPORTAMENTO DEGLI UTENTI E DERIVARE L'INFRASTRUTTURA FISICA CHE GARANTISCA UN "GRADO DI SERVIZIO" ACCETTABILE.

MOLTI FATTORI INFLUENZANO LA PIANIFICAZIONE CELLULARE:

- 1) NUMERO E DURATE DELLE CHIAMATE NELLA GIORNATA. SI DEFINISCONO "BUSY HOUR" (DALLE 10:00 ALLE 16:00) LE ORE DOVE PIU' CHIAMATE SONO FATTE. IL TRAFFICO IN QUESTO PERIODO DETERMINA LA CAPACITA' DELLA RETE.
- 2) LA DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEGLI UTENTI E' TEMPO VARIANTE. ZONE DI LAVORO HANNO UN'ALTA CONCENTRAZIONE DI GIORNO MENTRE ZONE SUB-URBANE O ZONE DI INTRATTENIMENTO/DIVERTIMENTO REGISTRANO PIU' TRAFFICO DURANTE LA NOTTE.
- 3) LE ABITUDINI DEGLI UTENTI CAMBIANO NEL TEMPO. NEL 1990 UNA CHIAMATA DURAVA POCCHI MINUTI ADESSO ^{PUO'} DURARE ORE
- 4) VENGONO OFFERTI NUOVI SERVIZI (ES. CHIAMATE GRATUITE DURANTE LA SERA ETC.)

BASANDOCI SU CONOSCENZE STATISTICHE E' POSSIBILE PROGETTARE UN SISTEMA CON UNA CERTA PROBABILITA' DI ACCESSO ALLA RETE.

PER CALCOLARE LA "PROBABILITA' DI BLOCCO" DI UN SISTEMA SEMPLIFICATO LE SEGUENTI ASSUNZIONI SONO FATTE:

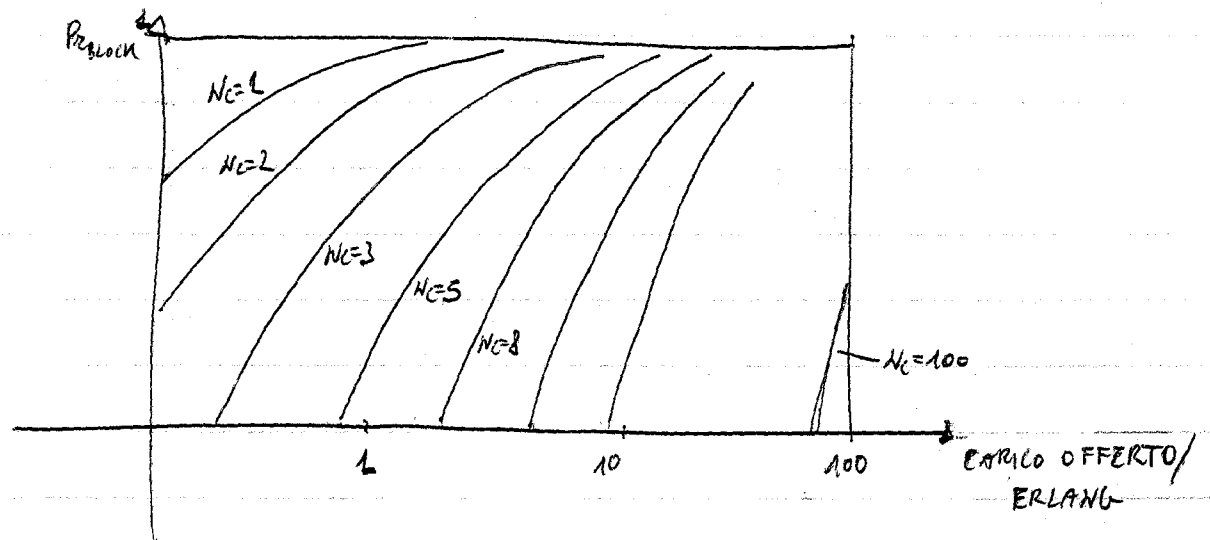
- 1) IL TEMPO IN CUI LE CHIAMATE AVVENGONO E' STATISTICAMENTE INDIPENDENTE
- 2) LA DURATA DELLA CHIAMATA E' UNA VARIABILE RANDOM DISTRIBUITA ESPONENZIALMENTE
- 3) SE UN UTENTE E' RIFIUTATO IL SUO PROSSIMO TENTATIVO E' STATISTICAMENTE INDIPENDENTE DAL TENTATIVO PRECEDENTE.

UN SISTEMA DEL TIPO SOPRA DESCRITTO E' CHIAMATO SISTEMA ERLANG B.

LA PROBABILITA' DI BLOCCO RISULTA ESSERE:

$$P_{\text{BLOCCO}} = \frac{T_{\text{ER}}^{N_C} / N_C!}{\sum_{k=0}^{N_C} T_{\text{ER}}^k / k!}$$

DOVE N_c E' IL NUMERO DI CANALI VOCALI (PER CELLA) E T_{tr} E' IL TRAFFICO IN "UNITA' DI UTENTI" (CANALI VOCALI) OFFERTO.



SI NOTA COME IL RAPPORTO TRA CANALI RICHIESTA E TRAFFICO OFFERTO E' MOLTO ALTO SE N_c E' PICCOLO. (IN PARTICOLARE PER BASSE PROB. DI BLOCCO). PER ESEMPIO SE E' RICHIESTA UNA $P_{block} = 1\%$, IL RAPPORTO TRAFFICO OFFERTO SU CANALI DISPONIBILI E' MINORE DI 0,1 SE $N_c = 2$. A PARITA' DI PROB. DI BLOCCO, IL RAPPORTO TRA TRAFFICO OFFERTO SU CANALI DISPONIBILI PASSA A 0,9 PER $N_c = 50$.

E' POSSIBILE ANCHE ADOTTARE UN'ALTRA POLITICA NELL'ASSEGNAZIONE DEI CANALI: SE AD UN UTENTE NON E' IMMEDIATAMENTE ASSEGNATO UN CANALE EGLO E' MESSO IN ATTESA PER UN CERTO TEMPO (WAITING LOOP) E GLI SARA' ASSEGNATO IL CANALE NON APPENA DIVENTA DISPONIBILE. UN SISTEMA DI QUESTO TIPO E' CHIAMATO SISTEMA ERLANG C. LA PROB. DI ESSERE MESSO IN ATTESA E':

$$P_{wait} = \frac{N_c}{T_{tr}} \frac{1}{N_c! + N_c! \left(1 - \frac{T_{tr}}{N_c}\right) \sum_{k=0}^{N_c-1} \frac{T_{tr}^k}{k!}}$$

DOVE IL TEMPO MEDIO DI ATTESA E':

$$t_{wait} = P_{wait} \frac{T_{call}}{N_c - T_{tr}}$$

CON T_{call} DURATA MEDIA DELLA CHIAMATA

LA PROB. CHE UNA CHIAMATA POSSA ESSERE ACCETTATA E NON BLOCCATA E' UNA PARTE IMPORTANTE DELLA QUALITA' DEL SERVIZIO: LA QoS E' DEFINITA COME IL $100\% - \rho_{\text{bloccata}} - 10\% N_{\text{lost}}$.

IN UN SISTEMA FDMA ALL'INTERNO DI UNA STESSA CEEBS SI POSSONO AVERE SOLO CHIAMATE BLOCCATE E NON PERSE.

ESERCIZIO 1

CONSIDERIAMO UN SISTEMA ERLANG-C DOVE GLI UTENTI SONO ATTIVI IL 50% DEL TEMPO. LA DURATA MEDIA DELLA CHIAMATA E' 5 MIN. SE SI RICHIEDE CHE NON PIU' DEL 5% SIA MESSO IN ATTESA, QUANTI CANALI SONO RICHiesti PER $m_{\text{num}} = 1,8,30$ QUALE IL RISPETTIVO TEMPO MEDIO DI ATTESA?

SOL.

DATO CHE $T_{\text{off}} = 0,5 \cdot m_{\text{num}}$ E' IL TRAFFICO MEDIO OFFERTO. AVREMO:

$$0,05 > \frac{(0,5 \cdot m_{\text{num}})^{N_c}}{(0,5 \cdot m_{\text{num}})^{N_c} + N_c! \left(1 - \frac{0,5 \cdot m_{\text{num}}}{N_c}\right) \sum_{n=0}^{N_c-1} \frac{(0,5 \cdot m_{\text{num}})^n}{n!}}$$

TALE EQ. E' RISOLTA NUMERICAMENTE:

m_{num}	1	8	30
N_c	3	3	23
P_{wait}	0,0452	0,0238	0,0380
t_{wait}	0,0304	0,0238	0,0238

DOVE

$$t_{\text{wait}} = P_{\text{wait}} \frac{5}{N_c - 0,5 \cdot m_{\text{num}}}$$

ESERCIZIO 2

CONSIDERIAMO UN SISTEMA ERLANG B CON 30 CANALI DISPONIBILI. SE E' RICHIESTA UNA $P_{\text{block}} = 2\%$ CHE TRAFFICO PUO' ESSERE SERVITO SE C'E' UN OPERATORE O TRE OPERATORI?

$$1) P_{\text{block}} = 0,02 \quad N_c = 30 \Rightarrow 0,02 = \frac{T_{\text{tr}}^{30} / 30!}{\sum_{k=0}^{30} T_{\text{tr}}^k / k!} \Rightarrow T_{\text{tr}} = 21,9$$

$$2) N_{\text{tot}} = 30 \Rightarrow N_c = \frac{N_{\text{tot}}}{3} = 10 \Rightarrow T_{\text{tr}} = 5,1$$

IL TRAFFICO MEDIO CHE PUO' ESSERE GESTITO DAI TRE OPERATORI E':

$$T_{\text{tr tot}} = 3 \cdot 5,1 = 15,3$$

TDMA

L'UTENTE IN TAUE SCHEMA TRASMETTE IN ISTANTI TEMPORALI DIVERSI. ALCUNE DELLE DIFFERENZE RISPETTO ALL' FDMA SONO:

- 1) GLI UTENTI OCCUPANO UNA BANDE MAGGIORE \Rightarrow E' POSSIBILE FARE USO DELLA DIVERSITA' DI FREQ. E LA SENSIBILITA' ALLA FI RANDO E' RIDOTTA. TUTTAVIA SONO RICHIESTI EGUALIZZATORI PER COMBATTERE L'ISI.
- 2) NON C'E' NECESSITA' DELLE BANDE DI GUARDIA (IN FREQUENZA) MA E' NECESSARIO PREVEDERE TEMPI PER CONSENTIRE AL ^{TRASMETTITORE} SEGNALE DI PASSARE DA 0W A (100mW-100W). INOLTRE VA GARANTITO IL TEMPO AL SEGNALE DI RAGGIUNGERE LA BS SENZA CHE CI SIANO SOVRAPPOSIZIONI IN TRASMISSIONE.
- 3) OGNI timeslot RICHIEDE UNA NUOVA SINCRONIZZAZIONE E STIMA DEL CANALE DATO CHE LA TRASMISSIONE NON E' CONTINUA. L'OTTIMIZZAZIONE DEI TIMESLOT PUO' ESSERE UN OBIETTIVO IMPORTANTE. SE LO SLOT E' TROPPO PICCOLO GRAN PARTE DEL TEMPO E' USATO PER LA SINCRONIZZAZIONE E LA STIMA DEL CANALE (PER ESEMPIO NEL GSM).

IL 17% DEL TIMESLOT E' USATO PER QUESTO). SE IL TIMESLOT E' TROPPO LUNGO SI REGISTRANO TEMPI DI ATTESA LUNGI PER LA TRASMISSIONE. SE IL TEMPO TRA DUE TIMESLOT E' MAGGIORE DEL TEMPO DI COERENZA DEL CANALE, UNA NUOVA STIMA DEL CANALE E' RICHIESTA.

4) PER SISTEMI LIMITATI IN INTERFERENZA TDMA OFFRE IL VANTAGGIO DI CONSENTIRE L'ASCOLTO DELLE TRASMISSIONI SU ALTRI TIMESLOT E DI PREPARARSI MEGLIO PER L'HANDOVER.

IL TDMA E' USATO IN MOLTI STANDARD TRA CUI IL GSM, IS-54 e IS-136 (USA), IL DECT (DIGITAL ENHANCED CORDLESS TELECOMMUNICATIONS)