

# Misura del parametro $p_{CA}$ di celle UMTS/HSPA: valori ottenuti e loro confronto con le indicazioni dell'Appendice H della norma CEI 211-10.

A.Barellini <sup>1</sup>, G.Licitra <sup>2</sup>, A.Pinzauti <sup>1</sup>, A.M.Silvi <sup>1</sup>

<sup>1</sup>ARPA Toscana – Area Vasta Toscana Costa - Settore Agenti Fisici – via V.Veneto, 27 – Pisa

<sup>2</sup>ARPA Toscana – Dip. Prov.le Lucca – via Vallisneri, 6 - Lucca

## Riassunto

*Nel presente lavoro è stato monitorato nel tempo il rapporto tra la potenza ricevuta dovuta al canale CPICH di celle UMTS/HSPA e quella totale dovuta complessivamente alle stesse celle. Le misure hanno consentito di verificare il valore di tale rapporto in condizioni sia di assenza che di elevata presenza di traffico dati. I valori ottenuti in quest'ultimo caso hanno consentito di ottenere la misura o comunque un'ottima stima del parametro  $p_{CA}$  delle celle, permettendone un confronto con il valore suggerito dall'Appendice H della norma CEI 211-10.*

## IL SISTEMA UMTS/HSPA

Il sistema UMTS, a quasi dieci anni dalla sua introduzione in Italia, si è oramai affermato come standard utilizzato per la trasmissione dati/voce via etere. Lo standard inizialmente implementato (*release* 99) (Holma, 2004) è stato progressivamente aggiornato negli anni a seguire (*releases* 4-8) ([www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)) al fine di aumentare la velocità di trasmissione sia nella tratta radio in downlink, ovvero tra Stazione Radio Base ed utilizzatore, con l'introduzione del protocollo HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), che in direzione opposta, nella tratta in uplink, con il protocollo HSUPA (High Speed Uplink Packet Access). Lo standard di trasmissione così modificato viene generalmente indicato con il termine di UMTS/HSPA (High Speed Packet Access).

Le Stazioni Radio Base UMTS/HSPA utilizzano la tecnologia W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) per l'accesso multiplo alla stessa risorsa radio da parte dei diversi utenti. Il segnale trasmesso dalle celle UMTS/HSPA è caratterizzato dalla presenza, oltre che dei canali riservati alla trasmissione voce/dati degli utenti anche da alcuni canali di controllo del sistema. Alcuni di questi canali (CPICH, CCPCH, PICH, SCH<sup>1</sup>) sono costantemente trasmessi dalla cella anche in assenza di traffico voce o dati. A ciascuno di questi canali viene riservata una frazione della massima potenza complessiva assegnata alla cella. In particolare, la potenza assegnata al canale CPICH (Common Pilot Channel) determina l'area di copertura della cella.

Nella tratta in downlink le principali novità nell'interfaccia radio sono state introdotte in *release* 5 (Guerrini, 2004) con il protocollo HSDPA. Nello strato fisico, esso introduce, rispetto a quanto previsto in *release* 99, due nuovi canali fisici: il canale HS-SCCH (High Speed – Shared Control Channel) ed il canale HS-PDSCH (High Speed- Physical Dedicated Shared Channel), utilizzato per la trasmissione dei dati utente. Il primo di questi canali viene impiegato per la segnalazione ai terminali utilizzando un codice OVFS (Orthogonal Variable Spreading Factor, ovvero la sequenza che, per ciascun segnale trasmesso di determinato bit-rate, ne consente l'allargamento spettrale fino alla velocità di 3.84 Mchip/s) avente spreading factor (SF) pari a 128. Il secondo canale è invece impiegato per la trasmissione dati utente ed è trasmesso utilizzando un codice OVFS avente SF pari a 16. Il protocollo HSDPA prevede che allo stesso utente possano essere associati fino a 15 canali HS\_PDSCH contemporaneamente. Durante la sessione HSDPA, al terminale mobile, oltre ai canali sopra indicati, viene assegnato un canale fisico DPCH (Dedicated Physical Channel), già previsto in *release* 99, che in downlink ha bassa velocità (SF=256) ed utilizzato anch'esso per la segnalazione.

La tabella 1 riassume i canali utilizzati in HSDPA in downlink per la trasmissione dati dell'utente

Il protocollo HSDPA introduce inoltre la possibilità di utilizzare per la trasmissione dei canali HS\_PDSCH, oltre allo schema di modulazione QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) già previsto nella *release* 99, anche lo schema 16QAM (16 Quadrature Amplitude Modulation) che consente di trasmettere, a parità di banda, un numero doppio di bit rispetto alla QPSK.

---

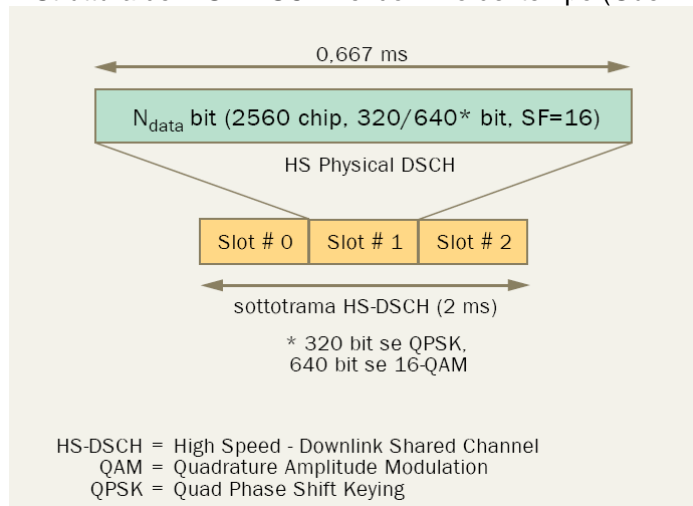
<sup>1</sup> Il canale SCH viene trasmesso in time multiplexing con il canale CCPCH (Holma, 2004).

Tabella 1: Canali utilizzati in HSDPA (Guerrini, 2004)

Downlink	SF	Codici	Bit rate (kbit/s)
HS-PDSCH	16	1÷15	900÷14400 (payload)
DPCH	256	1	3.4 (segnalazione)
HS-SCCH	128	1÷4	(campi di controllo)

Come noto, per la componente FDD (Frequency Division Duplex) dell'UMTS è definita una trama temporale della durata di 10ms, organizzata in 15 Time Slot (TS). I due nuovi canali fisici sono inoltre organizzati in sottotrame di 2 ms (corrispondenti a 3 TS).

Figura 1: Struttura del HS-PDSCH nel dominio del tempo (Guerrini, 2004)



Le novità introdotte consentono di portare la velocità di trasmissione teorica in downlink da 384 kbit/s a 14.4 Mbit/s.

Successivamente, con le release 7 ed 8 (Rohde & Schwarz, 2009) il massimo bit rate ottenibile in download è stato ulteriormente incrementato attraverso la possibilità di utilizzo della modulazione 64 QAM, della tecnica MIMO (Multiple Input Multiple Output) che prevede l'utilizzo di più antenne in trasmissione e ricezione, e con la modalità DC\_HSPA (Dual Cell HSDPA) che prevede l'utilizzo di due portanti adiacenti in contemporanea per la trasmissione in downlink. Il sistema così aggiornato viene generalmente indicato con il termine HSPA+ o *evolved HSPA*.

## L'APPENDICE H DELLA NORMA CEI 211-10 ED IL PARAMETRO $p_{CA}$

L'Appendice H "Metodologie di misura per segnali UMTS" della norma CEI 211-10 indica le metodiche per la misura dei segnali UMTS ai fini della verifica del rispetto dei limiti di esposizione relativi ai campi elettromagnetici a radiofrequenza. La norma fornisce indicazioni anche relativamente alle metodologie da utilizzare per estrapolare il massimo valore di campo elettrico che la Stazione può produrre nel punto di misura nelle condizioni di massimo carico.

La tecnica che consente di ottenere il valore nelle condizioni di massimo carico senza incorrere in sovrastime è quella che utilizza una catena di misura in banda stretta. In essa è necessario disporre di analizzatore di segnali vettoriali che consenta di effettuare misure nel dominio dei codici. La tecnica si basa sulla misura del valore di campo elettrico prodotto nel punto di misura dal canale CPICH della cella UMTS/HSPA e della conoscenza della frazione della potenza complessiva della cella ad esso riservata ( $p_{CA}$ ).

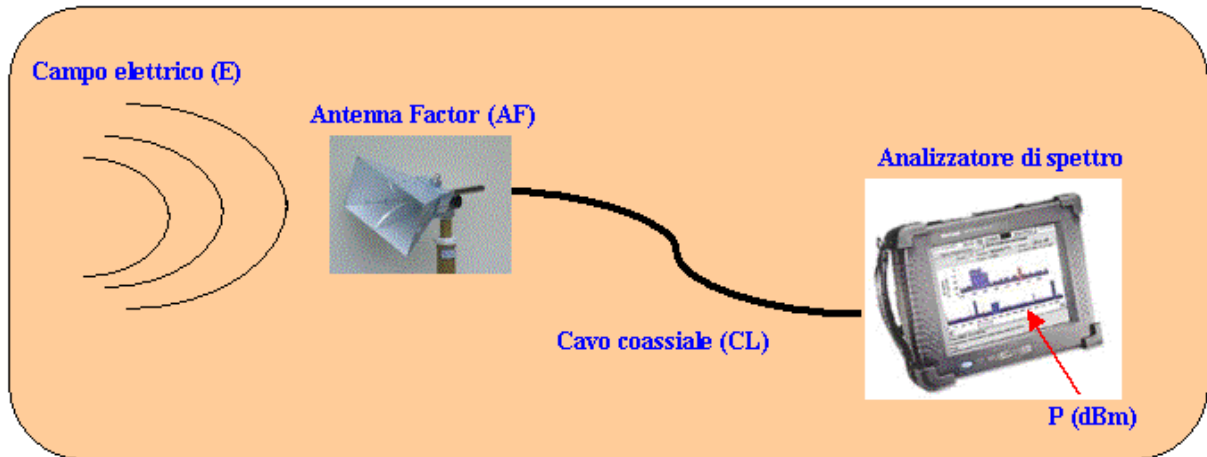
Come noto, in una catena di misura in banda stretta costituita da un'antenna ed un analizzatore collegati tra loro tramite cavo coassiale, il valore del campo elettrico  $E$  rilevato dall'antenna può essere ricavato dalla potenza  $P$  letta sul display dell'analizzatore tramite la formula:

$$E(V/m) = 10^{(P+AF+CL-13.01)/20}$$

dove AF è il fattore d'antenna alla frequenza della cella UMTS/HSPA e CL è l'attenuazione dovuta al cavo coassiale alla medesima frequenza.

Il valore del parametro  $p_{CA}$  può essere ottenuto sperimentalmente misurando contemporaneamente la potenza totale ricevuta, dovuta alla cella, e quella dovuta al solo canale CPICH. Ciò tuttavia solo a condizione che la misura venga effettuata nelle condizioni di massimo carico della cella. Il verificarsi di tale condizione, tuttavia, non è noto a priori. Diversamente il valore del parametro  $p_{CA}$  può essere richiesto al gestore della cella UMTS/HSPA o, come suggerito dall'Appendice H della norma CEI 211-10, può essere utilizzato per esso un valore pari al 10%.

Figura 2: Schema della catena strumentale utilizzata per le misure



Il valore in dB del rapporto tra la potenza ricevuta dovuta al solo canale CPICH e quella totale, dovuta alla cella, può assumere esclusivamente valori negativi. Tale rapporto è atteso variare da un valore massimo ad un valore minimo. Il primo si realizza in condizione di assenza di traffico voce/dati in cui la cella UMTS/HSPA trasmette oltre al canale CPICH solamente gli altri canali di controllo CCPCH, SCH, PICH. Il secondo si raggiunge via via all'aumentare della potenza complessiva dei canali di traffico voce/dati che si attivano, rimanendo infatti costante la potenza trasmessa dai canali di controllo.

## MATERIALI E METODI

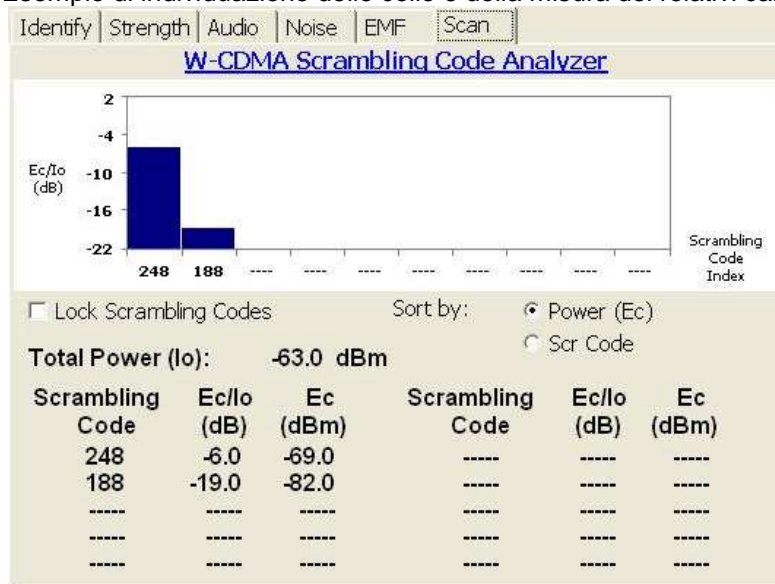
Nel presente lavoro sono state effettuate misure nel dominio dei codici del segnale ricevuto da una cella UMTS/HSPA nel tempo. Lo scopo è quello di monitorare il rapporto tra la potenza ricevuta dovuta al canale CPICH della cella analizzata e quella totale misurata sulla portante UMTS/HSPA andando ad individuare in particolare i valori di tale rapporto in condizioni di cella carica in termini di traffico voce/dati. I valori che si ottengono, che costituiscono una stima del parametro  $p_{CA}$  della cella, possono essere utilizzati per una duplice finalità. La prima è quella di confrontarli con i valori del parametro  $p_{CA}$  forniti dai gestori per confermare la validità della metodica utilizzata e, in particolare, che gli istanti individuati corrispondano effettivamente a condizioni almeno prossime a quelle di emissione alla massima potenza della cella. In secondo luogo, i valori ottenuti per il parametro  $p_{CA}$  possono essere confrontati con il valore suggerito dall'Appendice H della norma CEI 211-10 (10%) per verificare se tale valore sia ancora attuale o se diversamente debba essere rivisto in relazione alle attuali configurazioni delle celle UMTS/HSPA. Occorre considerare a tale proposito che, come già descritto, il canale CPICH determina l'area di copertura della cella. Il valore del parametro  $p_{CA}$  indicato all'interno della norma CEI 211-10 è stato fornito nel momento in cui le reti UMTS erano in fase di sviluppo e che pertanto esso potrebbe essere oggi, in condizioni di reti ormai consolidate, non più appropriato.

La metodica di misura, già utilizzata in via sperimentale in precedenza (ARPA Toscana, 2006; Brunetti, 2006), viene qui ripresa per applicarla alle attuali reti UMTS/HSPA.

La catena strumentale utilizzata (fig. 2) è costituita da un'antenna a tromba ETS LINDGREN 3160-03 (1.70 ÷ 2.60 GHz), collegata per mezzo di un cavo coassiale ad un analizzatore di spettro Tektronix costituito dalla piattaforma mod. NetTek Y350 e dal modulo YBT250.

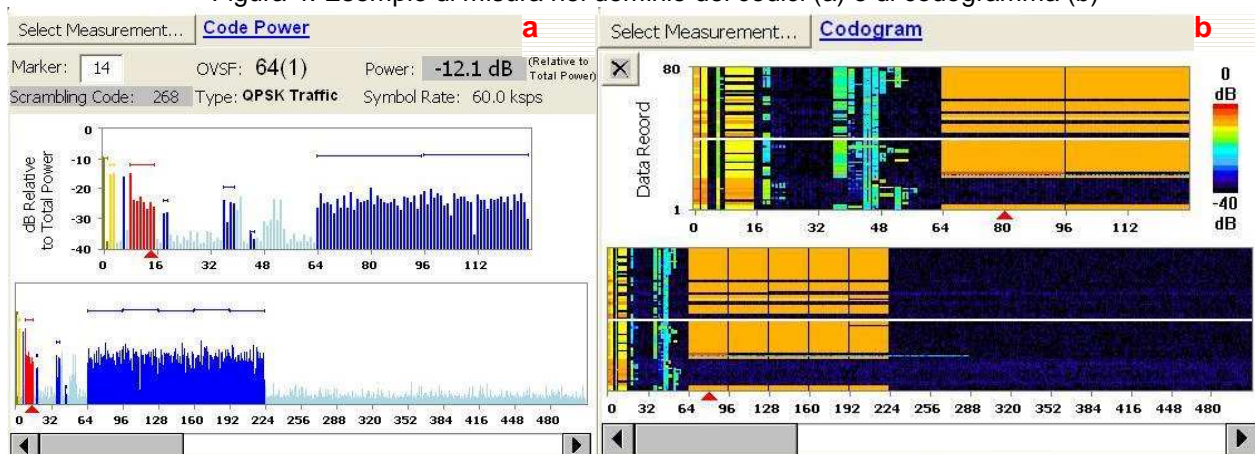
Lo strumento consente in primo luogo di individuare i canali CPICH delle diverse celle UMTS/HSPA che trasmettono ad una determinata frequenza e misurarne la potenza ricevuta nel punto di misura (fig. 3). Per ciascuno canale CPICH, caratterizzato in base allo Scrambling Code della relativa cella, lo strumento fornisce il valore assoluto della potenza ricevuta ( $E_c$ ) e quello relativo ( $E_c/I_0$ ) alla potenza complessiva misurata sulla frequenza UMTS ( $I_0$ ), determinata dai contributi di tutte le celle.

Figura 3: Esempio di individuazione delle celle e della misura dei relativi canali CPICH



Questa prima operazione risulta importante per verificare che nel punto di misura risulti preponderante il contributo di una determinata cella. Poiché il sistema UMTS/HSPA consente il riuso della stessa frequenza anche in celle adiacenti, il contributo delle altre celle determina un aumento del rumore di fondo per la successiva analisi nel dominio dei codici all'interno della cella selezionata (fig. 4). Un criterio di scelta può consistere nel selezionare le condizioni di misura in cui la potenza del canale CPICH della cella preponderante risulta superiore di almeno 10 dB rispetto a quella dei canali CPICH delle altre celle. La scelta di un'antenna direttiva nella catena utilizzata ha lo scopo di favorire tale condizione.

Figura 4: Esempio di misura nel dominio dei codici (a) e di codogramma (b)



La figura 4a mostra un esempio di misura nel dominio dei codici. Lo strumento visualizza i canali di controllo e di traffico attivi nonché il valore di potenza  $P_{rel}$  di ciascuno di essi in rapporto alla potenza complessiva ricevuta sulla portante UMTS/HSPA. La misura nel dominio dei codici può anche essere ripetuta nel tempo (fig. 4b) ottenendo così un codogramma in cui la potenza  $P_{rel}$

(in dB) di ciascun canale attivo viene indicata utilizzando una scala di colori. I dati ottenuti possono poi essere esportati in formato tabellare. Il codogramma consente pertanto di ottenere l'andamento nel tempo della percentuale di potenza dovuta al canale CPICH rispetto a quella ricevuta complessivamente sulla portante UMTS/HSPA. Lo strumento consente di selezionare il tempo intercorrente tra due acquisizioni successive. Nel corso della campagna di misure effettuata è stato impostato un intervallo di 1 s che determina un tempo complessivo di misura di 80 s essendo il codogramma costituito da 80 acquisizioni.

Le misure sono state effettuate presso 15 siti ubicati nella città e provincia di Pisa ed hanno riguardato complessivamente circa 30 Stazioni Radio Base dei 4 gestori.

## RISULTATI

Un primo risultato che si ottiene dall'analisi dei codogrammi è l'individuazione della configurazione delle celle in condizioni di assenza di traffico voce/dati ed in presenza dei soli canali di controllo sempre presenti (CPICH,CCPCH, PICH). In figura 5 sono riportati due esempi di codogrammi relativi a due celle di gestori differenti in condizioni di assenza o scarsa presenza di traffico. La figura 6 riporta i relativi andamenti della potenza  $P_{rel}$  dei canali di controllo CPICH, CCPCH e PICH.

Figura 5: Esempio di codogrammi in condizioni di assenza o scarsa presenza di traffico

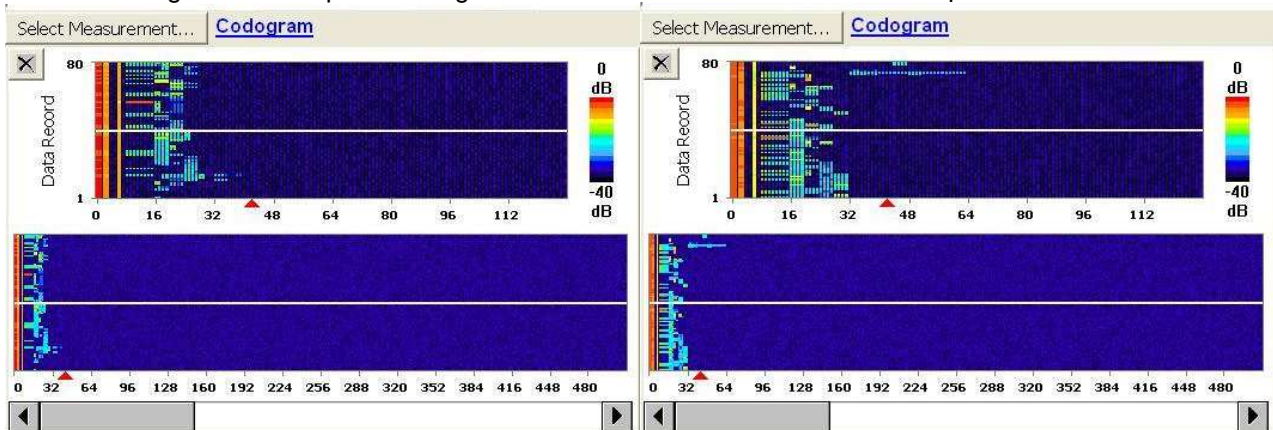
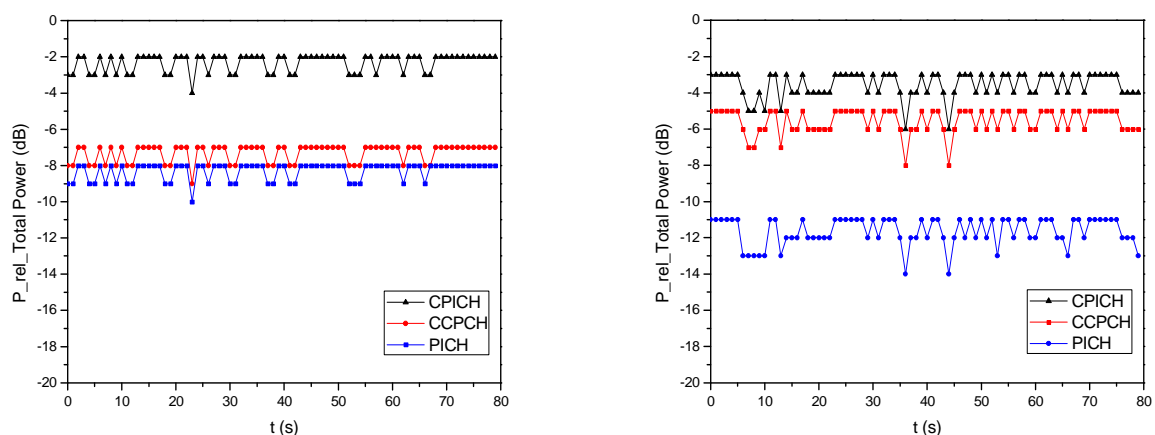


Figura 6: Andamenti nel tempo della potenza  $P_{rel}$  dei canali CPICH,CCPCH,PICH per le celle di fig. 5



Dai grafici di figura 6 si può notare come in condizioni di assenza di traffico i valori della potenza  $P_{rel}$  del canale CPICH assumano valori massimi pari a  $-2$  dB e  $-3$  dB rispettivamente nei due casi. Si tenga presente al riguardo che i dati in formato tabellare esportati dallo strumento sono arrotondati all'intero più vicino. I valori ottenuti indicano che al canale CPICH viene assegnata una potenza di circa il 50-60% della potenza complessiva assegnata ai canali di controllo sempre presenti.



I grafici mostrano inoltre come il rapporto della potenza tra i canali di controllo rimanga costante nel tempo a conferma dell'invariabilità del valore assoluto della potenza a loro assegnata.

La figura 7 mostra la contrario due esempi di codogrammi di celle UMTS/HSPA in condizioni di elevata presenza di traffico voce/dati. In essi si nota in particolare la presenza di canali HSPA HS\_PDSCH attivi (fino a 13 in contemporanea).

Figura 7: Esempio di codogrammi in condizioni di elevata presenza di traffico

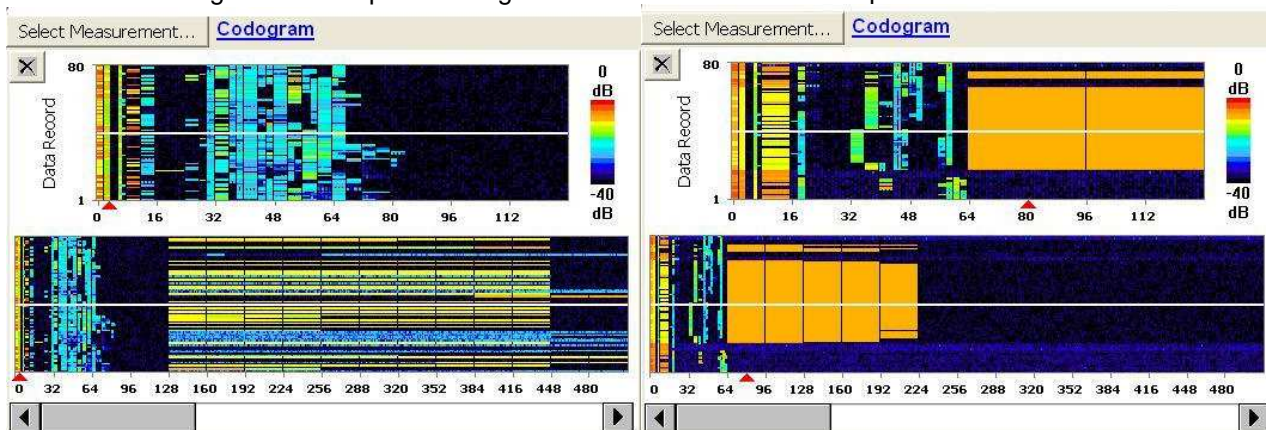
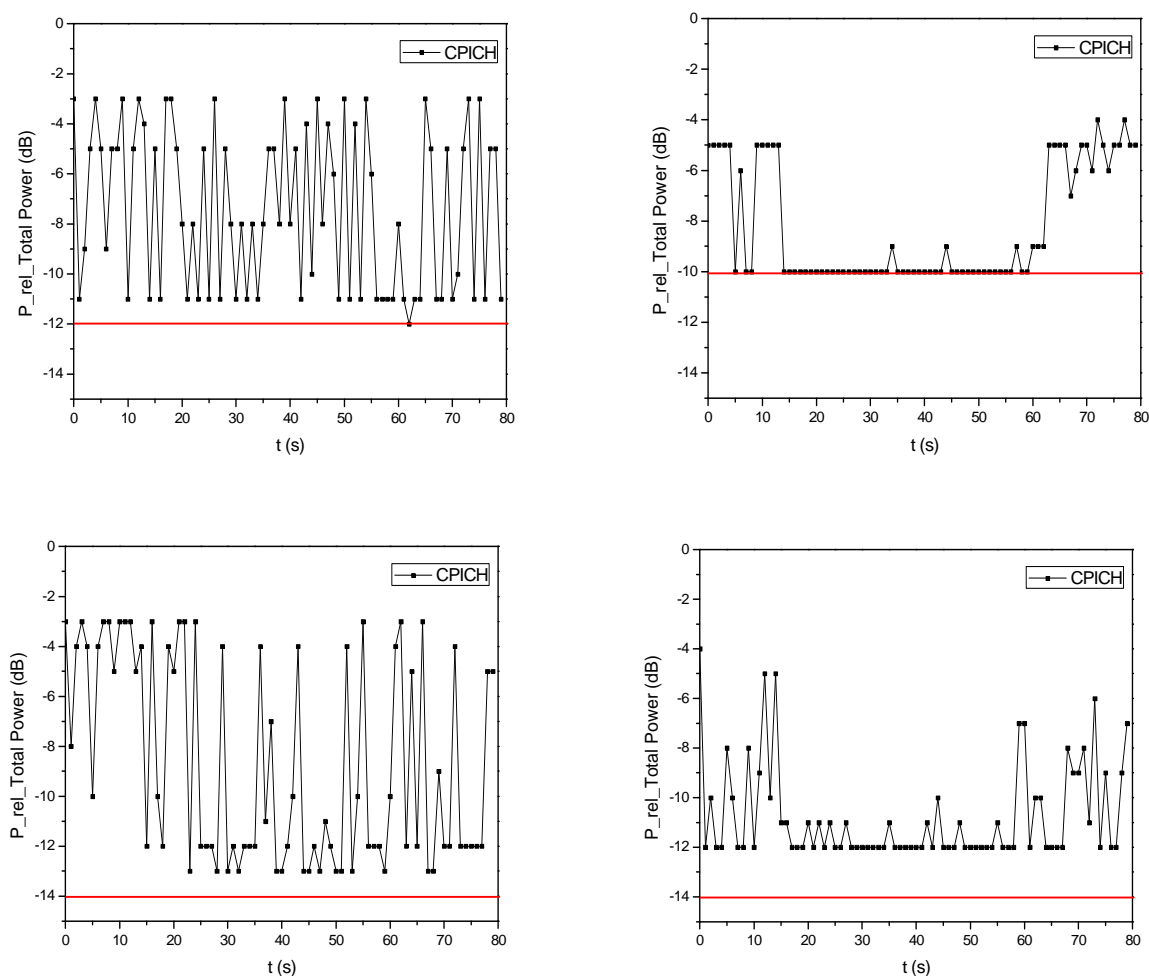


Figura 8: Esempi di andamenti nel tempo della potenza  $P_{rel}$  del canale CPICH in condizioni di elevata presenza di traffico voce/dati



La figura 8 mostra alcuni esempi dell'andamento temporale della potenza  $P_{rel}$  associata al canale CPICH in condizioni di elevata presenza di traffico voce/dati. Nei grafici, la potenza  $P_{rel}$  varia da valori fino a  $-3$  dB in condizioni di assenza di traffico, come peraltro atteso, a valori fino a  $-13$  dB in presenza di canali HS\_PDSCH attivi e quindi di traffico dati. Alle figure sono stati sovrapposti come riferimento i valori tipici del parametro  $p_{CA}$  forniti dai differenti gestori delle celle (linee rosse). Come si può osservare, i valori minimi misurati per la potenza  $P_{rel}$  del canale CPICH approssimano o coincidono con i valori del parametro  $p_{CA}$  forniti dai gestori, confermando che i valori ottenuti costituiscono un'ottima stima se non il valore vero e proprio del parametro  $p_{CA}$ . In base alle misure effettuate, queste condizioni si verificano frequentemente in presenza di canali HS\_PDSCH attivi. Inoltre le stime ottenute per i parametri  $p_{CA}$ , come per altro confermati dai valori forniti dai gestori, risultano in alcuni casi inferiori al valore di  $-10$  dB che corrisponde al 10% indicato dalla Norma CEI 211-10. Ciò comporta che, nelle attuali configurazioni delle reti UMTS/HSPA, questo valore non risulta più cautelativo per l'effettuazione delle estrapolazioni del valore di campo elettrico determinato nelle condizioni di massima potenza delle celle.

## CONCLUSIONI

Le misure effettuate su circa 30 Stazioni Radio Base UMTS/HSPA appartenenti ai 4 gestori hanno consentito di provare che la metodica utilizzata, che consiste nel monitorare nel tempo la frazione della potenza ricevuta nel punto di misura dovuta ai canali di controllo delle celle, consente di ottenere diverse informazioni sulla configurazione radioelettrica delle stesse. In condizioni di assenza di traffico voce/dati consente di individuare la configurazione dei rapporti tra le potenze assegnate ai canali di controllo sempre attivi (CPICH, CCPCH e PICH).

In condizioni di elevata presenza di traffico, essa consente di ottenere la misura o, per lo meno, un'ottima stima del parametro  $p_{CA}$ . Le misure effettuate hanno mostrato che la condizione di emissione ad un valore di potenza prossimo al massimo assegnato alla cella si verifica frequentemente in presenza di canali HS\_PDSCH attivi. Ciò conferma che le migliorie apportate con l'introduzione del protocollo HSDPA per incrementare il bit-rate fruibile all'utente ha fatto crescere l'utilizzo del sistema UMTS/HSPA in particolar modo per la trasmissione dati, rendendo più probabile la condizione di emissione delle celle a valori prossimi a quelli massimi assegnati.

I valori ottenuti sperimentalmente per il parametro  $p_{CA}$  (fino a  $-13$  dB), come anche confermati dai dati forniti dagli stessi gestori (fino a  $-14$  dB che corrisponde al 4% della potenza complessiva della cella) risultano in alcuni casi inferiori al valore indicato dall'Appendice H della Norma CEI 211-10 (10%). In base ai valori ottenuti si ritiene pertanto opportuno rivedere tale indicazione con un valore attorno al 4%, cautelativo ai fini dell'estrapolazione dei livelli massimi attesi in condizioni di massimo carico della cella.

## BIBLIOGRAFIA

- 3GPP TS 25.211, Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD), versione 5.8.0, 2005, [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)
- 3GPP TS 25.212, Multiplexing and channel coding (FDD), versione 5.10.0, 2005, 3GPP, [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)
- 3GPP TS 25.213, Spreading and modulation (FDD), versione 5.6.0, 2005, 3GPP, [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)
- 3GPP TS 25.214, Physical layer procedures (FDD), versione 5.11.0, 2005, 3GPP, [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)
- ARPA Toscana, Progetto 3eCEM WP5: Sperimentazione di tecniche innovative per la misura del segnale UMTS – Report conclusivo, 2006
- Brunetti M., Analisi di segnali UMTS nel dominio dei codici mediante analizzatore di spettro vettoriale, Tesi di Laurea, 2006, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Pisa
- Guerrini C., Pace A., HSDPA: la nuova generazione dell'UMTS, Notiziario Tecnico Telecom Italia, Anno 13, 1, pagg. 90-104, 2004, Telecom Italia
- Holma H., Toskala A., WCDMA for UMTS: radio access for third generation of mobile communications, 3rd edition, 2004, Wiley
- Norma CEI 211-10, Guida alla realizzazione di una Stazione Radio Base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza, 2002, CEI
- Norma CEI 211-10, V1 - Appendice H, Metodologie di misura per segnali UMTS, 2004, CEI
- Rohde & Schwarz, Application Note 1MA121\_2E - HSPA+ Technology Introduction, 2009, Rohde & Schwarz

Valliant A., HSPA: l'UMTS ma con una marcia in più!, Notiziario Tecnico Telecom Italia, Anno 15, 3, pagg. 61-64, 2006, Telecom Italia