

# Misure in modalità Span Zero su impianti LTE: prime misure della potenza associata ai canali di segnalazione e di controllo

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

<sup>1</sup>Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana – Area Vasta Costa – Settore Agenti Fisici - via Marradi, 114 –Livorno

<sup>2</sup>Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana – Area Vasta Costa – via Marradi, 114 – Livorno

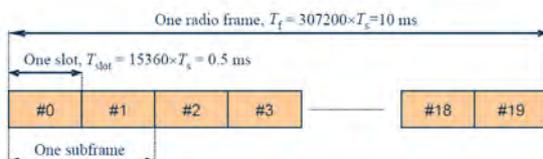
## Riassunto

Vengono presentati i risultati di una prima serie di misure effettuate in modalità Span Zero su differenti impianti LTE. Le misure mostrano come non sempre la potenza ricevuta durante la trasmissione del canale PBCH risulti la maggiore durante il tempo di trama di 10 ms, in contrasto con l'ipotesi alla base della metodica per l'estrapolazione indicata dall'Appendice E della norma CEI 211-7.

## LA TRAMA LTE

Lo standard di trasmissione LTE (Long Term Evolution), inizialmente specificato dal 3GPP nel 2008 e continuamente in fase di evoluzione, si sta pienamente affermando come standard per la trasmissione dati in ambito telefonia mobile. Come già lo standard UMTS, lo standard LTE prevede la possibilità di utilizzare sia la modalità di trasmissione FDD (Frequency Division Duplex), dove Stazione Radio Base (SRB) e terminale mobile trasmettono su canali trasmissivi differenti, che la modalità TDD (Time Division Duplex) dove, al contrario, SRB e terminale mobile condividono lo stesso canale trasmissivo ripartendone nel tempo l'accesso. Nel caso della modalità di trasmissione FDD, per la tratta downlink (trasmissione dalla SRB verso il terminale mobile), lo standard LTE utilizza uno schema di trasmissione OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Nel sistema OFDM lo spettro disponibile è suddiviso in portanti multiple chiamate sottoportanti, spaziate tra loro, nello specifico del sistema LTE, di 15 kHz. I simboli di dati vengono trasmessi in maniera indipendente su un numero di sottoportanti tra loro vicine secondo diversi possibili schemi di modulazione (QPSK, 16QAM, 64QAM). Nel dominio del tempo lo standard LTE definisce per la modalità FDD una trama (*frame*), di durata 10 ms (fig.1).

Figura 1 – trama LTE



All'interno del *frame* sono individuati 10 *subframe* della durata ciascuno di 1 ms che a loro volta sono costituiti di 2 *slot* della durata di 0,5 ms (figura). Ciascun *slot* è costituito di 6 o 7 simboli OFDM in dipendenza della lunghezza del *Cyclic Prefix (CP)*. Nello strato fisico (*physical layer*) viene così individuata una minima entità, detta *Resource Element (RE)*, costituita da un simbolo OFDM nel dominio del tempo ed una sottoportante nel dominio della frequenza. L'insieme di 12 sottoportanti contigue e di uno *slot* nel dominio del tempo costituiscono un *Resource Block (RB)*, la minima unità allocabile per la trasmissione di dati (fig. 2). La loro assegnazione nel tempo a diversi utilizzatori permette la condivisione della stessa risorsa radio (OFDMA, Orthogonal Frequency Division Multiple Access), che, come previsto dallo standard, può disporre di diverse possibili larghezze di banda (fig. 2).

Lo standard LTE prevede la trasmissione oltre che dei canali dedicati ai dati utente anche di segnali e canali fisici utili alla segnalazione (sincronizzazione, identificazione della cella, stima del

canale radio etc.) (fig. 3). Questi canali vengono trasmessi all'interno della risorsa fisica secondo lo schema di fig. 4

Figura 2 - risorsa fisica nella tratta downlink ( sx) e larghezze di banda disponibili per lo standard LTE ( dx)

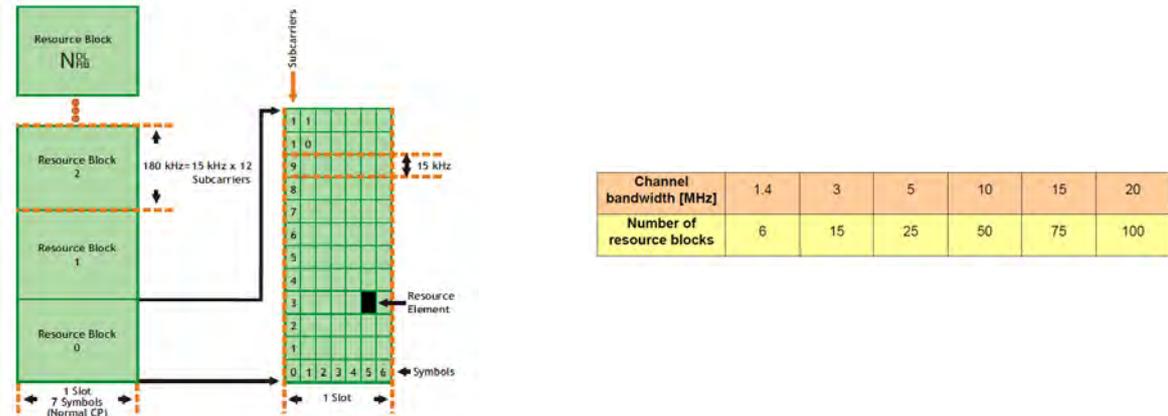
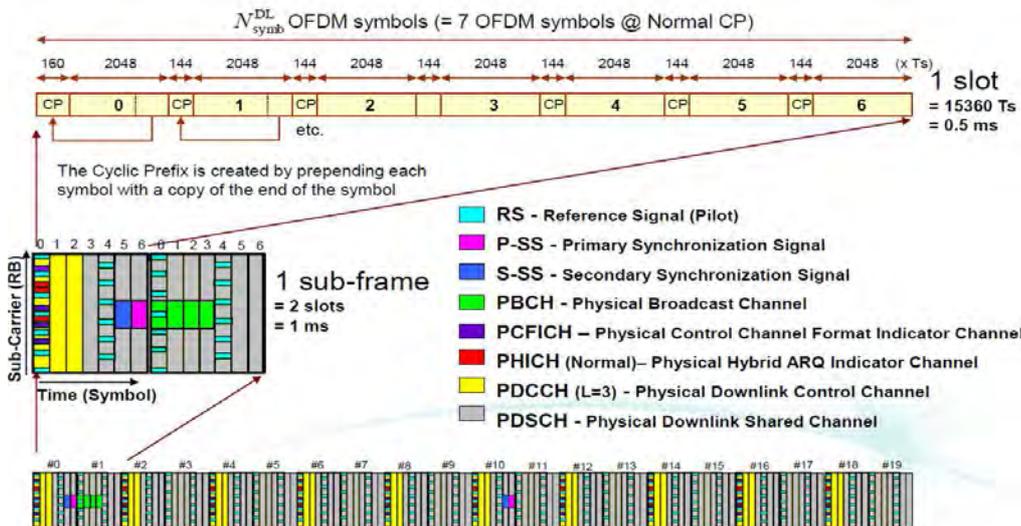


Figura 3 – segnali e canali fisici dello standard LTE

Downlink physical signals	Purpose	DL channels	Full name	Purpose
Primary synchronization signal	Used for cell search and identification by the UE. Carries part of the cell ID (one of three orthogonal sequences)	PBCH	Physical broadcast channel	Carries cell-specific information
Secondary synchronization signal	Used for cell search and identification by the UE. Carries the remainder of the cell ID (one of 168 binary sequences)	PMCH	Physical multicast channel	Carries the MCH transport channel
Reference signal	Used for downlink channel estimation. Exact sequence derived from cell ID (one of $3 \times 168 = 504$ pseudo random sequences)	PDCCH	Physical downlink control channel	Scheduling, ACK/NACK
		PDSCH	Physical downlink shared channel	Payload
		PCFICH	Physical control format indicator channel	Defines number of PDCCH OFDMA symbols per subframe (1, 2, 3, or 4)
		PHICH	Physical hybrid ARQ indicator channel	Carries HARQ ACK/NACK
Uplink physical signals	Purpose	UL channels	Full name	Purpose
Reference signals (demodulation and sounding)	Used for synchronization to the UE and for UL channel estimation	PRACH	Physical random access channel	Call setup
		PUCCH	Physical uplink control channel	Scheduling, ACK/NACK
		PUSCH	Physical uplink shared channel	Payload

In particolare, i due canali di sincronizzazione, P-SS e S-SS, vengono trasmessi sulle 62 sottoportanti centrali all'interno dei simboli nn. 5 e 6 del primo (#0) e undicesimo (#10) slot della trama. Diversamente, il canale PBCH viene trasmesso sulle 72 sottoportanti centrali nei primi quattro simboli dello slot #1. I Reference Signals (RS) vengono trasmessi su due sottoportanti di ciascun RB all'interno dei simboli nn. 0 e 4 di ciascuno slot.

Figura 4 – collocazione segnali e canali fisici nella risorsa fisica LTE



## LA NORMA CEI 211-7/E

Nel settembre del 2013 il Comitato Elettrotecnico Italiano ha pubblicato l'Appendice E " Misura del campo elettromagnetico da Stazioni Radio Base per sistemi di comunicazione mobile (2G,3G, 4G)" della norma tecnica CEI 211-7. L'Appendice descrive le metodologie di misura dei campi elettromagnetici generati dalle stazioni radio base per telefonia mobile con riferimento anche ai sistemi LTE e alle disposizioni normative come recentemente aggiornate (DPCM 8 luglio 2003 come modificato dalla Legge 221/2012).

All'interno dell'Appendice vengono altresì individuate delle tecniche di estrapolazione, alcune delle quali possono essere utilizzate per il confronto con il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità di 6 V/m (estrapolazione dei valori misurati) in alternativa alle misure sulle 24 ore. Altre tecniche possono esclusivamente essere impiegate per escludere il superamento dei limiti normativi.

Tra quest'ultima tipologia di tecniche, viene indicata la tecnica di estrapolazione che utilizza la modalità *Span Zero* dell'analizzatore di spettro.

La tecnica prevede la misura della potenza ricevuta sull'analizzatore di spettro durante la trasmissione del canale PBCH che è sempre posizionato al centro del canale LTE ed ha larghezza di banda pari a 1,08 MHz (72\*15 kHz). La tecnica prevede di impostare l'analizzatore di spettro con la frequenza centrale coincidente con il centro banda del canale LTE e la larghezza della banda di frequenza indagata pari a zero (*Span Zero*). La larghezza del filtro RBW deve essere impostato pari a 1 MHz, circa equivalente alla larghezza di banda del canale PBCH. La tecnica prevede altresì l'impostazione di uno sweep time sull'analizzatore circa pari alla durata di trasmissione di un simbolo (66,7 ns) moltiplicata per il numero di pixel presenti sul display dell'analizzatore e l'utilizzo della modalità MAX HOLD per 20 s per misurare il picco di potenza del canale fisico PBCH.

Il corrispondente valore di campo elettrico  $E_{PBCH}$  così ottenuto permette di determinare il valore di campo elettrico  $E_{LTE}$  nelle condizioni ideali di massima potenza della cella LTE per mezzo dell'espressione:

$$E_{LTE} = \sqrt{n_{PBCH}} * E_{PBCH} (V/m)$$

dove  $n_{PBCH}$  è il rapporto tra la potenza massima della cella e quella del canale PBCH e corrisponde al numero complessivo di sottoportanti (pari al numero di RB moltiplicato 12) diviso per 72 (numero di sottoportanti utilizzate dal canale PBCH). Tale valore  $E_{LTE}$  può essere confrontato con il limite di esposizione di 20 V/m per escluderne un potenziale superamento. Per il confronto con il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità di 6 V/m, il valore  $E_{LTE}$  può a sua volta essere moltiplicato per il termine  $\sqrt{\alpha_{24_{AUT}}}$ , sempre allo scopo di escludere potenziali superamenti. Il fattore  $\alpha_{24_{AUT}}$  rappresenta il rapporto tra la potenza media sulle 24 ore e la potenza massima dell'impianto, comunicato dal gestore in fase di richiesta di autorizzazione dell'impianto.

La tecnica si basa sull'assunto che in condizioni di equi-ripartizione della potenza complessiva del trasmettitore sulle sottoportanti, la potenza massima ricevuta dall'analizzatore nella banda di 1 MHz corrispondente alla larghezza del filtro RBW durante il tempo di trama risulta comunque non superiore a quella trasmessa in corrispondenza dei simboli in cui viene trasmesso il canale PBCH.

## STRUMENTAZIONE E METODI

Sono state eseguite misure con la modalità *Span Zero* presso una decina di SRB della città di Pisa e provincia. Le misure sono state eseguite con una catena di misura in banda stretta costituita da un analizzatore di spettro Rohde&Schwarz FSH8 (9kHz-8 GHz) collegato ad un'antenna ARC Seibersdorf mod. PCD 8250 (80 MHz-3 GHz). Lo scopo delle misure era quello di verificare l'andamento nel tempo della potenza ricevuta sull'analizzatore di spettro ed in particolare la potenza ricevuta durante la trasmissione dei canali di sincronizzazione e PBCH allo scopo di verificare l'applicabilità della metodica indicata nella CEI 211-7/E. Per questo motivo, diversamente

da quanto indicato nella norma CEI sono state eseguite acquisizioni della potenza ricevuta in modalità *Single Sweep* e con tempi di sweep pari a 1 o 2 tempi di trama (10 o 20 ms).

## RISULTATI

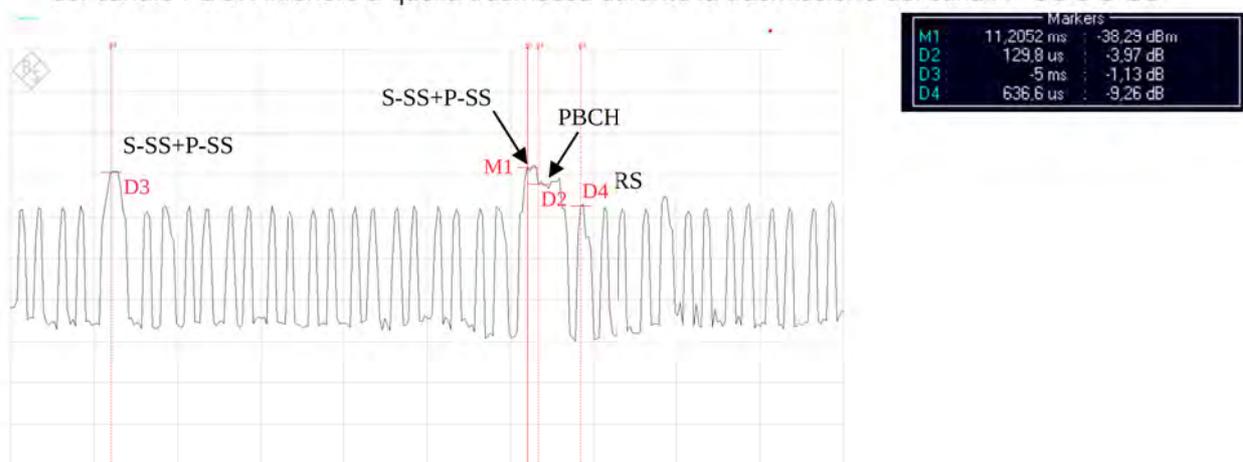
La fig. 5 mostra un esempio di acquisizione in modalità *Span Zero* su una portante LTE nella banda di frequenza ad 800 MHz. Nella figura, che riporta un tempo di trama (10 ms), si distinguono prioritariamente la trasmissione dei due simboli contenenti i due canali di sincronizzazione (all'interno degli slot #0 e #10), nel primo caso seguiti immediatamente dai 4 simboli contenuti il canale PBCH. La potenza ricevuta durante la trasmissione di questi simboli rimane essenzialmente la stessa. Si distinguono (di ampiezza inferiore) inoltre i simboli durante i quali vengono trasmessi i RS.

La fig. 6 mostra un'analoga acquisizione effettuata sempre su una portante LTE a 800 MHz ma di altro gestore. In essa si distinguono nuovamente i simboli corrispondenti ai canali di sincronizzazione ed al canale PBCH. In questo caso, tuttavia, la potenza ricevuta nei simboli corrispondenti ai canali P-SS e S-SS risulta superiore di circa 3-4 dB rispetto alla potenza ricevuta durante la trasmissione del canale PBCH. Tale condizione contrasta con il principio alla base della metodica di estrapolazione indicata dalla CEI 211-7/E.

Figura 5 – esempio di acquisizione in modalità *Span Zero*



Figura 6 – esempio di acquisizione in modalità *Span Zero* con potenza ricevuta durante la trasmissione del canale PBCH inferiore a quella trasmessa durante la trasmissione dei canali P-SS e S-SS

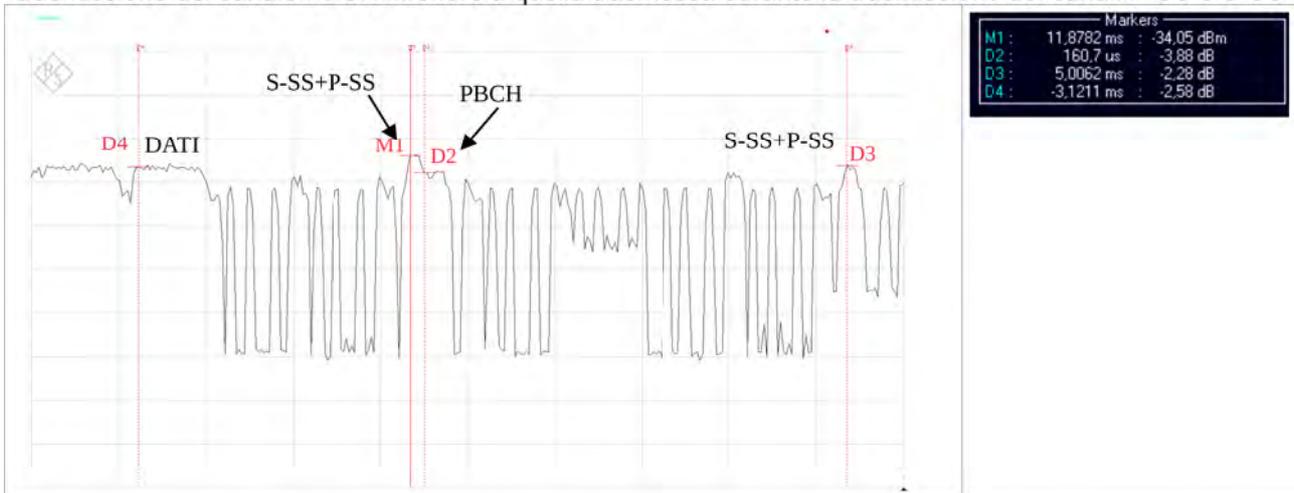


La potenza ricevuta durante i simboli contenenti i RS risultano di circa 8÷9 dB inferiori a quella ricevuta durante la trasmissione dei canali di sincronizzazione. Tale valore risulta in buon accordo con quanto possibile prevedere in base allo schema di trasmissione della trama LTE. Nell'ipotesi di considerare il filtro RBW dell'analizzatore come idealmente rettangolare, all'interno di 1 MHz sono contenute 66,67 sottoportanti. Di queste solo 1/6 sono occupate dai RS, nei simboli in cui vengono trasmessi. Pertanto nell'ipotesi che la potenza sia equi-ripartita tra tutte le sottoportanti, il rapporto tra la potenza trasmessa durante la trasmissione dei canali di sincronizzazione (che occupano 72 portanti e quindi oltre 1 MHz di banda) e dei RS risulta pari a  $10 \cdot \log(1/6) = -7,8$  dB

Analoga situazione è riscontrabile in fig. 7 dove è mostrata l'acquisizione di un terzo operatore sempre nella banda LTE a 800 MHz. Anche in questo caso la potenza ricevuta nei simboli corrispondenti ai canali P-SS e S-SS risulta superiore di circa 3÷4 dB rispetto alla potenza ricevuta durante la trasmissione del canale PBCH e di 7÷8 dB rispetto a quella ricevuta durante la trasmissione dei RS. In questa acquisizione sono distinguibili all'inizio anche alcuni slot in cui avviene probabilmente trasmissione dati con potenza ricevuta di 2÷3 dB inferiore a quella dei canali di sincronizzazione. In questo caso il gestore ha confermato che le sottoportanti utilizzate per la trasmissione del canale PBCH vengono trasmesse con potenza di 3 dB inferiore a quella con cui vengono trasmesse le sottoportanti dedicate ai canali di sincronizzazione e ai RS, con quest'ultimo valore pari alla potenza massima del trasmettitore divisa per il numero complessivo di sottoportanti.

Per quanto il campione di SRB indagate sia ad oggi piuttosto limitato, quanto riscontrato nelle portanti LTE della banda a 800 MHz risulta individuabile anche nelle altre bande di trasmissione LTE a 1800 MHz e 2600 MHz.

Figura 7 – secondo esempio di acquisizione in modalità Span Zero con potenza ricevuta durante la trasmissione del canale PBCH inferiore a quella trasmessa durante la trasmissione dei canali P-SS e S-SS



## CONCLUSIONI

E' stata effettuata una prima serie di misure in modalità Span Zero su portanti LTE al fine di verificare l'applicabilità della tecnica di estrapolazione dei livelli di campo elettrico indicata dall'Appendice E della norma CEI 211-7/E. Le misure hanno mostrato come in alcuni casi la potenza ricevuta durante la trasmissione del canale PBCH non risulti la più alta, come nell'ipotesi della metodica di estrapolazione, ma che la potenza maggiore venga ricevuta durante la trasmissione dei canali di sincronizzazione P-SS e S-SS. Ciò è stato peraltro confermato dai dati di configurazione dell'impianto LTE forniti da uno dei gestori.

Le misure mostrano inoltre un buon accordo con quanto previsto nella differenza di potenza ricevuta durante i simboli contenenti i canali di sincronizzazione e quelli contenenti i *Reference Signals* ad indicazione di un probabile uguale livello di potenza con cui vengono trasmesse le sottoportanti di queste due tipologie di segnali di controllo.

Quanto ottenuto in questa prima serie di misure rende pertanto necessari ulteriori approfondimenti per stabilire sia le condizioni di applicabilità della metodica di estrapolazione indicata dalla norma CEI 211-7/E sia le condizioni in cui viene realizzata l'equi-ripartizione della potenza tra le sottoportanti.

#### **Bibliografia**

3GPP TS 36.211, *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA): Physical Channel and Modulation*, Release 8, 2008, [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)

3GPP TS 36.212, *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA): Multiplexing and Channel Coding*, Release 8, 2008, [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)

3GPP TS 36.213, *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA): Physical Layer Procedures*, Release 8, 2008, [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)

CEI, Norma CEI 211-7, *Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10kHz-300 GHz con riferimento all'esposizione umana*, 2001

CEI, Norma CEI 211-7/E, *Misura del campo elettromagnetico da stazione radio base per sistemi di comunicazione mobile (2G,3G,4G)*, 2013

D. M. Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 2 dicembre 2014, *Linee guida, relative alla definizione delle modalità con cui gli operatori forniscono all'ISPRA e alle ARPA/APPA i dati di potenza degli impianti e alla definizione dei fattori di riduzione della potenza da applicare nelle stime previsionali per tener conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore*, G.U. n. 296 del 22/ dicembre 2014.

Legge 17 dicembre 2012, n. 221, *Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179, recante ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese*, G.U. n. 294 del 18 dicembre 2012, s.o. n. 208