

CARATTERIZZAZIONE DI UN'ANTENNA MASSIVE MIMO

MISURE IN CAMPO SU ANTENNA ATTIVA SVOLTE DA ARPA TOSCANA EVIDENZIANO DIFFERENZE NELLA POTENZA RICEVUTA DI OLTRE 20 DB TRA CONDIZIONI DI PRESENZA E ASSENZA DI TRAFFICO, CONTRO I 7,8 DB ATTESI CON ANTENNE PASSIVE. I DATI CONFERMANO IL BEAMFORMING IBRIDO E LA MASSIMA ESPOSIZIONE IN PROSSIMITÀ DEL TERMINALE ATTIVO.

L'utilizzo delle antenne attive (*active antenna systems, Aas*) costituisce una delle maggiori innovazioni introdotte con le più recenti tecnologie radiomobili. Al contrario di quanto operato dalle antenne passive finora utilizzate, esse permettono di implementare i meccanismi di generazione dinamica dei fasci di trasmissione quali il *beam sweeping* e il *beamforming* che caratterizzano i sistemi di trasmissione 5G Nr di ultima generazione. Sfruttando le proprie capacità di elaborazione, un Aas può irradiare infatti due differenti tipi di fasci, a seconda del loro utilizzo: i fasci di *broadcast* e i fasci di traffico. I primi sono fasci utilizzati per fornire la copertura della cella servita e vengono trasmessi in sequenza a intervalli costanti (*beam sweeping*). Al contrario, i fasci di traffico sono attivati solo in occasione dell'assegnazione a un terminale di un canale di traffico. Il fascio attivato dall'antenna dipende dalla posizione del terminale rispetto a essa (*beamforming*). Questa tipologia di antenne può essere tuttavia utilizzata anche sui precedenti sistemi 4G Lte che utilizzano lo schema di trasmissione Tdd (*time division duplex*) dove le comunicazioni nelle due direzioni, tra stazione radio base e terminale mobile, avvengono sulla medesima risorsa radio su base temporale. Nel sistema 4G Lte l'uso delle antenne avviene, tuttavia, in maniera ibrida, adoperando il *beamforming* per la trasmissione dei canali dati dedicati degli utenti, ma non il *beam sweeping* per la trasmissione dei segnali di controllo della cella per la trasmissione dei quali viene utilizzato, al contrario, un fascio statico come avviene con le tradizionali antenne passive. Tutto ciò consente di utilizzare tipicamente la medesima antenna attiva per la trasmissione del segnale Lte Tdd in banda 2.600 MHz (B38) e 5G Nr in banda 3.700 MHz (N78).

Il comportamento dell'antenna attiva durante la trasmissione dei canali dati



FIG. 1 FORZATURA DEL TRAFFICO A DIVERSE DISTANZE DALL'ANTENNA

Foto aerea dell'area oggetto di studio con la posizione del sistema di misura e del terminale di forzatura lungo la direzione di puntamento della cella.

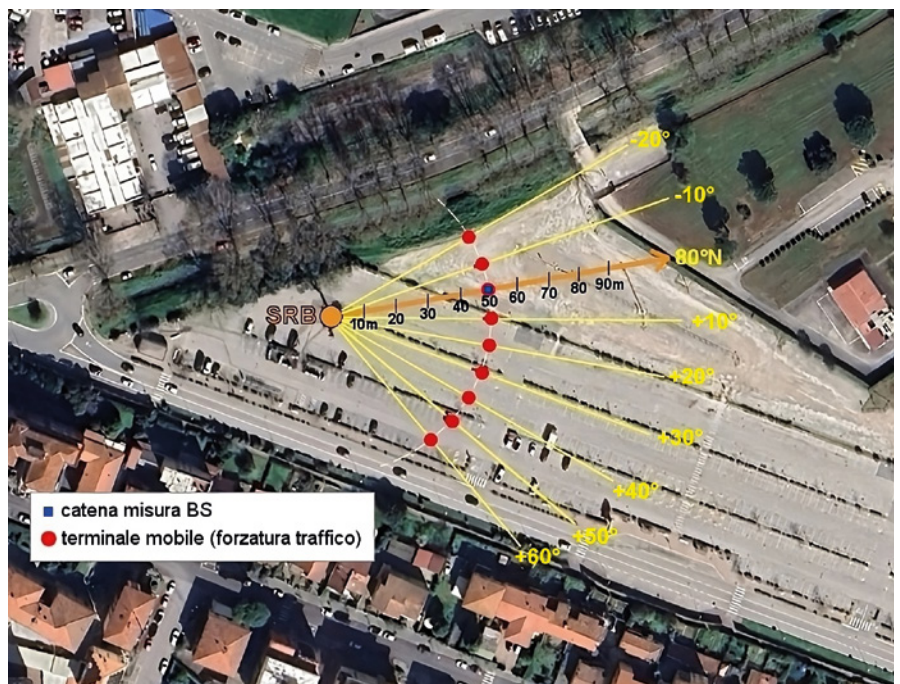


FIG. 2 FORZATURA DEL TRAFFICO A DIVERSI ANGOLI RISPETTO AL PUNTAMENTO DELL'ANTENNA

Posizione del sistema di misura e del terminale di forzatura a diversi angoli rispetto alla direzione di puntamento della cella.

utente è stato caratterizzato monitorando il segnale ricevuto dalla cella Lte Tdd di un impianto nel comune di Pisa attraverso un analizzatore di spettro in modalità *span zero* posizionato in prossimità dell'impianto e variando la posizione di un terminale mobile utilizzato per la forzatura della trasmissione dati da parte della cella. L'impianto oggetto dei test, installato su un traliccio all'interno di un parcheggio, utilizza un'antenna attiva Zte mod. A9622. La misura del segnale ricevuto è stata eseguita per mezzo di una catena strumentale costituita da un analizzatore Rodhe & Schwarz mod. Fsh8 collegato a un'antenna biconica Seibersdorf mod. Pcd8250. La disponibilità da parte dell'analizzatore di spettro di ampiezze del filtro Rbw fino a 20 MHz in modalità *span zero* consente di monitorare nel tempo l'andamento del segnale Lte ricevuto. Per il monitoraggio del segnale è stata scelta una postazione fissa posta a 50 m dalla base del traliccio lungo la direzione di puntamento di uno dei settori della stazione (80° N). Per la forzatura del traffico dati è stato utilizzato un terminale mobile, dotato di sistema operativo Android e con abilitate le funzioni di amministratore (*root*). In questa configurazione, è possibile forzare il terminale (e di conseguenza la stazione)

a utilizzare una determinata banda (B38 in questo caso) per la trasmissione dei dati tramite l'app gratuita *Network signal guru*, scaricabile dalla *repository* ufficiale Android. Una volta selezionata la banda di utilizzo, la forzatura del traffico viene effettuata tramite siti internet per la misura della velocità di download dei dati (*speed test*) o che consentono di definire la dimensione del pacchetto dati allo scopo di garantire maggiore durata e stabilità nel download dei dati. Il comportamento dell'antenna è stato indagato mantenendo, come detto, fissa la postazione di misura e variando la posizione del terminale mobile, dapprima a distanze variabili (da 10 m a 90 m con passo 10 m) lungo la direzione di puntamento della cella (*figura 1*) e, successivamente, a diverse angolazioni rispetto alla direzione di puntamento della cella (da -20° a +60°) mantenendo sempre il terminale alla distanza di 50 m dalla base del traliccio (*figura 2*). Nel dominio della frequenza, come noto, il sistema Lte è costituito da un insieme di sottoportanti spaziate tra loro di 15 kHz, il cui numero complessivo dipende dalla larghezza di banda disponibile. Nel caso di utilizzo di un'antenna passiva tradizionale, che irradia segnali di controllo e canali



FIG. 3 SEGNALE RICEVUTO NEL TEMPO CON ANALIZZATORE DI SPETTRO
 Acquisizione con terminale di forzatura in prossimità della catena di misura (d=50 m) in presenza (traccia gialla) e assenza (traccia arancione) di forzatura.

di traffico per mezzo del medesimo fascio, il rapporto (ovvero la differenza in unità logaritmiche) tra la potenza ricevuta in assenza di traffico durante la trasmissione dei segnali di controllo del sistema Lte (*reference signal*, Rs) e quella nella condizione di trama interamente riempita (ovvero di massimo traffico) è attesa pari a circa $10 \cdot \log(2/12) = -7,8$ dB, essendo 2/12 il rapporto del numero di sottoportanti occupate dai Rs rispetto al numero totale disponibile.

I risultati ottenuti nel caso di antenna attiva mostrano, invece, valori massimi per tale differenza di gran lunga superiori a quelli attesi con un'antenna passiva (oltre 20 dB) oltre che dipendenti dalla posizione del terminale di forzatura.

In particolare, il segnale ricevuto sull'analizzatore di spettro risulta massimo con il terminale mobile in prossimità del punto di misura (*figura 3*). Ciò lascia pertanto ipotizzare l'attivazione di uno specifico fascio di traffico, di guadagno maggiore, diretto verso il terminale mobile. Quanto ricevuto nel punto di misura dipenderà pertanto dal diagramma di irraggiamento del fascio che si attiva e dalla posizione del punto di misura rispetto all'antenna trasmittente.

La *figura 4* riporta l'andamento in dipendenza della posizione del terminale lungo la direzione di puntamento della cella della differenza (delta) in dB tra il livello di potenza misurato con forzatura del traffico e quello ottenuto con trama piena durante la trasmissione del fascio *broadcast* nel punto di misura. Tale differenza è legata al diverso guadagno, nella direzione del punto di misura, del fascio che si attiva nel momento della forzatura del traffico rispetto a quello di *broadcast*.

In *figura 5* è analogamente riportato l'andamento della stessa quantità (delta), ottenuta nel punto di misura, facendo variare l'angolo della posizione del terminale di forzatura rispetto alla direzione di puntamento della cella. In entrambi i grafici i valori risultano massimi con il terminale in prossimità del punto di misura. I risultati confermano il comportamento ibrido dell'antenna e mostrano come la massima esposizione determinata dalle antenne attive avvenga nella zona in prossimità del terminale che accede alla risorsa radio.

Andrea Barellini¹, Barbara Bracci¹, Gaetano Licitra², Andrea Pinzauti¹, Francesco Sbrana³, Alberto Maria Silvi¹

Arpa Toscana

1. Settore Agenti fisici

2. Dipartimento provinciale di Pisa

3. Settore informativo regionale ambientale

FIG. 4
DIFFERENZA DI POTENZA - POSIZIONE

Andamento della differenza di potenza ricevuta con fasci di traffico e broadcast (trama piena) in dipendenza dalla posizione del terminale di forzatura lungo la direzione di puntamento della cella.

— delta

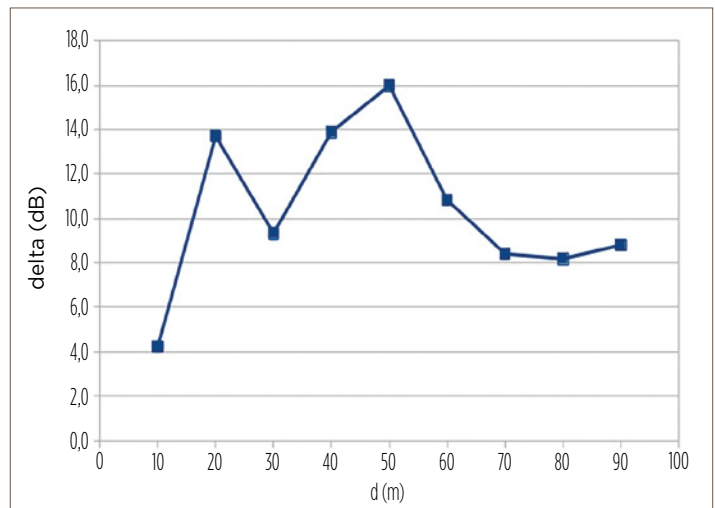
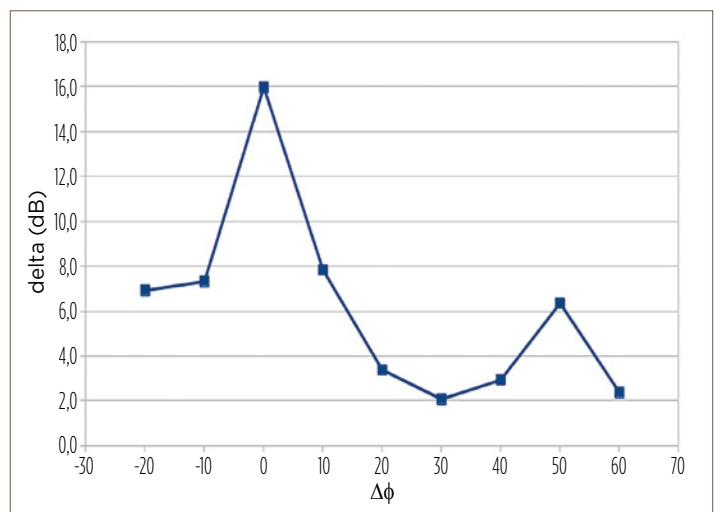


FIG. 5
DIFFERENZA DI POTENZA - ANGOLO

Andamento della differenza di potenza ricevuta con fasci di traffico e broadcast (trama piena) in dipendenza del diverso angolo del terminale di forzatura rispetto alla direzione di puntamento della cella.

— delta



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Coltellacci et al., 2023, "Lte Tdd mMimo: analisi dei segnali per la verifica di conformità della procedura di misura contenuta nella norma Cei 211-7/E", *Atti del Convegno nazionale Airp*, Cagliari, 27-29 settembre 2023.

Ericsson, 2024, *Ericsson Massive MIMO Handbook*, 3a edizione.

www.sharetechnote.com/html/5G/5G_Phy_BeamManagement.html

www.sharetechnote.com/html/FrameStructure_DL.html#Overview

www.sharetechnote.com/html/Handbook_Lte.html

www.sharetechnote.com/html/LTE_TDD_Overview.html

Ngmn, 2023, *Recommendation on base station active antenna system standards v.3.0*, www.ngmn.org.

Nsn, 2013, *Nokia solutions and network active antenna systems: a step-change in base station site performance*.

Ispra/Snpa, 2023, Report progetto ricerca Cem - Campi elettromagnetici e salute: studi di valutazione dell'esposizione e approfondimento sui possibili rischi delle esposizioni a lungo termine a basse e alte frequenze - Attività C - Sviluppo tecnologico e suoi effetti sull'esposizione: i sistemi 5G: campagne di misura svolte su impianti di telefonia mobile dotati di tecnologia "Lte-Tdd mMimo" della società Wind Tre Spa.

Itu-R, 2014, *Passive and active antenna systems for base stations of lmt systems*, Report Itu-r M.2334-0.