

LA CAMPAGNA DI MISURA SUL 5G IN BANDA MILLIMETRICA

LO STUDIO CONDOTTO A NAPOLI È FINALIZZATO A DEFINIRE PROTOCOLLI DI MISURA E STANDARD CONDIVISI PER LE ATTIVITÀ DI CONTROLLO. LA MISURA DELL'ESPOSIZIONE ELETTROMAGNETICA DEL 5G MMWAVE È STATA ESEGUITA CONFRONTANDO DIVERSE TECNICHE DI ESTRAPOLAZIONE IN SCENARI REALI, DI TRAFFICO E CONFIGURAZIONI.

L'impiego del 5G in banda millimetrica (mmWave) è attualmente ancora limitato e caratterizzato da una ridotta disponibilità di esperienze sperimentali, in particolare per quanto riguarda campagne di misura finalizzate alla valutazione dell'esposizione elettromagnetica. Si tratta infatti di una tecnologia innovativa, che presenta caratteristiche di propagazione e di utilizzo delle risorse radio profondamente diverse rispetto alle bande di frequenza tradizionalmente impiegate dalle reti mobili. In questo contesto risultano di particolare interesse studi sperimentali su larga scala condotti in scenari reali. Questo lavoro presenta i risultati di un'ampia campagna di misure condotta su segnali 5G in banda millimetrica presso il polo universitario di San Giovanni a Teduccio dell'Università degli studi di Napoli Federico II. Nell'ambito delle attività della 5G Academy è stato costituito un articolato gruppo di lavoro, comprendente Ispra, Arpa Lazio, Arpa Piemonte e l'Università stessa, con l'obiettivo di definire standard condivisi per le procedure di misura e di estrapolazione applicabili ai segnali 5G. I risultati ottenuti sono di particolare rilievo, poiché hanno beneficiato di un proficuo e continuo interscambio con il gestore di rete (Fastweb) e con il vendor tecnologico (Huawei), condizione che ha permesso di operare su una rete reale e di testare le procedure di misura in condizioni operative controllate e riproducibili, conducendo alla definizione di protocolli di misura condivisi da tutti gli attori coinvolti.

La campagna di misura

La campagna di misura è stata realizzata presso il campus universitario di San Giovanni a Teduccio dell'Università degli studi di Napoli Federico II. Le attività sperimentali sono state condotte sotto differenti condizioni di carico

di traffico, definite in base a specifici scenari operativi, al fine di analizzare il comportamento del segnale in situazioni rappresentative di diversi livelli di utilizzo della rete. La possibilità di impiegare simultaneamente più terminali durante le sessioni di misura ha permesso di riprodurre configurazioni multi-fascio, risultate particolarmente efficaci per valutare l'affidabilità delle procedure di misura in scenari rappresentativi di un utilizzo reale della rete. La *figura 1* mostra una rappresentazione schematica del sito di misura, dalla quale è possibile identificare le posizioni dell'impianto 5G (Point S), della catena di misura (Point A) e di un secondo utente connesso alla rete, collocato a distanza dal punto A (Point B). Questa configurazione ha consentito di analizzare l'impatto della generazione simultanea di fasci radio su più utenti. Nel corso della campagna di misura sono state analizzate e messe a confronto tre differenti modalità di estrapolazione del campo elettromagnetico, applicate nei vari scenari operativi considerati. Tali modalità, descritte in modo esaustivo nel

documento *Linee guida per la misura dei campi elettromagnetici generati da sistemi di telecomunicazione in tecnologia 5G¹*, al quale si rimanda per una trattazione approfondita, sono la *zero-span (Zs)*, la *vector channel power (Vcp)* e la *Pd sch power (Pp)*. Il confronto tra queste metodologie rappresenta un elemento centrale ai fini delle attività di controllo ambientale.

Risultati

La catena strumentale utilizzata per le misure ha visto l'utilizzo di un analizzatore di spettro vettoriale Rohde & Schwarz Fsva 3044 collegato a un'antenna Horn double-ridged compower modello Ah-840, configurazione idonea a operare alle frequenze millimetriche e a garantire un'adeguata direttività di ricezione. Sono stati definiti differenti scenari di misura sfruttando la logistica mostrata in *figura 1*:
- scenario A: modalità *idle*, assenza di forzatura. L'assenza di traffico dati consente di concentrarsi sulla struttura e

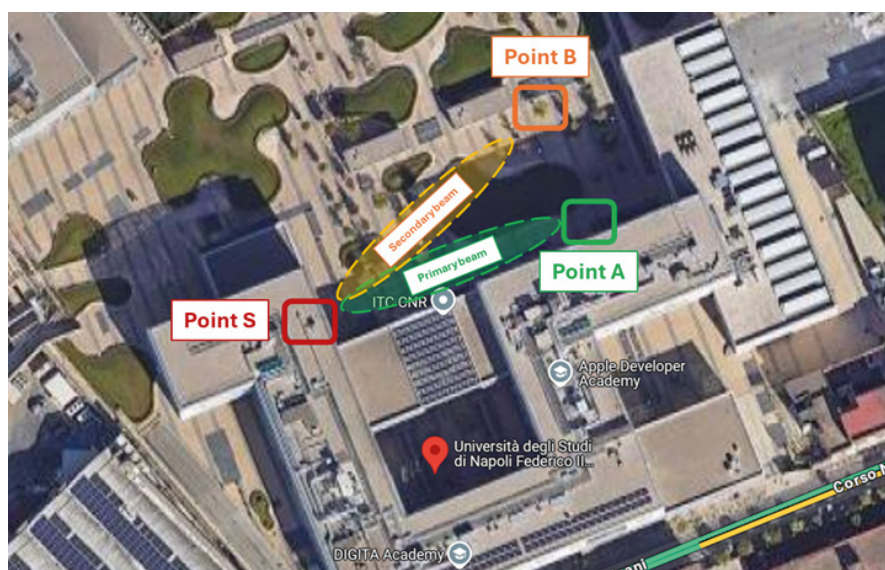


FIG. 1 SITO DI MISURA
Mappa satellitare del sito utilizzato per la campagna di misura

sulla modalità di trasmissione dei canali di controllo

- scenario B: forzatura *Mac padding* con un unico terminale in A questo scenario rappresenta il riferimento della condizione di massima esposizione
- scenario C: forzatura *Mac padding* con due terminali in A e in B lo scenario C consente di investigare l'eventuale impatto che la generazione di fasci di traffico multipli può avere in termini di valutazione della massima esposizione
- scenario D: forzatura Udp con due terminali in A e in B questo scenario è simile al precedente, con la differenza che la tecnica di forzatura del traffico utilizza il protocollo Udp che è lo standard di riferimento menzionato all'interno della normativa tecnica;
- scenario E (forzatura *speed test* con due terminali in A e in B): scenario del tutto analogo ai precedenti, in cui viene ulteriormente rilassata la condizione di forzatura di traffico affidata a un comune *speed test* commerciale.

La figura 2 mostra la rappresentazione della potenza ricevuta per *Resource element* per diversi frame ricostruiti a partire dai file Iq acquisiti in diversi scenari.

I risultati delle diverse procedure di estrapolazione sono stati confrontati con il valore di riferimento che è stato identificato con la misura Chp del segnale nello scenario B. I risultati sono condensati nel grafico in figura 3, che riporta il valore di P_{max} ottenuto dalle diverse metodologie per gli scenari considerati. La banda verde rappresenta il valore di riferimento del Chp misurato per lo scenario B al quale i risultati dell'applicazione delle diverse metodologie devono tendere.

La figura 3 evidenzia che la metodologia *Pdsch power* (P_p) garantisce dei risultati attendibili anche in condizioni estremamente differenti dallo scenario ideale, confermando la sua idoneità come metodologia di riferimento per la valutazione della massima esposizione nei sistemi 5G mmWave.

Conclusioni e futuri sviluppi

Le attività sperimentali presentate in questo lavoro confermano la rilevanza delle campagne di misura sui segnali 5G in banda millimetrica, un ambito che allo stato attuale risulta ancora caratterizzato da un numero limitato di studi e di evidenze sperimentali all'interno della comunità scientifica. In tale contesto, la disponibilità di misure condotte

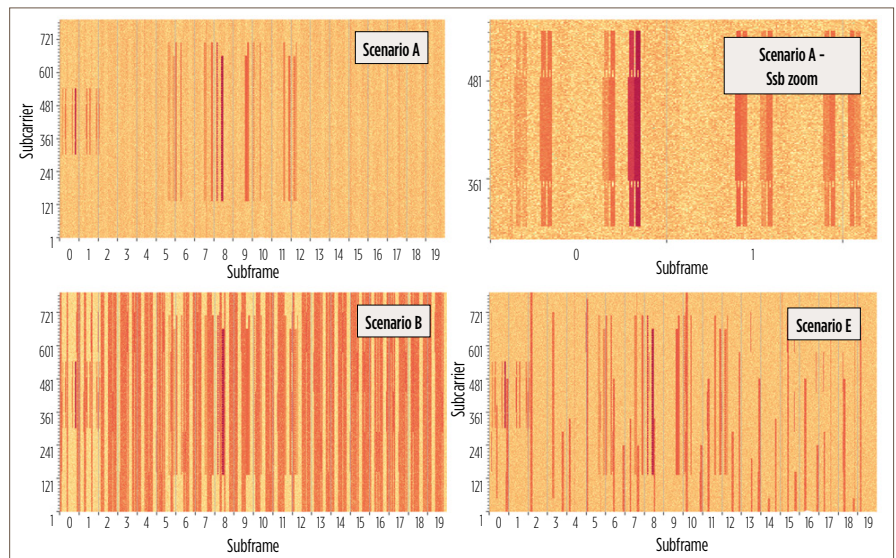


FIG. 2 SCENARI

Potenza ricevuta per resource element, per frame ricostruiti in diversi scenari di misura.

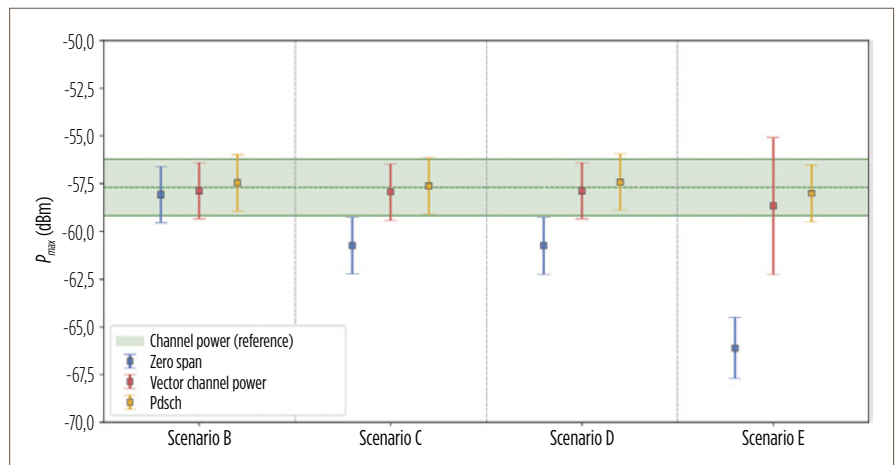


FIG. 3 CONFRONTO METODOLOGIE

Prestazioni delle diverse metodologie di estrapolazione

in scenari reali di rete rappresenta un contributo significativo sia per la validazione delle procedure di misura esistenti sia per il supporto allo sviluppo di future raccomandazioni tecniche e normative.

Un ulteriore elemento di rilievo è costituito dal confronto sistematico tra differenti metodologie di estrapolazione del campo elettromagnetico, applicate in condizioni operative eterogenee, caratterizzate da diverse tecniche e protocolli di forzatura del traffico. L'analisi comparativa ha evidenziato un complessivo e soddisfacente grado di accordo tra i risultati ottenuti, in particolare nelle configurazioni più rappresentative delle condizioni di utilizzo reale della rete, rafforzando l'affidabilità delle procedure di misura proposte per le attività di controllo ambientale.

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri, saranno necessari studi ulteriori per

investigare in maniera sistematica gli effetti delle trasmissioni in modalità *multi-user MIMO* sulle procedure di misura e di estrapolazione, con riferimento alla generazione simultanea di fasci multipli e alle conseguenti implicazioni in termini di affidabilità e rappresentatività delle tecniche di valutazione dell'esposizione.

Settimio Pavoncello¹, Daniele Franci², Sara Adda³, Nicola Pasquino⁴, Maila Strappini¹, Stefano Coltellacci¹, Alessandro Di Nezza¹, Tommaso Aureli¹

1. Sezione provinciale di Roma, Arpa Lazio
2. Ispra
3. Arpa Piemonte
4. Università Federico II di Napoli

NOTE

¹ Linee guida Snpa 54-2025 "Linee guida per la misura dei campi elettromagnetici generati da sistemi di telecomunicazione in tecnologia 5G", www.snpambiente.it.