La Comunicazione - Note, Recensioni e Notizie n. 66
Anno 2022

Metodologie e analisi di copertura e coesistenza 5G nella banda 6 GHz

Methodology and analysis of 5G coverage and coexistence in the 6 GHz band

Claudia **Carciofi**♦, Manuel **Faccioli**♦, Marcello **Folli**♦, Andrea **Garzia**♦,
Valeria **Petrini**♦, Simona **Valbonesi**♦
♦ Fondazione Ugo Bordoni

Sommario

Il ricorso a servizi ultra-avanzati da parte dei settori verticali porterà a grandi sfide che richiederanno comunicazioni mobili ad elevata affidabilità e capacità. Lo spettro nella banda intermedia permette di implementare reti ad alta capacità e bassa latenza ideali per molteplici casi d'uso, compreso il critical IoT. In particolare, la banda 6 GHz rappresenta un ottimo compromesso tra copertura, qualità, throughput, capacità e latenza, mentre le bande ad onde millimetriche permetteranno di supportare tutti i casi d'uso che richiedono velocità di trasmissione dati molto elevate e copertura a corto raggio.

In questo documento si propongono gli studi di copertura e, coesistenza 5G nella banda 6 GHz considerando diversi valori di velocità degli utenti mobili e diverse applicazioni. Tali analisi sono state condotte attraverso un software proprietario sviluppato dalla Fondazione Ugo Bordoni (FUB).

Per quanto riguarda i segnali a 6 GHz sono state effettuate valutazioni di copertura di stazioni base 5G in un ambiente reale considerando i parametri tecnici e i modelli di propagazione indicati negli studi CEPT e ITU in preparazione alla WRC-23. Sono state simulate diverse tipologie di copertura macro-cellulare, microcellulare e small cell considerando le nuove antenne 5G AAS.

Nel presente articolo vengono trattate le problematiche di coesistenza tra reti 5G e servizi incumbent FS nella banda 6 GHz attraverso valutazioni simulative tramite il simulatore di coesistenza proprietario sviluppato da FUB. La metodologia di valutazione della coesistenza si basa sul metodo MCL (Minimum Coupling Loss) e sul criterio di protezione basato sul

parametro I/N e vengono utilizzati i modelli di propagazione indicati dalla CEPT e ITU per gli scenari e le bande di frequenza considerate.

Abstract

The use of ultra-advanced services by verticals will lead to new challenges requiring highly reliable and high-capacity mobile communications. The intermediate bands spectrum allows for the implementation of high-capacity, low-latency networks that are ideal for multiple use cases, including critical IoT. In particular, the 6 GHz band represents an excellent compromise between coverage, quality, throughput, capacity, and latency, while the millimetre wave bands can support all the use cases requiring extremely high data rates and short-range coverage. This document is focused on the results of a series of 5G coverage and coexistence analyses in the 6 GHz band considering mobile users moving at different speeds and different applications. Analyses have been carried out through a proprietary tool developed by the Ugo Bordoni Foundation (FUB).

For the 6 GHz signals coverage assessments of 5G base stations in a real environment are carried out considering the technical parameters and propagation models indicated in the CEPT and ITU studies in preparation for WRC-23. Different types of macrocellular, microcellular and small cell coverage have been simulated considering the new 5G AAS antennas.

This paper also deals with the coexistence issues between 5G networks and FS services in the 6 GHz band through numerical assessments performed using the coexistence simulator developed by FUB. The coexistence assessment methodology is based on the MCL (Minimum Coupling Loss) method and on the protection, criterion based on the I / N parameter and the propagation models indicated by CEPT and ITU are used for the scenarios and frequency bands considered.

Keyword

Coexistence, Coverage, Spectrum, 5G, 6 GHz band

1 - Introduzione

La tecnologia 5G rappresenta per l'Europa e non solo una opportunità per lo sviluppo di nuovi segmenti di mercato abilitati da infrastrutture di rete tecnologicamente molto avanzate. L'obiettivo a livello internazionale è quello di rendere la tecnologia e l'ecosistema 5G una realtà che permetta l'introduzione di nuovi servizi nei settori verticali, superando la frammentazione di tecnologie e di sistemi ad hoc progettati appositamente per singoli settori ed introducendo allo stesso tempo livelli di capillarità ed affidabilità superiori rispetto alle precedenti tecnologie. Questo passaggio tecnologico, che si configura forse più come cambio di paradigma, richiede però un utilizzo ottimizzato ed efficiente della risorsa spettro elettromagnetico. Le politiche sull'utilizzo dello spettro a livello europeo hanno individuato una serie di priorità che riguardano il presente e futuro prossimo. Tali priorità sono il wireless a banda larga, le comunicazioni mobili che devono essere accessibili a tutti i cittadini dell'Unione, il ricorso semplificato alle small cells che rappresentano un prerequisito fondamentale per lo sviluppo del 5G, i casi d'uso industriali, le comunicazioni mobili a bordo di navi ed aerei, i dispositivi a corto raggio, lo spettro esente da licenza e le reti radio locali WAS/RLAN.

Secondo indagini effettuate in ambito UE, un uso efficiente dello spettro dovrebbe contribuire in modo significativo a raggiungere l'obiettivo comunitario di coprire tutte le famiglie e le imprese dell'Unione con una rete Gigabit entro il 2030 e a sviluppare nuovi servizi anche attraverso modalità differenziate di accesso, come ad esempio l'attribuzione delle frequenze a livello locale.

Lo sviluppo e l'evoluzione del 5G richiedono anche il ricorso a nuove bande di frequenza che possano offrire buona copertura, elevata capacità, oppure altissima velocità di trasmissione dati e massima affidabilità.

La banda 3.4-3.8 GHz è fondamentale per quanto riguarda le prime implementazioni della rete 5G.

Nei paesi CEPT la banda 3400-4200 MHz viene utilizzata da anni per le comunicazioni satellitari FSS in downlink (link spazio-terra), in concomitanza con la banda 5850-6725 MHz utilizzata per l'uplink. A livello CEPT la gestione della banda 3.4-3.8 GHz è oggetto di discussione da molto tempo e, già a partire dalla Conferenza Mondiale delle Radiocomunicazioni WRC-15 sono stati portati avanti studi relativamente alla compatibilità soprattutto con i sistemi FSS.

A giugno 2021 la Commissione Europea ha adottato una Decisione [1] che armonizza l'uso della parte inferiore della banda a 6 GHz (5945-6425 MHz) per le reti wireless WAS/RLAN in tutta Europa rendendo disponibili 480 MHz di spettro aggiuntivo per casi d'uso a bassa potenza che possono operare senza licenza. Il potenziamento dello spettro a 6 GHz per reti wireless porterà ad una riduzione della congestione della rete aumentandone la velocità. Attualmente la banda 6 GHz è assegnata al Servizio Fisso (FS), al Servizio Fisso Satellitare (FSS) e al Servizio Mobile (MS), tutti con statuto primario.

La coesistenza tra servizi incumbent operativi nella banda 6 GHz e servizi mobili è in fase di studio in ambito CEPT in quanto alla prossima Conferenza WRC-23 è prevista la discussione della possibile designazione IMT della parte alta della banda 6 GHz (6425-7125 MHz).

La possibile assegnazione della banda 6 GHz ai sistemi 5G con spettro licenziato comporta la necessità di studiare attraverso valutazioni simulative la coesistenza dei servizi mobili con i diversi servizi incumbent sia in co-canale che in canale adiacente (FS, FSS, radioastronomia).

In questo articolo si propone una analisi degli approcci d'uso dello spettro nella banda 6 GHz. Dal punto di vista delle simulazioni numeriche vengono presentati i risultati di una serie di studi, effettuati tramite tool~~s~~ proprietari sviluppati da FUB, per valutare in scenari reali l'impatto della coesistenza con servizi FS sulla copertura 5G a 6 GHz considerando diverse tipologie di BTS macro, micro e small cell e le antenne AAS. L'articolo mostra lo studio di tecniche di mitigazione basate sulla ottimizzazione di antenne AAS per ridurre l'interferenza verso il sistema incumbent migliorando la coesistenza e mantenendo una adeguata copertura del servizio 5G.

2 – Scenari di coesistenza e copertura nella banda 6 GHz

Gli scenari di coesistenza nella banda 6425 MHz-7125 MHz oggetto di studio per una possibile attribuzione IMT sono analizzati in dettaglio nell'ambito dei lavori ITU del gruppo 5D per l'Agenda Item 1.2 della prossima Conferenza WRC-23. Le metodologie di valutazione per la coesistenza richiedono la definizione dei parametri tecnici dei nuovi possibili sistemi entranti (5G) e dei servizi già esistenti, la scelta dei modelli di propagazione e dei modelli di antenna più appropriati e i criteri di protezione dei servizi incumbent.

La Tabella 1 riporta l'attribuzione dei servizi nella banda 5925-7190 MHz come indicato nelle Radio Regulations, Edizione 2020 [2]. La Risoluzione 245 (WRC-19) relativa all'Agenda Item 1.2 [3] prevede sia studi in banda che in banda adiacente e risulta quindi necessario un quadro completo dei sistemi che attualmente utilizzano lo spettro 6425-7145 MHz e le bande superiori e inferiori adiacenti.

Tabella 1. Attribuzione servizi banda 5925-7190 MHz

Allocazioni		
Regione 1	**Regione 2**	**Regione 3**
5925 – 6700	Servizio Fisso 5.457 Servizio Fisso Satellitare (Terra-spazio) 5.457A 5.457B Servizio Mobile 5.457C 5.149 5.440 5.458	
6700 – 7075	Servizio Fisso Servizio Fisso Satellitare (Terra-spazio) 5.441 Servizio Mobile 5.458 5.458A 5.458B	
7075 – 7145	Servizio Fisso Servizio Mobile 5.458 5.459	
7145 – 7190	Servizio Fisso Servizio Mobile Ricerca Spaziale (Spazio profondo)(Terra-spazio) 5.458 5.459	

Come si può evincere dalla Tabella 1 i servizi a cui sono attribuite le varie porzioni della banda 6 GHz sono molteplici, tutti con statuto primario (come indica l'uso del maiuscolo).

I servizi incumbent fissi nella banda 6425-7125 MHz sono utilizzati nei paesi CEPT per collegamenti fissi a lungo raggio e ad alta capacità. Gli utilizzi supportati sono molteplici e spaziano dal backhaul di reti mobili e di radiodiffusione, alle reti di servizi pubblici, alle reti tecnologiche di comunicazione private o industriali, agli usi governativi.

Per quanto riguarda invece i sistemi incumbent satellitari, la banda di frequenza 6425-7075 MHz è attribuita a livello globale all'FSS (Terra-spazio). Le stazioni uplink di terra sono dispiegate in Europa e operano con i sistemi satellitari FSS esistenti. La banda è utilizzata per gli uplink dalle reti FSS geosincrone (GSO FSS) ed anche per feeder link di sistemi mobili satellitari (MSS).

A causa delle dimensioni delle coperture dei satelliti FSS, i ricevitori satellitari potrebbero subire interferenza dai sistemi IMT dislocati in Europa ed in generale in tutta la Regione 1.

Nel seguito si riportano i parametri tecnici per i sistemi 5G e per i sistemi incumbent già presenti nella banda 6 GHz. Maggiore attenzione è stata rivolta ai sistemi FS e FSS che sono stati considerati nelle valutazioni simulative tramite il tool di coesistenza FUB [14], [15].

Nella Tabella 2 sono illustrate le quattro diverse tipologie di copertura 5G previste per la banda 6 GHz e i parametri tecnici delle BTS da utilizzare per le valutazioni di copertura e coesistenza con i servizi incumbent.

Tabella 2. Parametri per scenari di copertura 5G nella banda 6 GHz

	Macro Suburban	**Macro Urban**	**Micro Urban**	**Small cell**
Pt (dBm/100 MHz)	40	40	31	18
Guadagno per elemento (dBi)	6.4	5.5	5.5	5.5
EIRP (dBm)	67.47	66.57	54.56	35.54
ht (m)	20	18	6	3
Tilt	6	10	0	0

3 – Impatto della coesistenza sulla copertura e tecniche di mitigazione

Tramite i simulatori di coesistenza e copertura sviluppati dalla Fondazione Bordoni [7], è stata svolta un'attività di studio per valutare in scenari reali l'impatto sulla copertura di futuri sistemi 5G a 6 GHz derivante dalla necessità di coesistenza con sistemi incumbent di tipo fisso FS sia in caso di co-canale che in canale adiacente.

Questo aspetto è molto importante in quanto i vincoli di coesistenza per le stazioni base 5G hanno un notevole impatto sugli sviluppi della rete e in particolare sulla copertura. In questo studio sono anche state indagate alcune possibili tecniche di mitigazione dell'interferenza per limitare la possibile riduzione della percentuale di copertura che discende dal rispetto delle condizioni di coesistenza.

Lo scenario reale considerato è la provincia di Bologna (Figura 1) per la quale sono disponibili le posizioni delle BTS attraverso il database open source di ARPAE [8] all'interno del quale sono riportati 555 settori, 3 per ciascuno dei 185 siti.

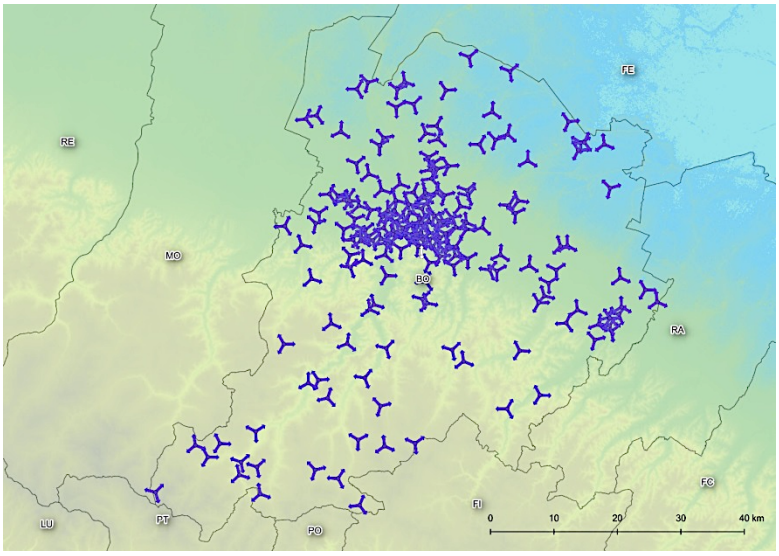


***Figura 1** - Mappa con la distribuzione delle BTS nella provincia di Bologna [8]*

Utilizzando le posizioni e i puntamenti delle BTS mostrate Figura 1 si è fatta l'assunzione di considerare i parametri delle BTS operanti a 6GHz indicati nella Tabella 3 riportata alla fine della Sezione 2.

Nelle figure seguenti (Figura 2 e Figura 3) si presentano i diagrammi d'antenna AAS utilizzati per le valutazioni di copertura e coesistenza per le diverse tipologie di stazioni base 5G. In Figura 2 si mostra il diagramma orizzontale che risulta lo stesso per le BTS macro-urbano e suburbano e per le BTS micro mentre in Figura 3 sono mostrati i diagrammi verticali specifici per le tre tipologie di copertura macro-urbano e suburbano e micro. Infine, per la BTS small cell si fa riferimento ad un diagramma omnidirezionale sia nel piano H che V.

Le prime analisi sono relative al calcolo della copertura delle BTS nelle postazioni selezionate e con le potenze impostate secondo il documento ITU-R 5D/716 [9]. Il modello di propagazione [10], [11] è quello elaborato nell'ambito dei lavori del Tavolo Tecnico nazionale 5G (di seguito TT5G) per la valutazione degli obblighi di copertura a 3.7GHz; è stata filtrata la potenza ricevuta a valori superiori a -140 dBm.

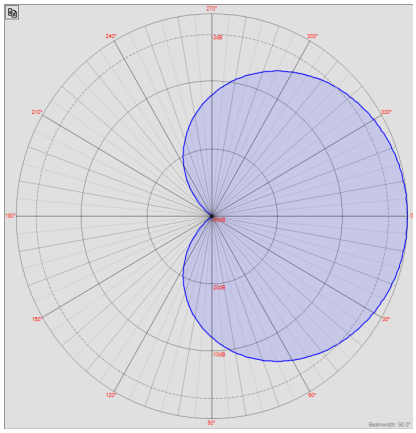
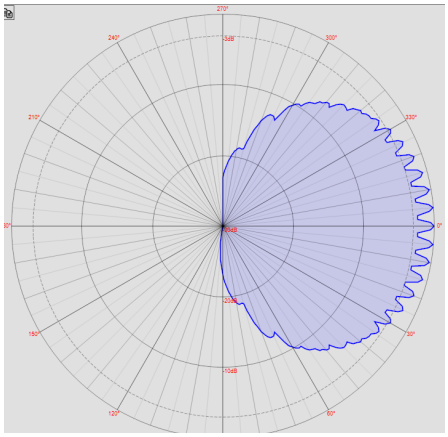
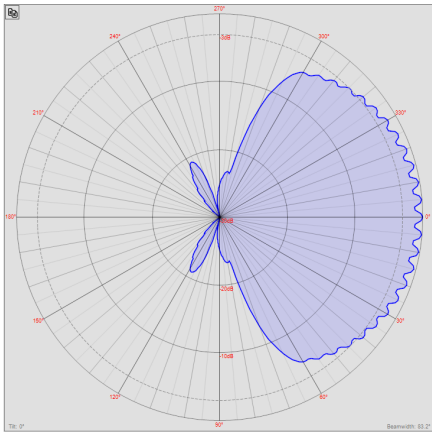


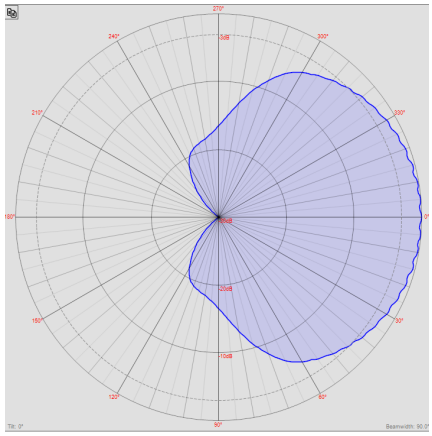
Figura 2 *– Diagramma orizzontale antenna AAS per scenari Sub-Urban Macro, Urban Macro e Urban Micro*



(a)



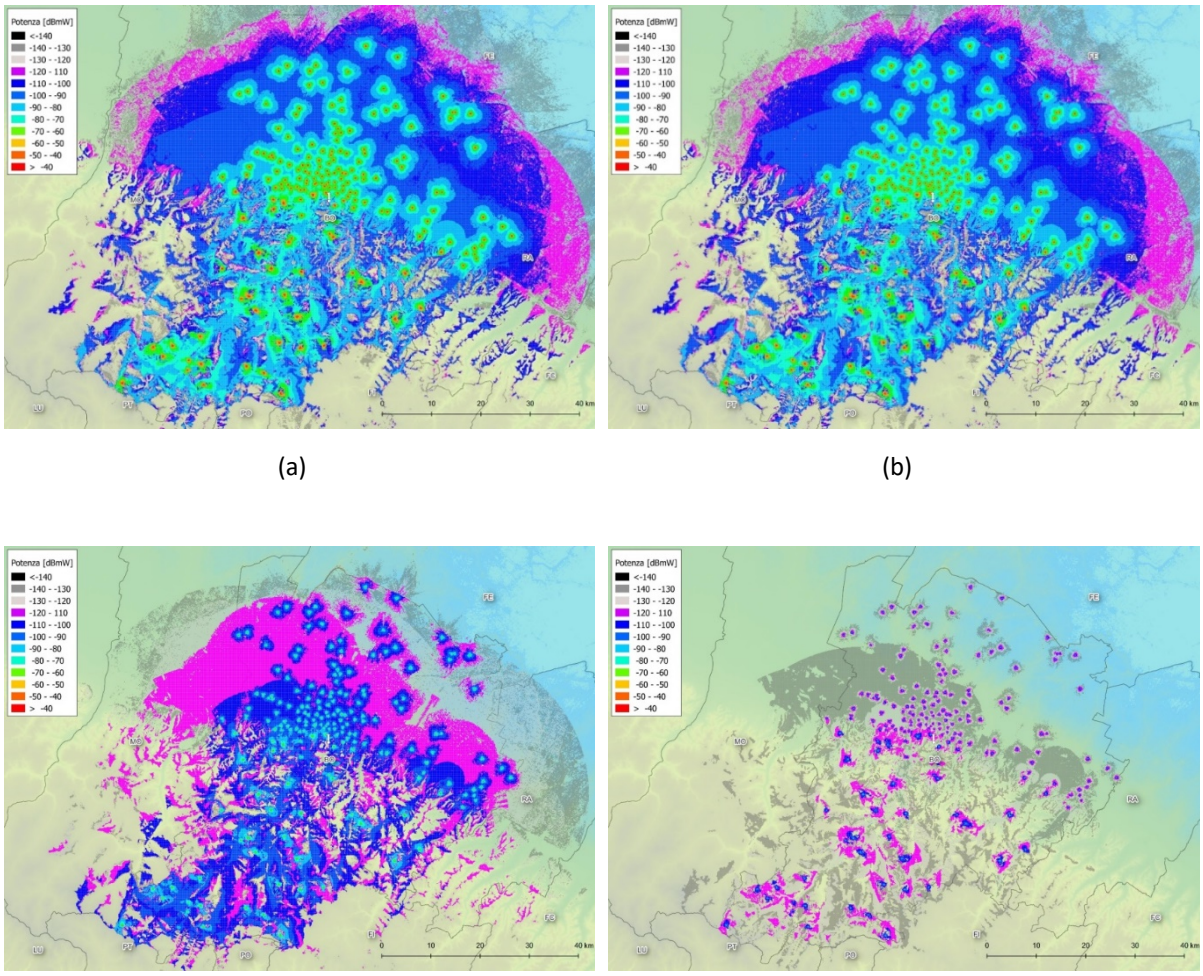
(b)



(c)

Figura 3 *- Diagramma verticale antenna AAS Sub-Urban Macro (a), Urban Macro (b) e Urban Micro (c)*

In Figura 4 sono presentate le coperture per i quattro scenari descritti in precedenza. Si nota che le aree di copertura negli scenari suburbano macro e urbano macro (Figure 4 a e b) sono confrontabili anche se una parte della periferia di Bologna risulta coperta con valori vicini alla sensibilità del ricevitore. La copertura nello scenario microcellulare (Figura 4 c) risulta ulteriormente ridotta mentre nel caso di small cell (Figura 4 d) è limitata solo ad una zona prossima al sito della femtocella.



(a) (b)

(c) (d)

Figura 4 *- Copertura per scenari S-Uma (a), UMa (b), Umi (c) e small cell (d)*

Dopo aver effettuato i calcoli di copertura in assenza di incumbent, si è assunto che fosse presente un incumbent di tipo fisso FS in co-canale con le BTS 5G a 6 GHz. Il sistema FS è stato impostato secondo i parametri derivanti dagli studi di coesistenza descritti in un documento (doc. 068) presentato al gruppo ECC PT1 dalla Germania. Nel documento sono sviluppati due scenari, uno rurale ed uno urbano, nei quali sono state adottate altezze del traliccio FS pari a 60 e 20 m rispettivamente. La postazione fittizia scelta per il sistema FS è sul traliccio televisivo del colle di Barbiano a Bologna.

Tramite il simulatore FUB [7], [14], [15] e la metodologia illustrata ad inizio sezione, è stata quindi effettuata la valutazione di coesistenza co-canale delle BTS nei confronti dell'incumbent FS; le analisi di coesistenza sono state effettuate nei due ambienti rurale e urbano, applicando le altezze per il traliccio sopra indicate. Il modello di coesistenza utilizzato è quello utilizzato al Tavolo Tecnico nazionale 5G [10].

Nella Tabella 4 sono mostrate le percentuali di riduzioni ottenute rispetto al numero totale (555) di settori delle BTS per la copertura per effetto della coesistenza co-canale con FS secondo i diversi modelli di propagazione presenti nel tool di analisi della coesistenza, al fine di poterli confrontare fra loro, oltre al modello P.452+P.2108 [12], [13] che è il riferimento in uso al TT5G. Si nota che le percentuali di settori per i quali è necessaria una riduzione di potenza per garantire la coesistenza risulta maggiore nel caso di propagazione modellata tramite ITU-R P.452 [12] che tiene conto solo dello spazio libero e della eventuale diffrazione da ostacoli naturali. L'introduzione del clutter tramite la ITU-R P.2108 [13] porta ad esempio a dimezzare le percentuali di riduzione che risultano maggiormente contenute negli scenari microcellulari e indoor e considerando il modello statistico ITU-R M.2412 NLOS [10].

Tabella 4. Percentuale del numero totale di settori delle BTS in cui è necessaria una riduzione di potenza per garantire la coesistenza (caso co-canale) nei diversi scenari

Scenario ambientale						
Modello propagazione	**S-UMaRUR**	**S-UMaURB**	**UMaRUR**	**UMaURB**	**UMiURB**	**SmallcellUrB**
452+2108	31.5	27.6	36.2	31.2	16.6	3.2
452	64.5	53.3	67.2	55.7	44.0	20.2
2412_LoS	42.0	41.8	45.0	45.4	31.7	11.5
2412_NLoS	23.8	14.8	24.0	15.0	1.4	0.0

La riduzione di potenza dei settori può essere anche piccola per garantire la coesistenza e non avere un grande impatto sulla percentuale di copertura intesa come numero di pixel del territorio dove viene superata una soglia di potenza ricevuta (si veda Tabella 5).

La percentuale di copertura non si riduce molto anche nel caso di riduzione della potenza di settori delle BTS a causa o della sovrapposizione di aree di copertura di BTS adiacenti o di piccole riduzioni di potenza per garantire la coesistenza che non hanno un forte impatto sulla copertura.

Tabella 5. Percentuale di copertura (soglia di ricezione -120 dBm) per garantire la coesistenza (caso co-canale) nei diversi scenari

Scenario copertura				
Tipologia incumbent	**Suburbano Macro**	**Urbano Macro**	**Microcella**	**Small Cell**
Nessuno	76.50	77.70	66.76	16.24
FS rurale	76.41	77.54	65.74	16.16
FS urbano	76.43	77.57	65.74	16.17

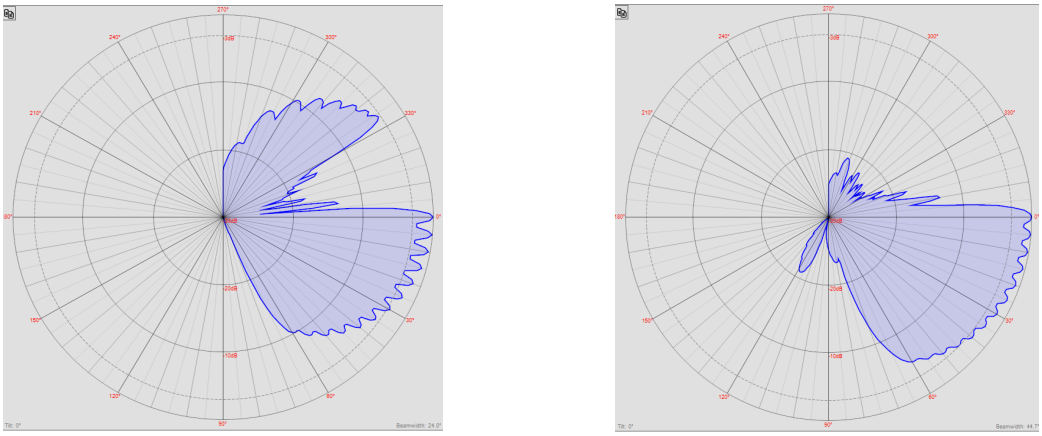
Le simulazioni di coesistenza e copertura sono state ripetute nello scenario da canale adiacente dove si tiene conto nelle valutazioni di una attenuazione supplementare di 58 dB [16,17]. A questo valore corrispondono le seguenti percentuali dei settori delle BTS per i quali è necessaria una riduzione di potenza, riportate nella Tabella 6, da applicare agli scenari considerati. Il modello di propagazione di riferimento utilizzato al TT5G per la coesistenza [12], [13] non riporta alcuna riduzione; l'utilizzo del solo modello P.452 [12] privo di attenuazione supplementare da clutter e la M.2412 [10] in condizione LoS producono alcune riduzioni, molto inferiori in numero rispetto al caso co-canale.

Tabella 6. Percentuale del numero totale di settori delle BTS in cui è necessaria una riduzione di potenza per garantire la coesistenza (caso canale adiacente) nei diversi scenari

Scenario ambientale						
Modello propagazione	**S-UMaRUR**	**S-UMaURB**	**UMaRUR**	**UMaURB**	**UMiURB**	**SmallcellUrB**
452+2108	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
452	1.1	1.1	1.6	1.6	0.0	0.0
2412_LoS	0.4	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0
2412_NLoS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Per ridurre l'impatto sulla copertura derivante dalla coesistenza è stato effettuato un primo approfondimento sulle antenne AAS. In particolare, sono state effettuate simulazioni di coesistenza considerando una prima possibile tecnica di mitigazione del diagramma d'antenna AAS ovvero l'esclusione dei beam verso l'alto con tilt <0.

Per valutare l'effetto di mitigazione del diagramma di radiazione sono stati quindi generati per ogni diverso scenario di copertura 5G nuovi diagrammi di antenna AAS che presentano lobi di copertura con tilt solamente rivolti verso il basso così come riportato nelle figure che seguono (Figura 5, Figura 6). Tali andamenti sono quelli attesi nella maggior parte dei casi in cui il settore serve un utente mobile che si trova tipicamente in basso rispetto alla stazione. I lobi con tilt negativi sono invece quelli che maggiormente si prestano a dare interferenza ai siti incumbent.

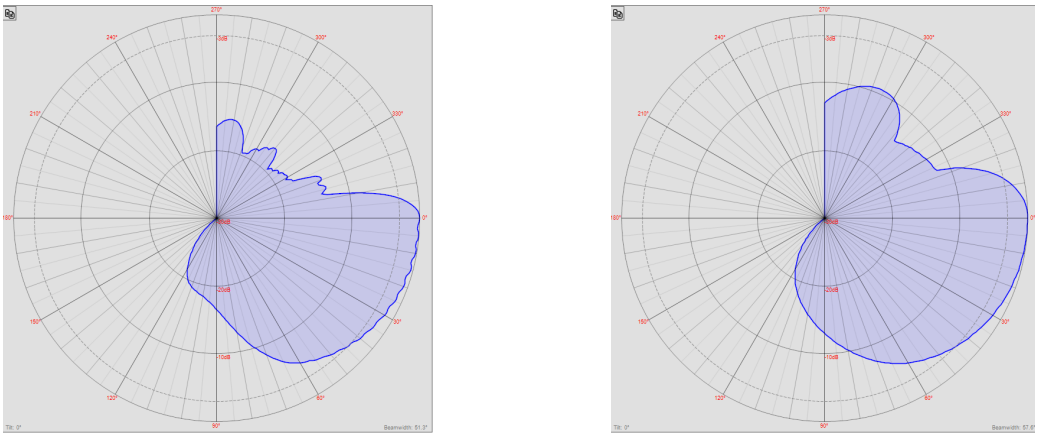


(a) (b)

Figura 5 *- Diagramma verticale con mitigazione Sub-Urban Macro (a) e Urban Macro (b))*

Le coperture d'area del servizio 5G che si ottengono facendo uso delle antenne descritte sono confrontabili con quelle riportate in Figura 4.

Per confronto con il caso di interferenza co-canale si riportano nella Tabella 7 le percentuali del numero di settori delle BTS per i quali è necessaria la riduzione della potenza. Si può notare come le percentuali di settori delle BTS che devono essere ridotti in potenza (Figura 7) risultano in numero inferiore al caso precedente (Tabella 4), segno che la mitigazione produce un effetto benefico alla coesistenza mantenendo una buona copertura.



(a) (b)

Figura 6 *- Diagramma verticale con mitigazione Urban Micro (a) e small cell (b)*

Tabella 7. Percentuale del numero totale di settori delle BTS in cui è necessaria una riduzione di potenza per garantire la coesistenza (scenario co-canale con mitigazione antenna)

Scenario ambientale						
Modello propagazione	**S-UMaRUR**	**S-UMaURB**	**UMaRUR**	**UMaURB**	**UMiURB**	**SmallcellUrB**
452+2108	12.4	11.9	11.5	10.8	13.5	2.3
452	49.5	40.4	48.3	39.6	41.4	18.2
2412_LoS	23.6	24.3	22.7	22.7	28.6	8.6
2412_NLoS	6.8	3.2	5.4	2.3	0.9	0.0

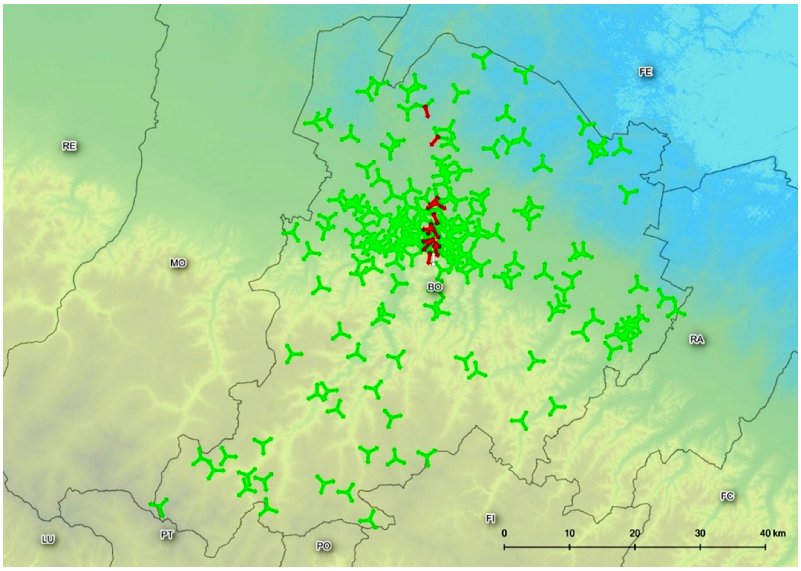


Figura 7 *- Settori BTS in rosso: è richiesta una riduzione di potenza per garantire la coesistenza, settori BTS in verde: nessuna riduzione di potenza*

4 – Conclusioni

In questo articolo sono stati presentati i risultati dell'attività di studio per valutare in scenari reali l'impatto sulla copertura di futuri sistemi 5G a 6 GHz derivante dalla necessità di coesistenza con sistemi incumbent di tipo fisso FS sia in scenari co-canale che in canale adiacente. Questo aspetto è molto importante in quanto i vincoli di coesistenza per le stazioni base 5G hanno un notevole impatto sugli sviluppi della rete e in particolare sulla copertura. In questo studio si è iniziato a cercare alcune possibili tecniche di mitigazione dell'interferenza per limitare la possibile riduzione della percentuale di copertura dovuta alla coesistenza.

Dalla analisi delle coperture per quattro scenari distinti è emerso che le aree di copertura negli scenari suburbano macro e urbano macro sono confrontabili anche se ci sono casi in cui il territorio risulta coperto con valori vicini alla sensibilità del ricevitore. La copertura nello scenario microcellulare risulta ulteriormente ridotta mentre nel caso di small cell indoor è limitata solo ad una zona prossima al sito. Successivamente alla esecuzione dei calcoli di copertura in assenza di incumbent è stata fatta una simulazione assumendo la presenza sul territorio di un incumbent di tipo fisso FS in co-canale con le BTS 5G a 6 GHz.

Tramite il simulatore FUB [14], [15], è stata quindi effettuata la valutazione di coesistenza co-canale delle BTS nei confronti dell'incumbent FS relativo all'ambiente urbano e rurale che ha messo in evidenza riduzioni della copertura 5G significative (fino a 30-50 %) per effetto della coesistenza co-canale mentre lo scenario da canale adiacente comporta riduzioni di copertura molto contenute (es. 1%). Le percentuali di copertura nel caso co-canale si riducono maggiormente per lo scenario macrocellulare urbano e suburbano e in condizioni di propagazione caratterizzate da minor ostruzione da parte del terreno e dell'edificato (modello di propagazione ITU-R 452).

È stata successivamente identificata e applicata una tecnica di mitigazione dell'interferenza basata sulla ottimizzazione del diagramma 5G AAS che ha permesso di garantire la coesistenza riducendo notevolmente l'impatto sulla copertura. Le percentuali di riduzione delle potenze delle antenne 5G AAS necessarie per limitare l'interferenza dell'incumbent sono limitate al lobo d'antenna AAS che punta verso la direzione del ricevitore incumbent. In tal modo le riduzioni di copertura del 5G sono minori anche nello scenario co-canale dell'ordine del 10% nello scenario macro in presenza dell'effetto del clutter ambientale urbano (modello di propagazione ITU-R 452 [12] + 2108, ITU-R M 2412 NLOS).

Tali studi effettuati nella banda 6 GHz saranno estesi anche alla banda 40 GHz che permette di supportare tutti i casi d'uso che richiedono una velocità di trasmissione dati molto elevata e copertura a corto raggio. Successivamente alla Conferenza WRC-19, la banda di frequenza 40.5 – 43.5 GHz è stata armonizzata a livello ITU per sistemi mobili. Attualmente su tale banda è attribuita sono allocati ai sistemi FSS (stazioni di terra), ai sistemi FS, ai Servizi Mobili Marittimi e Terrestri e ad altri sistemi di broadcast satellitare, ai quali occorre garantire protezione dalle interferenze.

5 - Bibliografia

[1] ECC Decision (20)01, "*On the harmonised use of the frequency band 5945-6425 MHz for Wireless Access Systems including Radio Local Area Networks (WAS/RLAN)*", 2020.

[2] ITU, "*Radio Regulations*", https://www.itu.int/pub/R-REG-RR-2020

[3] Resolution 245 WRC-19, "*Studies on frequency-related matters for the terrestrial component of International Mobile Telecommunications identification in the frequency bands 3 300-3 400 MHz, 3 600-3 800 MHz, 6 425-7 025 MHz, 7 025-7 125 MHz and 10.0-10.5 GHz*", 2019

[4] ECC Decision (22)06, "*Harmonised technical conditions for Mobile/Fixed Communications Networks (MFCN) in the band 40.5 43.5 GHz*", 2022

[5] ECC Recommendation (22)01, "*Guidelines to support the introduction of MFCN in 40.5-43.5 GHz while ensuring, in a proportionate way, the use of FSS receiving earth stations in the frequency band 40.5-42.5 GHz and the use of FSS transmitting earth stations in the frequency band 42.5-43.5 GHz and the possibility for future deployment of these earth stations*", 2022

[6] ECC Recommendation (22)02, "*Guidelines on measures to facilitate compatibility between MFCN operating in 40.5-43.5 GHz and FSS earth stations receiving in 39.5-40.5 GHz and to prevent and/or resolve interference issues*", 2022

[7] Carciofi, C., Faccioli, M., Folli, M., Petrini, V., Valbonesi, S., "*Private Wireless Networks for Automotive: spectrum analysis in 5G frequency bands*", AEIT Automotive 2021, 2021.

[8] ARPAE Emilia-Romagna, "*Catasto Regionale delle sorgenti di campo elettromagnetico*", (https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/campi-elettromagnetici/dati-campi-elettromagnetici)

[9] ITU-R 5D/716, "*Report on the 38th meeting of Working Party 5D*", 2021

[10] ITU, "*Report ITU-R M.2412-0 - Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-2020 (10/2017)*", 2017.

[11] ITU, Recommendation ITU-R P.526 –"*Propagation by diffraction*", 2019

[12] ITU, Recommendation ITU-R P.452, "*Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.1 GHz* ",ver. 16, 2015.

[13] ITU, Recommendation ITU-R 2108, "*Prediction of clutter loss*", 2017

[14] Carciofi, C., Faccioli, M., Folli, M., Petrini, V., Valbonesi, S., "*Metodologie e strumenti previsionali per l'uso efficiente e condiviso dello spettro - Methodologies and tools for the efficient and shared use of the spectrum*", La Comunicazione Note, Recensioni e Notizie, 64, 2021

[15] Carciofi, C., Faccioli, M., Grazioso, P., Petrini, V., "*Analysis of 5G outdoor and indoor coexistence scenarios for spectrum sharing with Active Antenna System*", SoftCom 2020, 2020

[16] ETSI TR 101 854, "*Fixed Radio Systems; Point-to-point equipment; Derivation of receiver interference parameters useful for planning fixed service point-to-point systems operating different equipment classes and/or capacities*", 04-2019

[17] ECC Report 296: "*National synchronisation regulatory framework options in 3400-3800 MHz: a toolbox for coexistence of MFCNs in synchronised, unsynchronised and semi-synchronised operation in 3400-3800 MHz*", 8 Marzo 2019

6 – GLOSSARIO

AAS	Active Antenna System
ARPAE	Agenzia Prevenzione Ambiente Energia Emilia-Romagna
BTS	Base Transceiver Station
CEPT	Conferenza Europea delle amministrazioni delle Poste e delle Telecomunicazioni
ITU	International Telecommunication Union
MCL	Minimum Coupling Loss
TT5G	Tavolo Tecnico nazionale 5G
WRC	World Radiocommunication Conference