

# Il 5G e l'integrazione dei servizi di diffusione radiotelevisiva\*

Assunta **De Vita**<sup>1</sup>, Rossella **Gaffoglio**<sup>2</sup>, Vittoria **Mignone**<sup>1</sup>, Alberto **Morello**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Rai - Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione

<sup>2</sup>Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Fisica

## INTRODUZIONE

Negli ultimi anni il settore delle comunicazioni mobili ha registrato una crescita impressionante del traffico dati, a causa della crescente richiesta di servizi multimediali da parte dei dispositivi mobili, una parte significativa dei quali è identificabile con video clip di alta qualità, mentre la distribuzione di servizi broadcast di tipo *live* rimane ancora limitata, a causa dei limiti mensili di dati nei profili di fatturazione. Di conseguenza, gli operatori di telefonia mobile stanno rendendo continuamente le loro reti più efficienti investendo in nuove generazioni di tecnologia mobile (ad esempio, il 5G) e in reti più fitte.

A tal fine, l'estensione degli standard 3G e 4G ad una specifica *multicast* (MBMS, Servizio Multicast Broadcast Multimediale e eMBMS, versione evoluta di MBMS), permette di fornire lo stesso contenuto TV ad un numero illimitato di utenti, senza duplicazione dello stesso bitstream video (cosa che, invece, accade per le trasmissioni *unicast*), usando quindi una minor quantità di risorse spettrali. Il caso d'uso considerato dagli operatori di rete mobile è quello relativo alla *fornitura di eventi video dal vivo* (sport, concerti) a più spettatori in un'area specifica, allocando temporaneamente parte della capacità della rete mobile cellulare a questo servizio multicast, mentre un'altra parte della capacità è assegnata a servizi multimediali a banda larga di tipo *unicast*. Questo caso d'uso verrà nominato nel seguito come **evento-TV**.

Le reti mobili sono concepite principalmente per *sistemi bidirezionali* e *servizi one-to-one* (ovvero *unicast*); possono fornire servizi video, come clip in formato corto, generalmente con una qualità del

*Riproposizione del documento "Long term perspectives of TV Convergence towards 5G: mobile and fixed applications" presentato all'IBC 2017.*

*Le valutazioni riportate nelle Conclusioni mantengono la loro validità anche attualmente.*

*Il 3GPP ha definito nella Release 14 un nuovo sistema eMBMS con caratteristiche che sono ben allineate ai requisiti tecnici, provenienti dal settore dei broadcaster, per i servizi TV.*

*Nel documento vengono analizzate le principali caratteristiche introdotte dalla Release 14 con riferimento sia ad una rete ideale che ad uno scenario reale, considerando una tipica rete broadcast che ricopre l'area intorno alla città di Torino. Si prende in esame sia la ricezione fissa che quella mobile outdoor.*

*L'analisi condotta indica che la Release 14 rappresenta, potenzialmente, uno strumento importante per un possibile scenario di convergenza, aprendo la strada ad un sistema 5G che copre la TV fissa e la TV mobile, utilizzando trasmettitori broadcast o siti degli operatori mobili, consentendo, così, una cooperazione tra i diversi elementi della catena per un uso più efficiente ed economico delle risorse disponibili.*

### Alcuni acronimi utilizzati nell'articolo

SINR: Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio

CP: Cyclic Prefix

CRHL: Coverage area Ratio between High tower and Low Tower

EIRP: Equivalent Isotropic Radiated Power

HTHP: High Tower High Power

LTLT: Low Tower Low Power

\* Versione in italiano, a cura degli autori, del documento *Long term perspectives of TV Convergence towards 5G: mobile and fixed applications* presentato all'IBC 2017.

servizio (QoS, *Quality of Service*) limitata. Tuttavia, l'approccio unicast per eventi live (che richiedono una moltiplicazione dello stesso contenuto TV per ogni utente connesso) mette a dura prova le reti mobili, soprattutto durante i periodi di punta.

Il 3GPP ha definito nella *Release 14* [1] un nuovo sistema eMBMS con caratteristiche ben allineate ai requisiti tecnici e funzionali richiesti per la fornitura di servizi di **TV mobile** in modalità broadcast, servizi caratterizzati da un elevato livello qualitativo dei contenuti video (qualità HD), con QoS garantito (assenza di buffering temporale) e con copertura di estesi territori (paesi, regioni).

Le reti terrestri sono generalmente costituite da torri ad alta potenza (HPHT), per servizi broadcast TV e radio tradizionali, e reti cellulari a bassa potenza (LPLT) per dispositivi di telefonia mobile e comunicazioni multimediali a banda larga. Lo scenario HPHT prevede un numero limitato di trasmettitori ad alta potenza con altezze di antenna elevate e potenza isotropica effettiva irradiata (EIRP) che va da alcuni kW a molte decine di kW. Anche utilizzando pochi trasmettitori, questo tipo di rete consente la copertura di grandi aree di servizio e i contenuti TV di tipo lineare vengono facilmente distribuiti a un pubblico di massa in uno scenario di ricezione fissa. Al contrario, l'architettura LPLT è caratterizzata da una fitta rete di trasmettitori, con livelli di potenza e altezze d'antenna piuttosto bassi, ottimizzati per la comunicazione unicast wireless verso dispositivi portatili e, quindi, più adatti per la copertura indoor anche nelle aree urbane. Per la TV mobile, la *Release 14 del 3GPP* può supportare l'implementazione di reti cooperative HPHT e LPLT, offrendo una significativa riduzione dei costi di realizzazione, come meglio spiegato di seguito.

L'ultimo caso d'uso che la *Release 14 del 3GPP* è in grado di abilitare riguarda la trasmissione di contenuti televisivi di alta qualità a ricevitori televisivi nazionali collegati alle classiche antenne direttive posizionate sul tetto, in sostituzione dei servizi di trasmissione attuali (DVB, ATSC, ISDB-T, ... famiglie di tecnologia). Questo caso d'uso è denominato di seguito **TV fissa**.

In quali bande di frequenze i servizi video sopra citati (ovvero *evento-TV*, *TV mobile* e *TV fissa*) potrebbero essere collocati? Considerando le norme internazionali sull'assegnazione dello spettro, in Europa la **banda a 700 MHz** verrà rilasciata intorno al 2020-2022 e riallocata ai *servizi mobili a banda larga*. Servizi di streaming video secondo la *Release 14 del 3GPP* potranno essere erogati in questa nuova banda allocata o nelle bande di frequenza mobili superiori, con raster di canali mobili standard (ad es. i canali 4G/5G a 5 o 10 MHz per up-link e down-link in duplex a divisione di frequenza). Tuttavia, tali canali, essendo in genere bidirezionale, sono più adatti per i servizi di tipo *evento-TV*, con allocazione dinamica della capacità multicast e unicast in reti mobili LPLT, piuttosto che per i normali servizi di televisione mobile a livello nazionale (solo downlink). Un servizio di *TV mobile* autonomo potrebbe invece utilizzare la banda cosiddetta *SDL* (*Supplemental Down Link*), 738-758 MHz, da assegnare in Europa, a seconda del Paese. Inoltre, la porzione di banda UHF sotto i 700 MHz (il canale raster a 8 MHz) rimarrà riservato alla trasmissione dei servizi DTT (solo downlink) almeno fino al 2030. Secondo il principio di neutralità tecnologica stabilito dalle norme dell'UE, il downlink DVB-T/T2 e la *Release 14 del 3GPP* stand-alone potrebbero essere entrambi adottati in questa banda (la soluzione 3GPP avrebbe bisogno di (5+3) MHz di aggregazione dei canali per sfruttare appieno la larghezza di banda di 8 MHz).

Tuttavia, le normative nazionali potrebbero essere più restrittive e imporre una tecnologia specifica, per evitare la proliferazione tecnologica e garantire l'accesso universale ai servizi. Quindi tali bande di frequenza UHF inferiori a 700 MHz potrebbero essere considerate future candidate per servizi di *TV mobile* e *TV fissa 3GPP*.

Lo studio presentato qui di seguito analizza le principali caratteristiche tecniche della **Release 14 del 3GPP** e ne studia le prestazioni, nelle bande UHF (700 MHz o inferiore a 700 MHz), all'interno di reti sia teoriche che reali (uno scenario concreto relativo all'area intorno alla città di Torino). Vengono presi in considerazione gli scenari *TV mobile* e *TV fissa*. Lo studio si concentra sulla ricezione outdoor in quanto

il consumo di video online indoor, pur continuando ad essere prevalente (70%) rispetto al consumo outdoor, sfrutta essenzialmente banda larga fissa e connessioni WiFi [2].

## RISULTATI DI SIMULAZIONI PER UNA RETE IDEALE

La prima parte del presente studio si concentra sui casi ideali, fornendo una panoramica delle diverse situazioni che si possono incontrare nelle reti reali (i valori dei parametri sono rappresentativi di casi tipici in Italia). Lo scenario di simulazione è descritto in "Appendice - Il modello di simulazione".

Per i servizi di *TV mobile*, come target della percentuale dell'area di copertura si considera il 98%, per una *probabilità di outage* (inteso come disservizio) nelle piccole aree del 2%, mentre per i servizi di *TV fissa* la percentuale di copertura dell'area target è del 95%, per una *probabilità di outage* nelle piccole aree del 5%; entrambe le situazioni sono riferite nel seguito come *copertura di buona qualità*. Per valutare l'efficienza spettrale ottenibile per i servizi di *TV mobile* e *TV fissa*, viene preso in considerazione un approccio *SFN* (*Single Frequency Network*) a livello nazionale.

## RICEZIONE MOBILE

Al fine di valutare i parametri del livello fisico della *Release 14 del 3GPP* per la fornitura di servizi di *TV mobile*, sono state simulate tre diverse configurazioni del trasmettitore: *solo HPHT*, *solo LPLT* e *scenario cooperativo HPHT/LPLT*. Il *SINR* è fissato a 10 dB per una *efficienza spettrale* di circa 2,5 (bit/s)/Hz (ipotizzando 3,5 dB di *fading Rayleigh* e margine di implementazione oltre il limite di Shannon), consentendo la fornitura di 10-15 programmi HD in uno slot di frequenza di 8-10 MHz. Questi valori non sono caratteristici di uno specifico sistema, ma possono essere considerati come rappresentativi dello stato dell'arte di una generica interfaccia radio mobile (ovvero *DVB-T2/Lite* o *Release 14 del 3GPP*).

Le prestazioni di copertura dipendono, generalmente, dalla potenza (*EIRP*) e dall'altezza ( $H_{TX}$ ) del

trasmettitore, dal *prefisso ciclico* (*CP*) di sistema per il funzionamento della *rete SFN* (limitato a 200  $\mu$ s nella *Release 14 del 3GPP*), dalla dimensione dell'area di copertura, dall'*ISD* (*Inter Site Distance*) e dal tipo di ambiente nel quale si opera (rurale, suburbano o denso urbano). Il comportamento di una *rete SFN* va da uno scenario *noise limited*, in cui ad un aumento di *EIRP* corrisponde un aumento proporzionale del *SINR* (questo è in genere il caso in cui altezza e potenza del trasmettitore sono ridotte e con valori di *ISD* elevati), ad uno scenario *limitato dall'interferenza* (l'interferenza proviene dal segnale di trasmettitori distanti, con un ritardo di propagazione maggiore di *CP*), in cui un aumento dell'*EIRP* non produce un significativo aumento del *SINR* (effetto di saturazione per trasmettitori con *EIRP* molto elevata o con *ISD* ridotte).

La Fig. 1(a), nella pagina seguente, mostra, per una rete *HPHT*, la minima *EIRP* necessaria per ottenere un *SINR*=10 dB nel 98% dell'area di copertura con il 2% di *probabilità di outage*, per due altezze di antenna del trasmettitore: curve verdi per  $H_{TX}$ =500 m (ad es. trasmettitore su una montagna) e curve blu per  $H_{TX}$ =200 m (ad es. trasmettitore su una torre). Si considera il modello di propagazione in ambiente suburbano e due valori per il prefisso ciclico:  $CP=200 \mu$ s, come introdotto dalla *Release 14 del 3GPP*, e  $CP=300 \mu$ s, per valutare il vantaggio che un ulteriore l'aumento del *CP* potrebbe fornire (il *DVB-T2* permette diversi valori di *CP*, ad esempio 448  $\mu$ s per il multiplexing a divisione di frequenza *16k-ortogonale*, modalità per far fronte ad una moderata velocità del veicolo). Le linee tratteggiate sono relative alle *reti SFN*; come riferimento, le linee continue si riferiscono alla presenza di un singolo trasmettitore, situazione che rappresenta una rete ideale *multi-frequenza* (*MFN*) priva di interferenze (cioè con un fattore di riutilizzo della frequenza molto grande).

Il guadagno di potenza *SFN* rispetto a *MFN* è chiaramente visibile (linea tratteggiata rispetto linea continua dello stesso colore) quando il *CP* è sufficientemente alto rispetto all'*ISD* e può raggiungere i 10 dB per le piccole *ISD*, mentre si riduce per *ISD* più grandi, quando il *CP* non è sufficiente per far

fronte ai trasmettitori adiacenti. Una copertura di buona qualità può essere garantita con una  $ISD$  di  $60\text{ km}$  e una  $EIRP$  pari a  $12\text{ kW}$  per  $H_{TX}=500\text{ m}$ ; nel caso di  $H_{TX}=200\text{ m}$  è necessaria una  $EIRP$  più alta e l'effetto di un  $CP$  più breve diventa più evidente. L' $EIRP$  richiesto è pari a circa  $100\text{ kW}$  per una  $ISD$  di circa  $50\text{ km}$  e  $CP=200\text{ }\mu\text{s}$ .

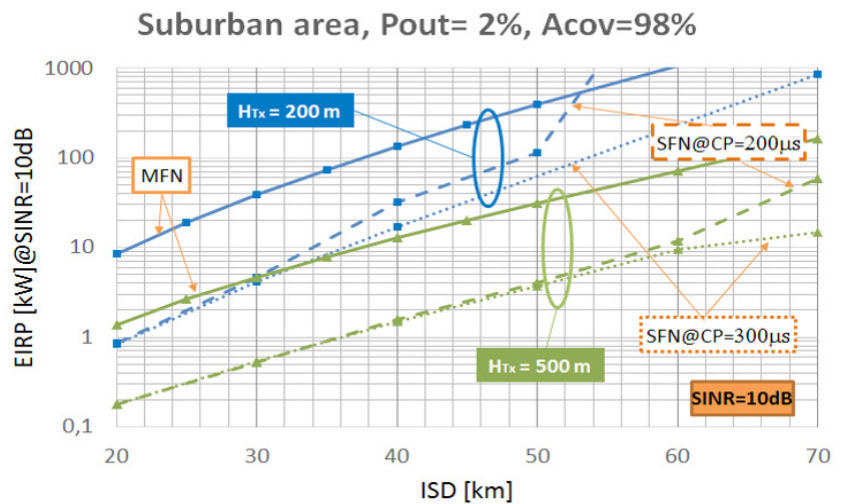
La Fig. 1(b) mostra i risultati della simulazione per una rete  $LPLT$ . Una copertura di buona qualità potrebbe essere garantita dalla rete  $LPLT$  (curve rosse per  $H_{TX}=20\text{ m}$ ) con una  $ISD$  di  $4\text{ km}$  usando una  $EIRP$  pari a  $100\text{ W}$  o una  $ISD$  di  $6\text{ km}$  utilizzandone una pari a  $500\text{ W}$  (applicabile alle celle urbane non affette da forti restrizioni del carico elettromagnetico). Per

confrontare le reti  $HPHT$  e  $LPLT$ , è stato valutato il rapporto (indicato come  $CRHL$ ) tra l'area di copertura del trasmettitore  $HPHT$  e quella del trasmettitore  $LPLT$ . Nei casi esaminati,  $CRHL$  vale circa  $225$  o  $150$ , per trasmettitori  $HPHT$  alti, rispettivamente,  $500\text{ m}$  o  $200\text{ m}$ , messi in relazione con trasmettitori  $LPLT$  da  $100\text{ W}$ . Nel caso di trasmettitori  $LPLT$  da  $500\text{ W}$ ,  $CRHL$  si riduce rispettivamente a  $100$  o  $70$ .

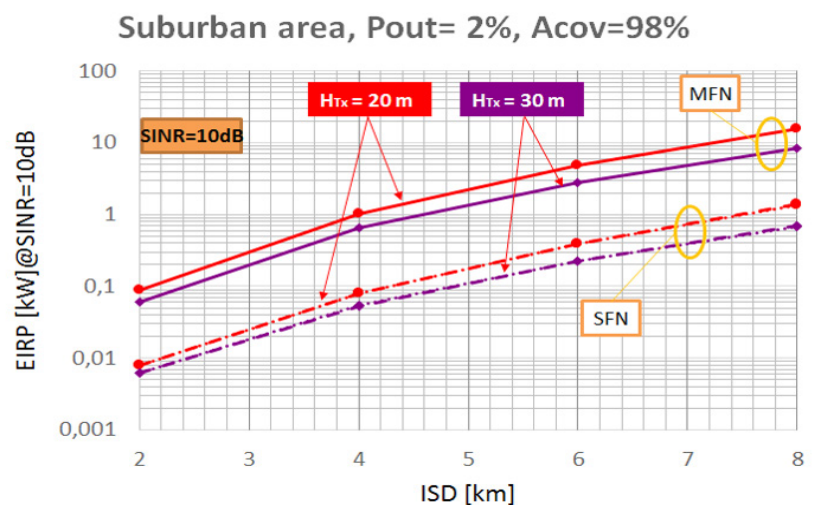
Concentrandosi sul territorio italiano, la copertura dei  $170.000\text{ km}^2$  di aree rurali e di pianura suburbana richiederebbe teoricamente meno di  $100$  siti  $HPHT$  (più precisamente  $60$  per  $H_{TX}=500\text{ m}$ ,  $87$  per  $H_{TX}=200\text{ m}$ ), invece di circa  $6.000$  o  $13.500$  torri mobili  $LPLT$ , a seconda della  $EIRP$  trasmessa. Quando

Fig. 1 – Copertura suburbana:  $EIRP$  minima richiesta al trasmettitore per raggiungere una soglia  $SINR=10\text{ dB}$  in funzione dell' $ISD$  per diverse configurazioni di rete ( $MFN$ ,  $SFN$ ), altezze del trasmettitore ( $H_{TX}$ ) e prefissi ciclici ( $CP$ ).

(a) Rete  $HPHT$



(b) Rete  $LPLT$



si considerano le aree urbane, per la rete HPHT la massima *ISD* si riduce a circa 45 km, a parità di qualità di copertura e per una *EIRP* di 12 kW ( $H_{TX} = 500$  m). Con una *ISD* di 60 km la copertura delle aree urbane con distanza dal trasmettitore maggiore di 15 km non può essere garantita solo dalla rete HPHT ed è, quindi, necessario il coinvolgimento della rete LPLT. In pratica in una rete reale, o si installano nuovi trasmettitori HPHT appena fuori città o si sfrutta la sinergia con le reti LPLT esistenti.

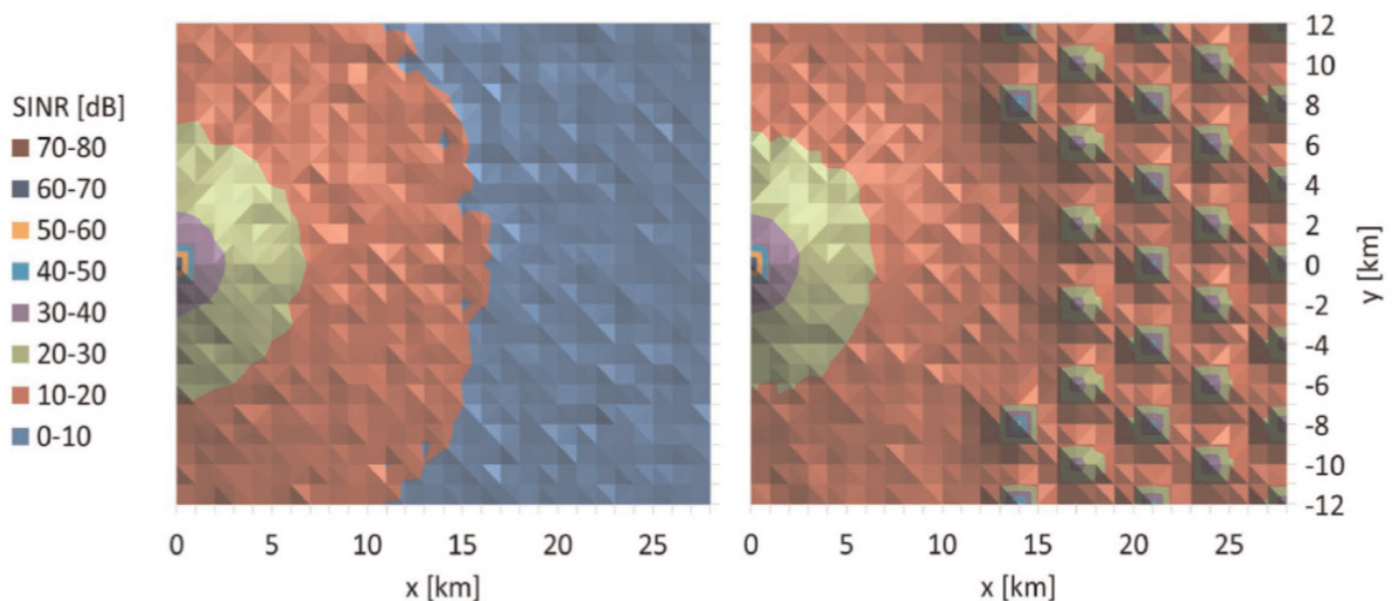
La Fig. 2 mostra le zone di copertura di una rete HPHT (a sinistra) e di una rete cooperativa HPHT/LPLT (a destra) in un ambito urbano.

Nel caso in esempio, la rete HPHT adotta una *ISD* di 60 km con una *EIRP* di 12 kW ( $H_{TX} = 500$  m), mirando così alla piena copertura suburbana del territorio

come mostrato in Fig. 1(a) della pagina precedente; i siti LPLT sono stati inseriti a partire da una distanza di 15-30 km dal trasmettitore HPHT, in modo da completare la copertura urbana. L'*ISD* per un trasmettitore LPLT è pari a circa 2,5-4 km per una *EIRP* di 100-500 W, configurazione che permette di avere una buona copertura urbana outdoor.

Ancora una volta, prendendo l'esempio dell'Italia, senza la rete HPHT la copertura dei 32.000 km<sup>2</sup> di aree densamente urbanizzate richiederebbe, teoricamente, un numero di siti mobili nell'ordine di 2.500 o 6.500, a seconda dell'*EIRP* consentito, mentre con l'impiego di HPHT si risparmierebbe il 25% di tali installazioni urbane, riducendo in modo significativo i costi della rete LPLT urbana e l'impatto elettromagnetico da essa derivante.

Fig. 2 – SINR @ 98% vs distanza dal sito HPHT più vicino, situato in (0,0), in un'area di copertura urbana per uno scenario HPHT (a sinistra) e cooperativo HPHT/LPLT (a destra).



## RICEZIONE FISSA

Per valutare le potenzialità offerte dalla *Release 14 del 3GPP*, rispetto al *DVB-T2*, relativamente alla ricezione fissa con antenna direttiva sul tetto, l'analisi considera un *SINR* target di *19 dB*, corrispondente ad un *DVB-T2 256-QAM con LDPC 2/3*, con un'efficienza spettrale di *5,3 (bit/s)/Hz* (escluse bande di guardia, prefisso ciclico e overhead delle portanti pilota).

Per le reti *HPHT*, la Fig. 3 mostra l'*EIRP* minimo necessario per ottenere un *SINR* target di *19 dB* per una buona qualità della copertura suburbana (che rappresenta anche la copertura urbana densa per la ricezione sul tetto), in funzione dell'*ISD* per diverse altezze delle antenne trasmittenti (curve blu per  $H_{TX}=200\text{ m}$  e curve verdi per  $H_{TX}=500\text{ m}$ ). Come nella sezione precedente relativa alla ricezione mobile, vengono considerati due diversi valori di *CP*: *200 μs*, come stabilito dalla *Release 14 del 3GPP*, e *300 μs*. Come riferimento, le linee continue si riferiscono a un singolo trasmettitore, che rappresenta una rete *MFN* ideale, priva di interferenze (ovvero con fattore di riutilizzo della frequenza molto elevato).

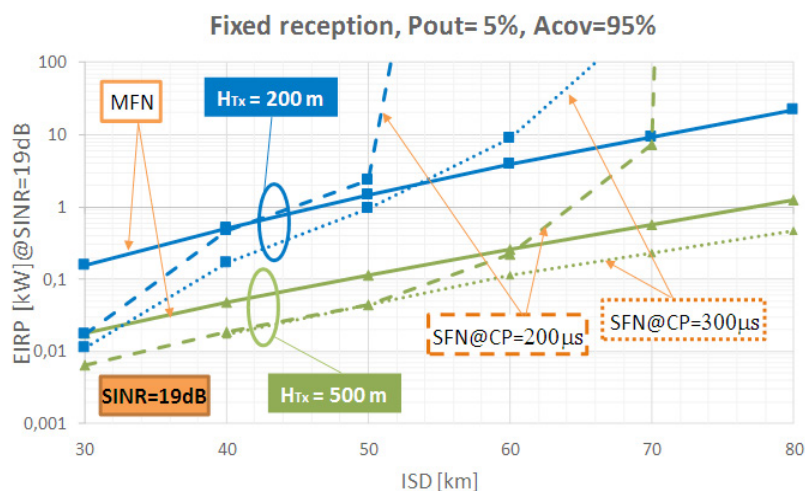
Confrontando la Fig. 1(a) con la Fig. 3, risulta evidente l'enorme differenza di *EIRP* richiesta dalla ricezione mobile rispetto a quella fissa, questo a causa della differenza del guadagno e dell'altezza dell'antenna in ricezione: per un *ISD* pari a *50 km* la *TV mobile* richiede circa *18-20 dB* in più di *EIRP* rispetto alla *TV fissa* in una zona suburbana, tenendo già conto dei

diversi target *SINR* (*10 dB* per *TV mobile*, *19 dB* per *TV fissa*), ma non considerando la ricezione mobile urbana né la ricezione indoor, che aumenterebbe ulteriormente la differenza.

Anche nel caso di ricezione fissa sul tetto, il guadagno di una rete *SFN* rispetto ad una *MFN* è chiaramente visibile (linee tratteggiate rispetto a linee continue di stesso colore) quando il *CP* è sufficientemente elevato rispetto all'*ISD*. Nelle simulazioni, per massimizzare il guadagno della rete, l'antenna ricevente è stata puntata al trasmettitore più forte, anziché al più vicino. Tuttavia, in questo caso, il guadagno non è elevato come quello di un'antenna ricevente omnidirezionale, perché l'antenna direttiva attenua i contributi utili dai trasmettitori circostanti: tale contributo può essere alto anche *4 dB* per piccole *ISD*, in cui il *CP* mantiene l'auto-interferenza di rete bassa, e si riduce a *0 dB* o diventa *negativo* per *ISD* più grandi.

Con  $CP=200\text{ μs}$  esiste un limite netto per l'*ISD* massima, valutabile dell'ordine dei *50 km* per altezze del trasmettitore pari a *200 m*: quindi, per paesi che non possono sfruttare montagne e colline per posizionare i trasmettitori, la *Release 14 del 3GPP* non può supportare *ISD* di grandi dimensioni. Il *3GPP* sta attualmente valutando la possibilità di introdurre nella *Release 16 del 3GPP* nuovi valori di *CP* più grandi, per consentire *ISD* maggiori. Dovrebbero essere presi in considerazione valori allineati con quelli offerti dal *DVB-T2*.

Fig. 3 – *EIRP* minimo richiesto al trasmettitore per raggiungere una soglia *SINR=19 dB* nel 95% dell'area di copertura con una probabilità di outage del 5%, in funzione dell'*ISD* per diverse configurazioni di rete (*MFN*, *SFN*), altezze del trasmettitore ( $H_{TX}$ ) e prefissi ciclici (*CP*).



## RISULTATI DI SIMULAZIONE PER L'AREA METROPOLITANA DI TORINO

Sono stati effettuati test in uno scenario reale per ricezione mobile nell'area metropolitana di Torino. Il software utilizzato, *EMLAB*<sup>®</sup>, ha permesso di effettuare valutazioni radioelettriche, prendendo in considerazione il profilo del terreno e l'alternanza di zone rurali, suburbane e ambienti urbani.

È stata valutata la copertura fornita dalla rete *HPHT* per il 95% delle località, per un target *SINR* di circa *10 dB*, con gli stessi parametri del sistema ricevente utilizzati nelle simulazioni del modello teorico.

In Fig. 4 sono riportati i risultati di copertura per un'area di circa *40 km* di raggio intorno alla città di Torino, area che comprende anche altre piccole aree urbane.

La mappa mostra chiaramente che le aree urbane lontane dal trasmettitore principale (nella fattispe-

cie, il trasmettitore di Torino Eremo) non possono essere coperte con buona qualità dalla sola rete *HPHT* (altre zone scarsamente servite sono quelle collinari o montuose). Per questo motivo, per servire le piccole aree urbane evidenziate con i cerchi rossi, sono necessari anche dei trasmettitori *LPLT*. Da notare che la simulazione considera solo i trasmettitori *HPHT* che coprono l'area rappresentata; i trasmettitori *HPHT* lontani (al di fuori dell'area esaminata) possono causare gravi interferenze per le quali potrebbe essere necessario un *CP* più grande.

## CONCLUSIONI

Questo studio indica che la **Release 14 del 3GPP** offre un importante strumento per la corretta diffusione, dopo il 2020, dei servizi TV nella banda *UHF*: a livello fisico si comporta in modo simile al *DVB-T2* per determinate *ISD* e ci si aspetta che le prossime versioni dello standard possano introdurre anche *CP* più grandi (fino a *500 μs*) per *ISD* più grandi.

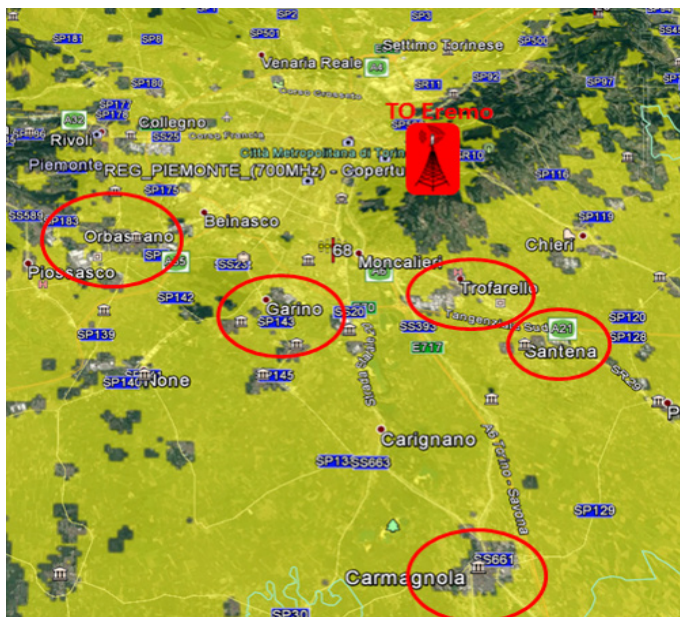


Fig. 4 – Mappa della copertura per ricezione mobile dell'area intorno a Torino

La tecnologia 3GPP offre soluzioni mobili sia per il caso d'uso **evento TV** (ad es. distribuzione locale di concerti dal vivo e di eventi sportivi per un periodo di tempo limitato) sia per il ben più ambizioso caso d'uso **TV mobile** che prevede un servizio di televisione mobile regolare a livello nazionale. In quest'ultimo caso le nuove funzionalità introdotte nella *Release 14 del 3GPP* consentono l'implementazione di una rete *SFN* a basso costo basata su:

- una rete *HPHT* (in genere, co-locata con una rete broadcast convenzionale), con un *ISD* dell'ordine di 50-60 km, che copre le aree rurali, suburbane e urbane nelle vicinanze (10-15 km) dei trasmettitori;
- una rete *LPLT* complementare per le aree urbane situate più lontano dai trasmettitori *HPHT* (non tutti i siti mobili dovrebbero essere utilizzati, poiché l'*ISD* richiesto sarebbe di circa 2,5-4 km).

Rispetto ad una rete *LPLT* a livello nazionale, questa configurazione di rete cooperativa *HPHT/LPLT* richiederebbe un numero decisamente inferiore di trasmettitori per coprire la stessa area (il fattore di moltiplicazione è compreso tra 70 e 225, a seconda della *EIRP* massima delle *LPLT* e delle altezze delle *HPHT*). Il grande vantaggio di questa soluzione, rispetto ad un puro sistema broadcast (cioè *DVB/T2-Lite* o *DVB-NGH*), è che permette di sfruttare la disponibilità diffusa delle tecnologie 3GPP all'interno dei dispositivi mobili. Resta da dimostrare che sia sufficiente superare questo fattore di blocco per rilanciare il business case della *TV mobile*.

Più complessa è l'analisi su un possibile ruolo della *Release 14* (o future soluzioni 5G/6G) nel fornire servizi di **TV fissa** durante o dopo il prossimo decennio 2020-2030. Da un'analisi puramente tecnica ed economica, fondere i servizi di *TV fissa* e *TV mobile* sulla stessa rete è discutibile in termini di potenza e di ottimizzazione dello spettro. Come dimostrato in questo studio e ampiamente accettato nella comunità tecnica, le condizioni di ricezione (stabilite dal *SINR* disponibile) per antenne fisse sul tetto e per ricevitori mobili differiscono di tre o più ordini di grandezza, anche ignorando la ricezione indoor.

Lo studio presentato in questo articolo mostra che la copertura urbana necessita solo di una rete ausiliaria *LPLT* per *TV mobile*, non per la *TV fissa*. Pertanto, le efficienze spettrali ottenibili sono molto diverse (circa 2,5 (bit/s)/Hz per la *TV mobile*, 5 (bit/s)/Hz per la *TV fissa*) e riflettono bene i diversi requisiti sulla qualità dei diversi contenuti TV (gli schermi portatili da 5"-12" richiedono velocità di trasmissione video decisamente inferiori rispetto agli schermi TV fissi da 40"-60"). Tutti questi fattori indicano che, sebbene l'infrastruttura di rete *HPHT broadcast*, originariamente progettata per la *TV fissa*, possa essere molto utile per implementare la *TV mobile 3GPP* a basso costo, questi servizi non convergeranno su un singolo segnale emesso.

Restano alcune domande:

- esiste qualche ulteriore driver tecnico o economico per convertire la *TV fissa* alla tecnologia 3GPP, o l'attuale dualità 3GPP/DVB continuerà? Una vasta gamma di elementi pubblicitari influenzeranno tale evoluzione futura, dato che le prestazioni tecniche del 3GPP potrebbero includere il *DVB* in future *Release 5G*.
- La *3GPP Release 14* sarà implementata in maniera massiccia nei prossimi dispositivi portatili, e verranno coperte anche le bande sotto i 700 MHz e i canali a 8 MHz?
- Quali economie di scala si potrebbero ottenere utilizzando le tecnologie 3GPP anche nei ricevitori TV?
- Quali saranno gli ostacoli che la migrazione dalla tecnologia *DVB* alla tecnologia 3GPP dovrà affrontare, a causa della popolazione di ricevitori TV legacy attualmente in servizio?
- Come evolveranno e le compagnie di reti mobili nel futuro?

A meno che non si verifichi un significativo cambiamento dell'ecosistema, pochi elementi sembrano finora spingere verso la convergenza.



## APPENDICE - IL MODELLO DI SIMULAZIONE

La struttura SFN considerata nelle valutazioni di copertura è un reticolo esagonale di trasmettitori (Fig. 5), dove  $N$  trasmettitori HPHT ( $N$  è il numero minimo di elementi affinché la rete sia considerata idealmente infinita) sono sistemati regolarmente secondo una ISD specificata. Il modello di simulazione consente di aggiungere trasmettitori LPLT (punti rossi nella figura) al bordo dell'area di copertura del trasmettitore HPHT, se necessario per raggiungere il QoS prefissato.

I programmi MATLAB® implementati eseguono simulazioni Monte Carlo per calcolare il SINR per ciascun punto di ricezione dell'area esaminata, considerando come interferenti tutti i segnali che presentano un ritardo sopra la durata del CP, assumendo l'intervallo di equalizzazione, come definito in ([3], clausola 3.5), uguale al CP. A seconda del metodo di stima del canale, esso potrebbe essere grande quanto la durata del simbolo. Quindi i risultati dello studio possono essere considerati come caso peggiore.

Il modello di propagazione è quello definito nella Raccomandazione ITU-R P.1546-5 [4], che riporta le curve dell'intensità del campo per almeno il 50% delle posizioni all'interno di qualsiasi piccola area

di circa  $500\text{ m} \times 500\text{ m}$  e per il 50%, il 10% e l'1% del tempo, in funzione della distanza dal trasmettitore, per un EIRP di 1 kW.

Per garantire la copertura del servizio al 99% del tempo, come suggerito da raccomandazioni internazionali e studi di pianificazione [3], i segnali utili sono considerati al 50% del tempo, mentre gli interferenti all'1%.

Si assume che le variazioni statistiche dell'intensità di campo nelle piccole aree seguano una distribuzione log-normale con una deviazione standard  $\sigma=5,5\text{ dB}$ . Il target relativo alla percentuale di localizzazioni nell'area piccola per una ricezione di buona qualità è fissato al 95% per una ricezione fissa sul tetto e al 98% per la ricezione mobile.

Sono state considerate diverse EIRP e diverse altezze per i trasmettitori HPHT e LPLT. Le antenne trasmettenti sono onnidirezionali nel piano orizzontale, mentre nel piano verticale si considera un pattern di direttività (Fig. 6) per ridurre le auto-interferenze della rete, come tipicamente si fa per le antenne reali: precisamente, il massimo 0 dB è impostato a  $0^\circ$ , -3 dB a  $1^\circ$ , poi l'attenuazione aumenta linearmente fino a -22 dB a  $3^\circ$  (per semplicità, è stata considerata

Fig. 5 – Configurazione del trasmettitore HPHT/LPLT cooperativo

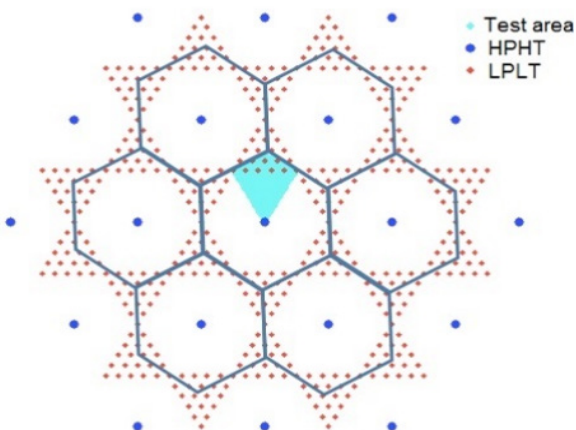
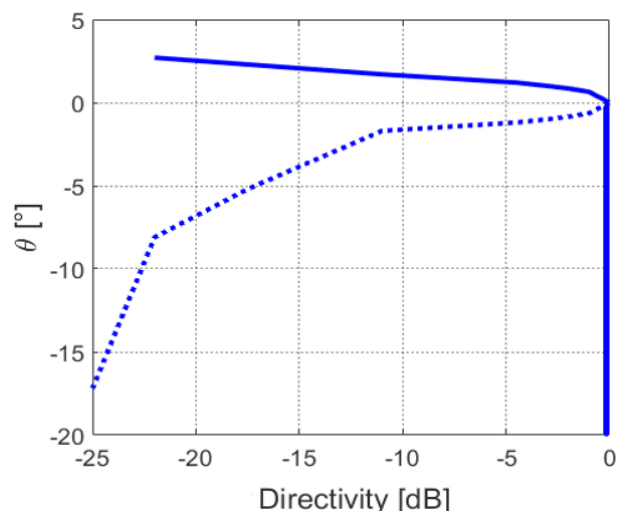


Fig. 6 – Direttività dell'antenna trasmittente nel piano verticale (per tilt =  $0^\circ$ )



una EIRP costante per gli angoli negativi, senza influenzare i risultati della simulazione, poiché le aree critiche si trovano al limite dell'area di copertura del trasmettitore). Inoltre, la direttività dell'antenna è *tiltata* verso il basso per avere un'attenuazione di -3 dB al bordo dell'area di servizio.

Il terminale di ricezione mobile è, in genere, un dispositivo portatile considerato ad un'altezza di 1,5 m con una singola antenna con un guadagno di -3,5 dBi, valore tipico considerato in letteratura [3] ipotizzando la presenza dell'auricolare. Nello scenario fisso sul tetto, il ricevitore si trova a 10 m sopra il

livello del suolo con un'antenna direzionale avente un guadagno di 9,15 dB (valore ricavato da [3] considerando 4 dB di perdita del cavo) il cui modello di direttività è definito in [5]: 0 dB nell'intervallo  $\pm 20^\circ$ , in calo linearmente da 0 dB a  $\pm 20^\circ$  a -16 dB a  $\pm 60^\circ$ .

La reale copertura del territorio italiano è stata calcolata utilizzando il modulo software EMLAB® di Aldena che valuta la copertura radioelettrica utilizzando un modello di terreno dettagliato e il modello di propagazione della Raccomandazione ITU-R P.1812-4 [6].

### BIBLIOGRAFIA

- [1] 3GPP TR 38.913 v0.4.0 (2016-06), *3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on scenarios and requirements for next generation access technologies; (Release 14)*, <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2996>
- [2] OFCOM Digital Day, 2016
- [3] Report ITU-R BT.2254-2 (11/2014), *Frequency and network planning aspects of DVB-T2*, BT Series, Broadcasting service (television), [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-BT.2254-2-2014-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-BT.2254-2-2014-PDF-E.pdf)
- [4] Recommendation ITU-R P.1546-5 (09/2013), *Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 to 3000 MHz*, P Series, Radio-wave Propagation, [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-5-201309-S!!PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-5-201309-S!!PDF-E.pdf)
- [5] Recommendation ITU-R BT.419-3 (1992), *Directivity and polarization discrimination of antennas in the reception of television broadcasting*, [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.419-3-199006-!!PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.419-3-199006-!!PDF-E.pdf)
- [6] Recommendation ITU-R P.1812-4 (07/2015), *A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF bands*, P Series, Radiowave propagation, [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1812-4-201507-!!PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1812-4-201507-!!PDF-E.pdf)