

LTE e impianti di ricezione TV:

Possibili tecniche di mitigazione delle interferenze

Assunta **De Vita**, Davide **Milanesio**, Bruno **Sacco Rai** - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica

Aldo **Scotti**
RaiWay - Innovazione Sperimentazione Certificazione Radioelettrica

1. INTRODUZIONE

A seguito della Conferenza Mondiale sulle Radiocomunicazioni del 2007 (WRC-07), l'Unione Europea ha deciso di assegnare una porzione dello spettro nella banda UHF, tra 790 e 862 MHz, ai servizi di telefonia mobile a standard LTE. La coesistenza in bande di frequenza contigue di servizi broadcast e cellulari, all'interno della banda UHF tradizionalmente utilizzata per la distribuzione TV, può in alcuni casi determinare problemi alla ricezione dei segnali televisivi.

Le zone più critiche sono le fasce periferiche all'interno dell'area di copertura dei trasmettitori DTT, se una Base Station LTE operante nella banda a 800 MHz è installata a breve distanza (figura 1).

Infatti, essendo i componenti degli impianti d'antenna TV e gli stessi apparecchi televisivi progettati per funzionare sull'intera banda UHF, ricevono il segnale LTE emesso dalle Base Station o dai terminali di utente la cui potenza può essere, in alcune situazioni, superiore a quella dei segnali DTT; in alcuni casi, questa eccessiva

La presenza di segnali LTE all'interno della banda UHF tradizionalmente utilizzata per la distribuzione dei segnali televisivi, potrà in alcuni casi portare a situazioni interferenziali. Uno dei problemi maggiori che si sta presentando, nel caso di impianti di ricezione TV con amplificazione a larga banda, molto diffusi in Italia, è la saturazione dell'amplificatore, dovuta all'elevato livello dei segnali d'ingresso con generazione dei prodotti di intermodulazione e conseguenti disturbi su tutti i canali televisivi.

A tale scopo, il presente articolo intende fornire suggerimenti e indicazioni per la messa in opera sull'impianto ricevente di tecniche per la mitigazione delle interferenze.

È posto particolare riguardo all'installazione al centralino d'antenna di un "filtro LTE", di cui il CEI ha specificato le caratteristiche tecniche adeguate all'utilizzo in un "caso tipico", senza tralasciare altre possibili tecniche, quali una riduzione del guadagno dell'amplificatore, la variazione del puntamento o lo spostamento dell'antenna ricevente, l'utilizzo di centralini canalizzati, ecc.

Resta inteso che è fondamentale affidarsi alla professionalità di installatori qualificati, ai quali spetta il compito di individuare caso per caso la soluzione più appropriata, economicamente sostenibile e duratura nel tempo.



Fig. 1 - Impianti riceventi DTT in prossimità di una Base Station LTE.

potenza interferente ricevuta potrebbe causare la saturazione dell'amplificatore di testa, con conseguenti disturbi su tutti i canali TV. Analogamente per gli apparecchi televisivi, i segnali adiacenti alla banda DVB-T, ed in particolare al canale 60, se superano determinati livelli di protezione possono compromettere la ricezione del segnale DTT (in tal caso si parla di interferenza da canale adiacente).

In un altro articolo pubblicato su questo stesso numero di *Elettronica e Telecomunicazioni* vengono riportati i risultati di simulazioni estensive, relative a uno scenario reale e basate sui corretti criteri di valutazione indicati dalla normativa internazionale (ITU-R), tese a valutare l'interferenza dovuta all'intermodulazione generata nel centralino dell'impianto d'antenna [1].

In questo lavoro vengono forniti suggerimenti e indicazioni per la messa in opera sull'impianto ricevente di tecniche per la mitigazione delle interferenze sopra citate.

L'ampia varietà nelle tipologie di impianti per la ricezione televisiva e nei livelli dei segnali ricevuti in antenna rende impossibile suggerire un modo univoco per ripristinarne la corretta funzionalità in presenza di interferenze dovute a segnali LTE. In questa fase è quindi fondamentale affidarsi alla professionalità di installatori qualificati, ai quali spetta il compito di individuare caso per caso la soluzione più appropriata, economicamente sostenibile e duratura nel tempo. Infatti, per questo tipo di problematiche, il "fai-da-te" è sconsigliato: in assenza di strumentazione adeguata (misuracampo) e solide competenze tecniche, non è possibile neppure identificare con certezza la causa del malfunzionamento dell'impianto (interferenze da LTE o guasto di un apparato?), né tantomeno individuare il rimedio più appropriato e infine verificare se questo rimedio consenta di garantire un adeguato margine di ricezione.

2. IL QUADRO NORMATIVO

Il Decreto Ministeriale del 22 gennaio 2013, entrato in vigore il 31 gennaio 2013, all'art. 6 impone che "i nuovi impianti d'antenna riceventi del servizio di radiodiffusione devono operare esclusivamente nelle bande di frequenze attribuite al servizio di radiodiffusione terrestre e satellitare" [2].

Per quanto riguarda gli impianti preesistenti, la Fondazione Ugo Bordoni ha attivato un numero verde e un sito Internet^{Nota 1} per la segnalazione dei disservizi da parte degli utenti o degli amministratori di condominio: accedendo a questo servizio, nei casi in cui il disturbo sia effettivamente ascrivibile ai segnali LTE, l'intervento di ripristino e i relativi costi sono a carico degli operatori telefonici assegnatari della licenza.

Lo stesso D.M. 22/1/2013 inoltre, in riferimento alla conformità di progettazione, installazione e manutenzione degli impianti centralizzati d'antenna, richiama la Guida CEI 100-7 [3]. Questa Guida, recentemente aggiornata proprio per includere le problematiche relative alla coesistenza di segnali TV e LTE nella banda UHF, include, tra le altre cose:

- L'indicazione delle misure da effettuare da parte dell'installatore per determinare l'attenuazione necessaria del filtro LTE, in modo da evitare fenomeni di intermodulazione al centralino. In particolare, è necessario ripristinare i corretti livelli all'ingresso dell'amplificatore, facendo sì che i segnali LTE in downlink abbiano potenza non superiore di 3 dB rispetto ai segnali DTT: questo permette di mantenere il punto di lavoro dell'amplificatore prossimo al valore nominale.
- Le specifiche di un "filtro LTE" da utilizzarsi in un caso tipico. I parametri principali indicati sono i seguenti:
 - ✓ La massima perdita di inserzione nella banda dei segnali TV (entro 1,5 dB fino al canale 59; 2 dB alla frequenza centrale del canale 60),
 - ✓ La minima attenuazione nella banda dei segnali LTE in downlink (15 dB a 791 MHz, 30 dB a partire da 793 MHz).

Gli altri parametri specificati includono il return loss (almeno 10 dB), la variazione della risposta in ampiezza (entro 6 dB) e del ritardo di gruppo (entro 90 ns) sul canale 60^{Nota 2}, la minima attenuazione alle frequenze LTE in uplink (almeno 15 dB), il campo di temperatura (da -10 a +55 °C)^{Nota 3}.

3. POSSIBILI INTERVENTI SUGLI IMPIANTI RICEVENTI

Come detto, l'individuazione del rimedio più appropriato spetta alla competenza dell'installatore. In questo paragrafo vengono fornite alcune possibili indicazioni, che andranno valutate di volta in volta.

3.1 FILTRO LTE

L'installazione di un filtro LTE sull'impianto di ricezione sarà presumibilmente la tecnica di mitigazione risolutiva nella maggior parte dei casi, come verificato anche per via simulativa [1].

Il filtro deve essere installato al centralino, prima di ogni elemento attivo della distribuzione (figura 2): nel sottotetto in caso di amplificatori autoalimentati, oppure all'esterno in caso di amplificatori da palo^{Nota 4}.

Nota 1 - Numero verde: 800 126 126; sito Internet: <http://helpinterferenze.it>.

Nota 2 - I valori di variazione della risposta in ampiezza e del ritardo di gruppo sul canale 60 si intendono misurati nella banda di 7,61 MHz attorno alla frequenza centrale di 786 MHz (larghezza di banda effettivamente occupata da un segnale DVB-T).

Nota 3 - Campo di temperatura in cui deve essere indicata la tolleranza dei parametri specificati.

Nota 4 - In presenza di antenne con dipolo attivo, l'inserzione del filtro comporta la disattivazione dell'amplificatore integrato nell'antenna e l'utilizzo di un amplificatore separato.

Due anni fa, all'epoca della pubblicazione di un precedente articolo sul tema su questa rivista [4], le caratteristiche dei filtri LTE disponibili erano inadeguate. Oggi invece, grazie al concorso dell'industria e con un ruolo di primo piano per le aziende italiane, sono facilmente reperibili e a costi sostenibili numerosi prodotti rispondenti alle specifiche definite dalla Guida CEI 100-7.

Le fotografie di alcuni filtri LTE sono mostrate nella figura 3.

Fig. 2 - Installazione di un "filtro LTE" al centralino.

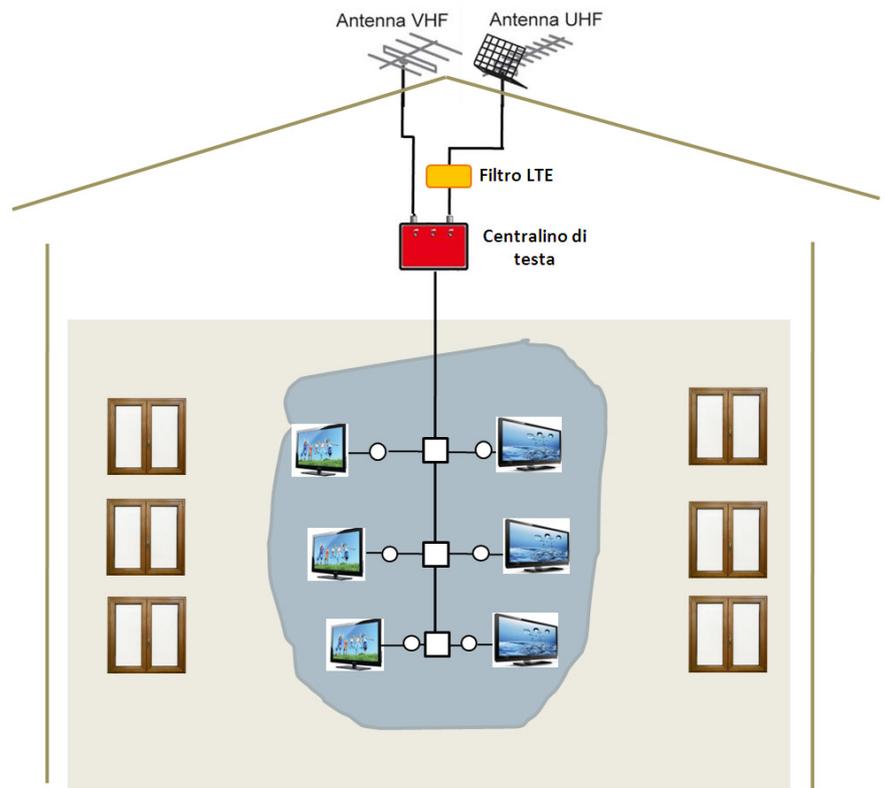


Fig. 3 - Fotografie di alcuni filtri LTE.

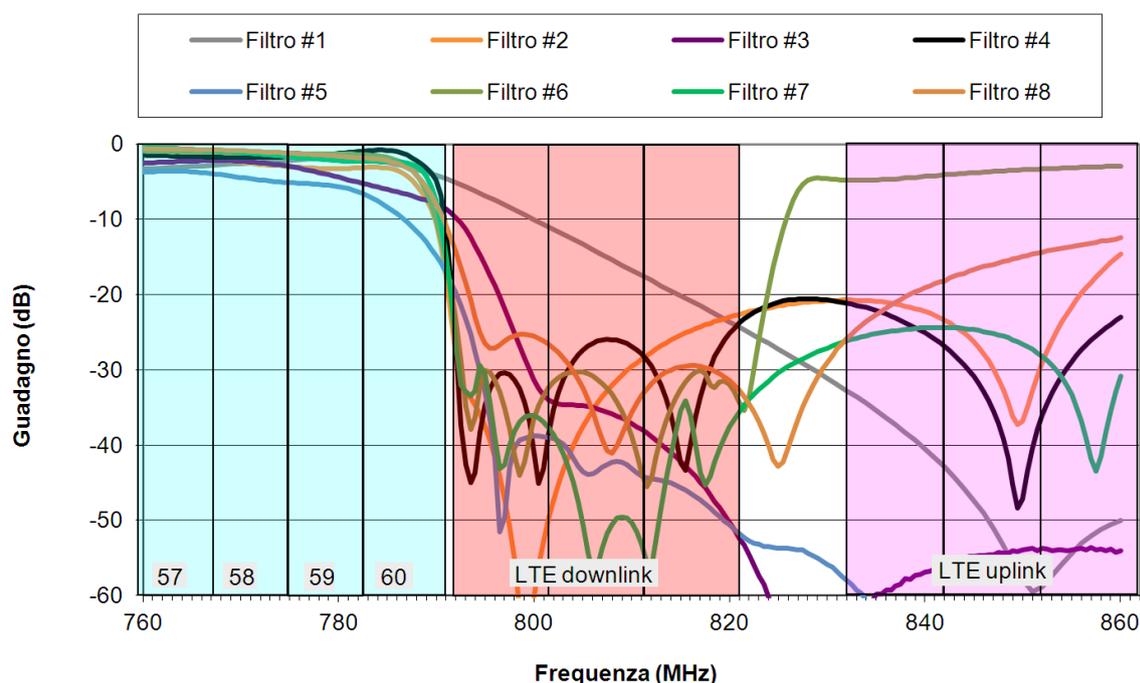


Fig. 4 - Curve livello-frequenza di alcuni filtri commerciali.

Va però sottolineato che non tutti i prodotti sul mercato hanno le stesse prestazioni. Presso il Centro Ricerche Rai sono stati caratterizzati diversi prototipi o modelli commerciali di filtri LTE^{Nota 5}. La figura 4 riporta la curva livello-frequenza per alcuni di questi esemplari.

Come si vede, a fianco di modelli che rispettano la maschera definita dal CEI, alcuni modelli (ad esempio il filtro #1) sono poco efficaci nel mitigare gli effetti dei segnali LTE in downlink, mentre sarebbero comunque adatti a limitare gli eventuali disturbi generati dai segnali in uplink direttamente sul televisore; alcuni modelli (ad esempio il filtro #3 o il filtro #5) hanno una perdita d'inserzione eccessiva sui canali televisivi (e in particolare sul canale 60), causando una riduzione significativa del margine di ricezione anche in assenza dei segnali LTE; alcuni modelli (ad esempio il filtro #3) hanno una attenuazione limitata sul primo blocco LTE in downlink, e sono quindi efficaci soltanto se quel segnale non è presente in antenna con livelli elevati.

Come detto, l'attenuazione minima richiesta al filtro deve essere valutata caso per caso dall'installatore, in funzione dell'entità dell'interferenza effettivamente presente sull'impianto.

Un esempio è mostrato nella figura 5.

La figura 5a riporta lo spettro dei segnali in antenna (prima dell'amplificatore a larga banda)^{Nota 6}, rilevato mediante un misuracampo. I segnali DTT più elevati hanno un livello di circa 64 dB(μV).

Nota 5 - Le misure sono state effettuate su campioni realizzati prima della pubblicazione della nuova edizione della Guida CEI 100-7.

Nota 6 - Il segnale LTE è stato generato in laboratorio mediante un generatore di forme d'onda arbitrarie (AWG) Anritsu MG3700A, a partire da sequenze di campioni relative ad un segnale LTE con carico 100% [4], e quindi sommato ai segnali DTT ricevuti in antenna.

La figura 5b mostra un dettaglio dello spettro del segnale LTE ricevuto in antenna, con la relativa misura del livello. I misuracampo di ultima generazione, o aggiornati ad una versione di software recente, potrebbero essere già in grado di valutare correttamente i livelli dei segnali LTE; invece, con apparati più vecchi, come quello utilizzato nelle misure della figura 5, occorre invece adottare alcuni accorgimenti:

- La frequenza centrale dei segnali LTE deve essere impostata manualmente (796 MHz per il Blocco A, 806 MHz per il Blocco B e 816 MHz per il Blocco C), poiché la canalizzazione LTE in Italia è a passi di 10 MHz, e non di 8 MHz come per i canali TV^{Nota 7}.
- Allo stesso modo, la misura effettuata dallo strumento è relativa ad un canale di 8 MHz: per stimare correttamente la potenza di un segnale LTE con larghezza di banda 10 MHz, al valore letto sullo strumento si deve sommare circa 1 dB.

Di conseguenza, nel caso in esame, la potenza del segnale LTE in antenna è di circa 92 dB(μV).

Sulla base di queste misure, l'attenuazione minima del filtro LTE, in accordo con la Guida CEI 100-7 [3], risulta quindi pari a:

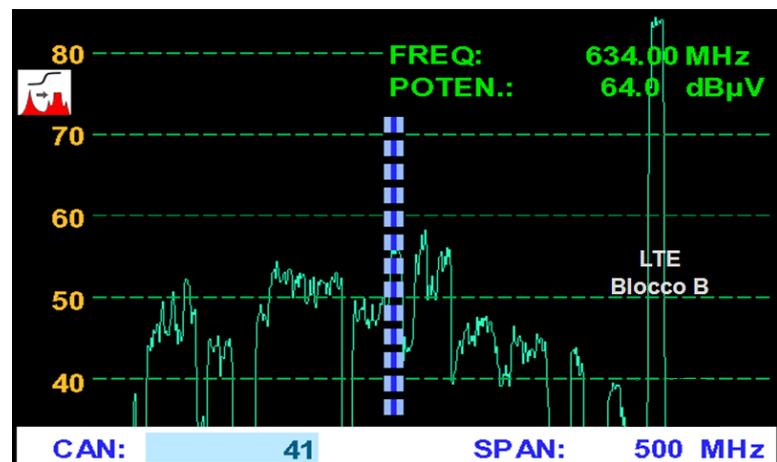
$$Att_{min} = P_{LTE,max} - P_{DTT,max} - 3 \text{ dB}$$

ovvero, nell'esempio specifico, circa 25 dB. Ciò significa che in questo caso l'utilizzo di un filtro in accordo con le specifiche CEI sarebbe risolutivo.

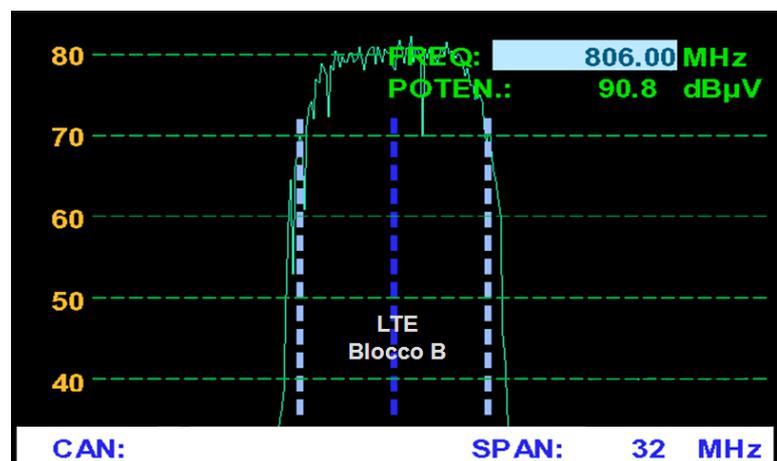
La figura 5c riporta lo spettro dei segnali dopo l'installazione del filtro LTE. Si può notare che i segnali DTT si sono ridotti di meno di 1 dB, mentre il segnale LTE ha ora un livello inferiore

Nota 7 - Molti modelli di misuracampo consentono comunque di impostare delle liste di canali personalizzate: in questo modo è quindi possibile costruirsi una propria lista di canali che comprenda le frequenze dei blocchi LTE, velocizzando le operazioni di misura.

a)



b)



c)

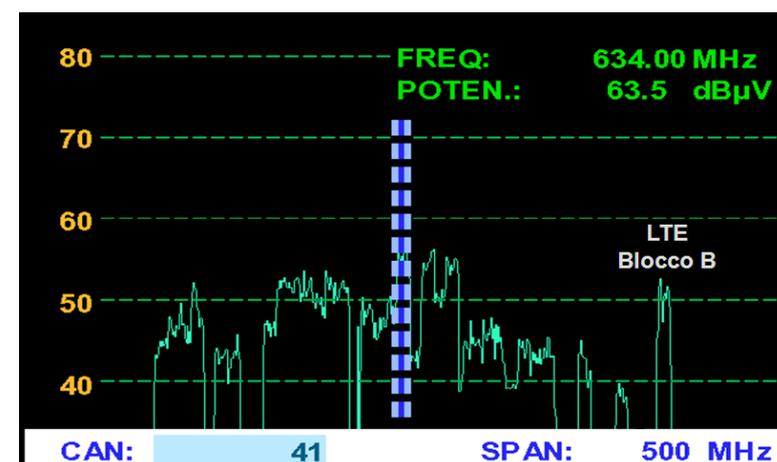


Fig. 5 - Misure sui livelli in antenna per la determinazione dell'attenuazione necessaria del filtro LTE. a) Segnali in antenna; b) Dettaglio sul segnale LTE in antenna; c) Segnali all'uscita del filtro LTE.

rispetto ai segnali DTT, scongiurando il rischio di intermodulazione dell'amplificatore di testa.

La valutazione dell'attenuazione necessaria del filtro secondo la procedura sopra descritta può essere però particolarmente complessa a causa della variabilità del segnale LTE, per due fattori.

Il primo fattore consiste nel fatto che la potenza effettiva di un segnale LTE non è costante, ma può variare in modo significativo, in funzione del traffico istantaneo generato dagli utenti nella cella. La figura 6a mostra un esempio di spettro di potenza di un segnale LTE: attualmente, in assenza di traffico ge-

nerato dagli utenti, la cella è in "idle" e la potenza è molto bassa; si notano soltanto le portanti relative ai "Reference Signals". Per avere una prima stima della potenza che potrà essere effettivamente ricevuta in antenna con la cella a pieno carico, nella figura 6b lo spettro è stato visualizzato attivando la funzione "max hold"^{Nota 8}.

Il secondo fattore consiste nel fatto che la situazione è ancora in divenire: al momento della misura su uno specifico impianto, non tutti gli operatori assegnatari potrebbero avere già attivato le rispettive celle LTE a 800 MHz.

Questo significa che il numero dei segnali LTE ricevuti in antenna e la loro potenza sono destinati a crescere nei prossimi mesi o anni: in questa fase, qualora si debba intervenire su un impianto, è quindi buona norma agire in modo cautelativo, inserendo già un filtro come raccomandato dalla Guida CEI 100-7^{Nota 9}.

Nota 8 - La funzione "max hold" è disponibile sugli analizzatori di spettro e su alcuni modelli recenti di misuracampo. In assenza di questa funzione, il valore di potenza a pieno carico deve essere stimato manualmente.

Nell'esempio mostrato nella figura 6, riferito a un caso reale registrato a Torino nel mese di luglio 2013, si può vedere che il segnale LTE, ricevuto da una cella lontana, anche a pieno carico avrà un livello inferiore rispetto ai segnali DTT, pertanto sull'impianto in esame non ci si attende un degradamento delle prestazioni.

Nota 9 - Si deve in ogni caso tenere conto che le caratteristiche di questo tipo di filtro, sufficienti in un caso "tipico", non copriranno la totalità degli impianti: esisteranno cioè situazioni particolarmente critiche, per la vicinanza e la direzione delle antenne LTE, abbinate al basso livello dei segnali DTT ricevuti nell'area, in cui potranno essere necessari ulteriori accorgimenti.

Una soluzione che in alcuni casi potrebbe rivelarsi empiricamente efficace è l'inserzione di due filtri LTE in cascata (le attenuazioni si sommano). Si rammenta però che questo intervento renderebbe l'impianto non più a norma per quanto riguarda la curva di risposta sui canali TV, in particolare sul canale 60.

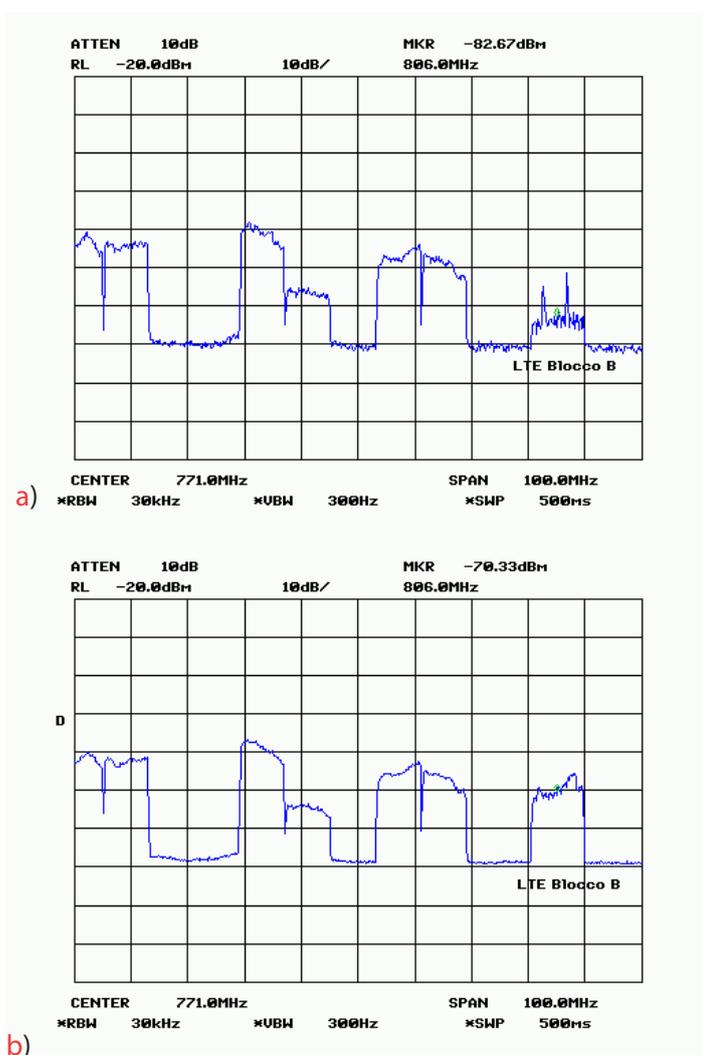


Fig. 6 - Spettro di potenza di un segnale LTE ricevuto in antenna. a) In "idle"; b) Misura in modalità "max hold"

3.2 AMPLIFICATORI CON FILTRO LTE INCORPORATO

Nel caso di impianti nuovi, è possibile utilizzare amplificatori UHF a larga banda con frequenza di taglio già limitata a 790 MHz: in questi modelli, di recente costruzione, è già integrato un filtro LTE sull'ingresso.

Si noti però che, in molti casi, per ragioni di costo o di ingombro, le caratteristiche del filtro LTE integrato nell'amplificatore potrebbero non rispecchiare la maschera della Guida CEI 100-7^{Nota 10}.

Spetta quindi all'installatore la verifica che, nel caso interferenziale specifico, le caratteristiche del componente utilizzato siano adeguate: ove non lo fossero, è necessario installare un filtro esterno, abbinato ad un amplificatore tradizionale.

3.3 ANTENNE "LTE-FREE"

Sui cataloghi dei prodotti per impianti TV si possono oggi trovare nuove antenne UHF etichettate con termini del tipo "LTE-free". Si tratta di prodotti di due tipologie:

- a. Antenne che presentano una modifica nella struttura meccanica, in alcuni casi brevettata, per variarne la risposta in frequenza rispetto al modello "tradizionale", riducendo il guadagno sulle frequenze superiori a 790 MHz (figura 7). Come si può vedere, la differenza di guadagno tra il canale 60 e i blocchi LTE è bassa (tra 1 e 3 dB nel caso raffigurato), pertanto la sostituzione dell'antenna esistente con un'antenna di questo tipo non è una tecnica di mitigazione di per sé efficace, e avrebbe un effetto molto minore rispetto all'inserimento di un buon filtro. Questo tipo di antenna può essere tuttavia una scelta

corretta nel caso di nuovi impianti, poiché il suo utilizzo può agevolare il compito delle eventuali altre tecniche di mitigazione.

- b. Antenne con integrato un filtro LTE realizzato con componenti circuitali: queste antenne consentono una maggiore attenuazione dei canali LTE rispetto al caso precedente, ma comunque generalmente inferiore rispetto ai filtri in accordo con la maschera CEI 100-7, a causa delle esigenze di ridotto ingombro (e costo). Anche in questo caso spetta all'installatore valutare se, nel caso interferenziale specifico, questo tipo di filtro è sufficiente, o non sia invece preferibile un filtro esterno abbinato ad un'antenna tradizionale.

3.4 RIDUZIONE DEL GUADAGNO DELL'AMPLIFICATORE

L'entità dei prodotti di intermodulazione generati al centralino dipende dal punto di lavoro dell'amplificatore.

Nell'intorno del livello d'uscita nominale, la caratteristica ingresso-uscita di un amplificatore non-lineare può essere approssimata con il suo sviluppo in serie di potenze troncato al 3° ordine [4]. Ne consegue che, ad ogni aumento di 1 dB del guadagno, il livello d'uscita del segnale aumenta di 1 dB, mentre i prodotti di intermodulazione aumentano di 3 dB: il C/I dovuto ad intermodulazione si riduce quindi di 2 dB per ogni dB di guadagno.

Come ulteriore tecnica di mitigazione è quindi possibile ridurre il guadagno dell'amplificatore rispetto al valore nominale, facendo cioè lavorare l'amplificatore in una zona più lineare della sua caratteristica ingresso-uscita. Questa operazione ha

Nota 10 - In merito, la Guida CEI 100-7 indica che "se il filtro LTE viene inserito all'interno dei componenti dell'impianto d'antenna (ad esempio, antenne televisive per la radiodiffusione terrestre nella banda UHF, amplificatori d'antenna, amplificatori a larga banda per la banda UHF) il costruttore deve dichiarare se il filtro rispetta le specifiche del filtro LTE (caso tipico). In ogni caso deve essere dichiarata l'attenuazione introdotta sui segnali LTE-BS ed LTE-UE e la perdita d'inserimento sui segnali televisivi" [3].

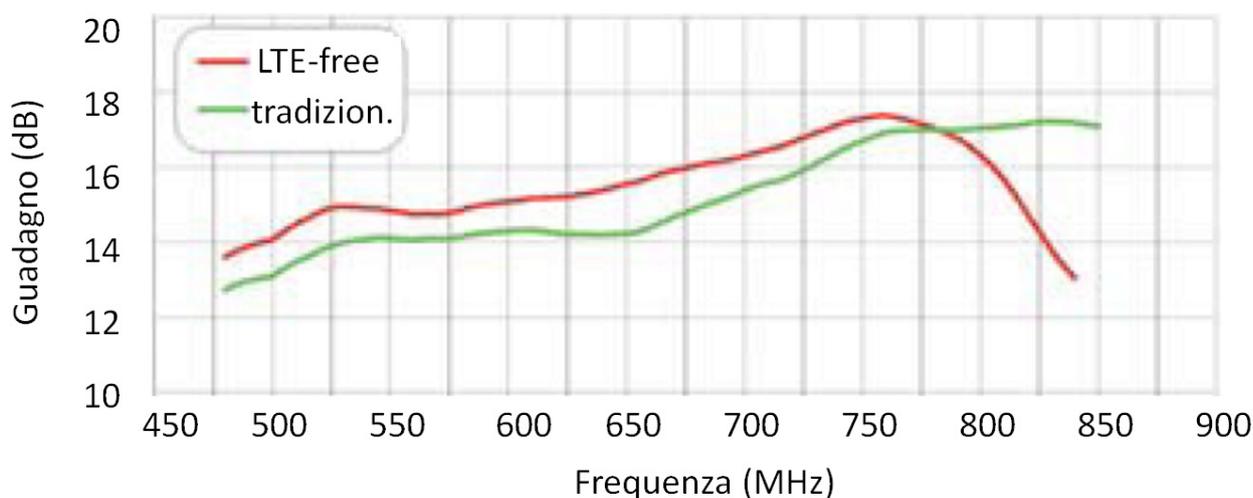


Fig. 7 - Curva di guadagno di un'antenna con banda limitata a 790 MHz (dati di catalogo relativi a un prodotto commerciale).

però come controindicazione la riduzione del C/N dovuto a rumore termico, ed è possibile soltanto nella misura in cui esiste un margine sufficiente sui livelli dei segnali alle prese d'utente ^{Nota 11}.

Un esempio di variazione del rapporto segnale/disturbo C/(N+I) in funzione della riduzione del guadagno dell'amplificatore è riportato nella figura 8. Nell'esempio si è supposto che, con l'amplificatore regolato al livello d'uscita nominale (corrispondente nel grafico al valore di riduzione del guadagno pari a 0 dB), il C/N su un determinato canale sia di 33 dB e il C/I dovuto a intermodulazione sia di 15 dB.

Si può vedere che inizialmente, riducendo il guadagno dell'amplificatore, le prestazioni del sistema migliorano, fino a quando non inizia a pesare il rumore termico.

c. Nell'esempio, si riuscirebbero a guadagnare circa 9 dB sul C/(N+I) con 7 dB di riduzione del guadagno (a patto che i livelli alle prese d'utente siano ancora sufficienti) ^{Nota 12}. Naturalmente, sugli altri canali l'andamento del C/(N+I) è analogo a quello mostrato nella figura 8, ma con valori iniziali differenti per ciascun canale.

Dal grafico si vede però anche che con questa tecnica è difficile ripristinare un livello di C/(N+I) molto alto, prossimo al valore che si aveva in assenza dei segnali LTE: questa deve infatti essere considerata una tecnica di mitigazione aggiuntiva e non sostitutiva rispetto all'inserzione di un filtro.

3.5 CENTRALINI CANALIZZATI

Gli impianti dotati di centralini canalizzati, una volta disabilitati i filtri relativi ai canali dal 61 al 69, sono molto meno sensibili alle possibili interferenze dovute ai segnali LTE rispetto agli impianti con centralino a larga banda, poiché operano un filtraggio intrinseco e inoltre, equalizzando i livelli dei segnali, li rendono tutti egualmente robusti ai disturbi.

L'efficacia del filtraggio è legata alla selettività del filtro sul canale 60.

Nota 11 - Ad esempio, il livello di un segnale DVB-T 64-QAM 2/3 alle prese d'utente deve essere compreso tra 45 e 78 dB(μV) [3].

Nota 12 - Lo stesso risultato potrebbe essere ottenuto sostituendo l'amplificatore con un modello avente un livello nominale d'uscita più alto, e facendolo lavorare in una zona più lineare della caratteristica ingresso-uscita.

I centralini canalizzati si possono classificare in due tipologie:

- a. Centralini modulari a filtri di canale. In funzione della tecnologia utilizzata (risonatori a 4 o 6 celle, filtri SAW dopo conversione in IF, ecc.), possono essere caratterizzati da una diversa attenuazione sul canale adiacente (indicativamente tra 10 e 40 dB a 791 MHz, tra 20 e 70 dB oltre 793 MHz). In alcuni casi, con filtri di canale di limitata selettività, potrebbe essere quindi ancora necessaria l'inserzione di un filtro LTE all'ingresso del modulo del canale 60, in grado di fornire un'attenuazione aggiuntiva^{Nota 13} sul primo blocco LTE.
- b. Centralini con filtri programmabili a gruppi di canali (cluster). La selettività di questi filtri è molto inferiore rispetto alla tipologia precedente (un valore tipico di attenuazione è entro 20 dB a 10 MHz dalla frequenza di taglio), pertanto il filtraggio risulta efficace soltanto a partire dal secondo

blocco LTE. Con questi tipi di centralini occorre quindi considerare l'inserzione di un filtro LTE all'ingresso da cui è prelevato il canale 60^{Nota 14}, in grado di fornire un'attenuazione adeguata sul primo blocco LTE.

3.6 PUNTAMENTO/SPOSTAMENTO DELL'ANTENNA RICEVENTE

Se le tecniche di mitigazione fin qui suggerite non hanno avuto buon esito, significa che ci si trova in una situazione molto critica, ad esempio perché la Base Station LTE è molto vicina (sul palazzo di fronte o sullo stesso tetto) e i suoi pannelli radianti puntano direttamente sull'antenna ricevente, e contestualmente i segnali DTT nella zona sono deboli.

Nota 13 - In queste condizioni, sono tipicamente sufficienti filtri LTE con 10 ÷ 15 dB di attenuazione.

Nota 14 - Se il canale 60 non è distribuito, la selettività del centralino in molti casi potrebbe essere sufficiente.

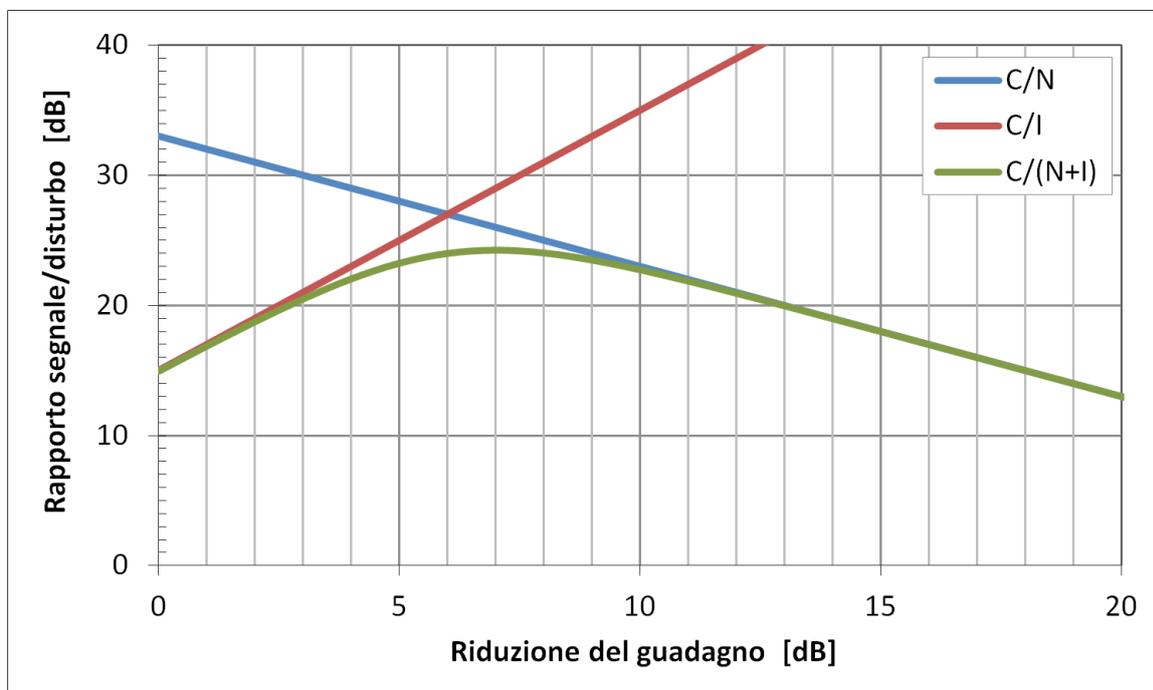


Fig. 8 - Variazione del $C/(N+I)$ in funzione della riduzione del guadagno dell'amplificatore.

Un ulteriore accorgimento per tentare di ridurre la potenza dei segnali interferenti consiste nel variare la direzione di puntamento dell'antenna di qualche grado, in modo da far uscire i segnali LTE dal lobo principale del suo diagramma di irradiazione^{Nota 15}. Può rivelarsi utile collocare l'antenna in una zona più "coperta", oppure spostarla lateralmente di alcuni metri o variarne l'altezza, in modo da discriminare l'angolo di arrivo dei segnali DTT dai segnali LTE^{Nota 16}.

4. CONCLUSIONI

La coesistenza di servizi broadcast e cellulari all'interno della banda UHF, tradizionalmente utilizzata per la distribuzione TV, potrà determinare problemi alla ricezione dei segnali televisivi. I problemi maggiori potranno riscontrarsi negli impianti di ricezione con amplificazione a larga banda, ove c'è il rischio di saturazione dell'amplificatore del centralino a causa del livello molto alto dei segnali LTE al suo ingresso.

In presenza di queste problematiche, è fondamentale affidarsi alla professionalità di installatori qualificati, ai quali spetta il compito di individuare caso per caso la soluzione più appropriata, economicamente sostenibile e duratura nel tempo.

Tra le possibili tecniche di mitigazione delle interferenze, l'installazione di un "filtro LTE" all'ingresso del centralino risulta essere la più semplice ed efficace.

A tale scopo, la nuova edizione della Guida CEI 100-7 ha definito le specifiche di un filtro LTE da utilizzarsi in un caso tipico: si ritiene che l'impiego di un filtro con queste caratteristiche, oggi facilmente reperibile

Nota 15 - Da questo punto di vista, l'utilizzo di antenne con ridotti lobi secondari può dare benefici.

Nota 16 - Va sottolineato che tutte le tecniche presentate in questo capitolo si riferiscono a disturbi dovuti ad emissioni ricevute in antenna a frequenze oltre 790 MHz: nel caso in cui il disturbo sia invece dovuto a un eccessivo livello di emissioni fuori banda da parte del trasmettitore LTE, è necessario che sia l'operatore telefonico ad intervenire direttamente sulla Base Station.

sul mercato e a costi sostenibili, si rivelerà risolutivo nella maggior parte dei casi. La scelta del filtro e della relativa attenuazione deve tenere conto del fatto che le interferenze si manifesteranno gradualmente, a seguito dell'attivazione delle celle LTE sul territorio nazionale da parte degli operatori assegnatari e dell'aumento del traffico generato dagli utenti: qualora si debba intervenire su un impianto in questa fase transitoria, è quindi buona norma agire in modo cautelativo, inserendo già un filtro come raccomandato dalla Guida CEI 100-7. Sono inoltre da evitare filtri con eccessiva perdita d'inserzione sui canali TV, in quanto causano necessariamente una riduzione delle prestazioni anche in assenza dei segnali LTE.

In prossimità delle Base Station vi saranno presumibilmente aree in cui, anche dopo l'installazione del filtro, il corretto margine di ricezione sui segnali DTT non è ripristinato: in questi punti è necessario adottare ulteriori tecniche di mitigazione, quali ad esempio una riduzione del guadagno dell'amplificatore (ove possibile), la variazione del puntamento o lo spostamento dell'antenna ricevente, l'utilizzo di centralini canalizzati, ecc.

BIBLIOGRAFIA

1. A. De Vita, D. Milanesio, B. Sacco, A. Scotti: LTE e impianti di ricezione TV: Stima dell'interferenza generata al centralino d'antenna, *Elettronica e Telecomunicazioni*, n° 2, agosto 2013, <http://www.crit.rai.it/eletel/2013-2/132-2.pdf>.
2. Decreto Ministeriale 22/1/2013: Regole tecniche relative agli impianti condominiali centralizzati d'antenna riceventi del servizio di radiodiffusione, *Gazzetta Ufficiale*, anno 154°, n° 25, gennaio 2013.
3. CEI 100-7: Guida per l'applicazione delle Norme sugli impianti di ricezione televisiva, febbraio 2013.
4. D. Milanesio, B. Sacco, V. Sardella: LTE e DTT: Effetti dei segnali per la telefonia mobile di 4a generazione sugli attuali impianti d'antenna televisivi, *Elettronica e Telecomunicazioni*, n° 3, dicembre 2011, <http://www.crit.rai.it/eletel/2011-3/113-6.pdf>.

Gli acronimi e le sigle si riferiscono ai due articoli che seguono.

In terza colonna è indicato il riferimento al primo o al secondo articolo.

Acronimi e sigle		
4G	4th Generation	
AWG	Arbitrary Waveform Generator	2
BS	Base Station	1-2
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano	1-2
CEPT	Conférence Européenne des Postes et des Télécommunications	1
DTT	Digital Terrestrial Television	1-2
DVB	Digital Video Broadcasting	1-2
EPT	Effective Protection Target	1
ERP	Effective radiated power	1
ITU	International Telecommunications Union	1-2
KML	Keyhole Markup Language	1
LTE	Long Term Evolution	1-2
QEF	Quasi Error Free	1
QoS	Quality of Service	1
RLP	Reception Location Probability	1
SAW	Surface Acoustic Wave	2
SEAMCAT	Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool	1
TVWS	TV White Space	1
UHF	Ultra High Frequency	1-2
WRC	World Radiocommunication Conference	1-2