

DVB-T2: Sperimentazione sulle potenziali interferenze LTE 700 MHz sugli impianti di ricezione televisiva

DVB-T2: Laboratory simulation on potential 700 MHz LTE interference on television reception systems

Gianmarco Fusco[■], Massimo Ferrante[■]

■ DGTCSI – ISCTI

Sommario

Il continuo aumento del traffico dei dati trasmessi a banda larga senza fili e la sempre più crescente importanza della digitalizzazione sul piano economico, industriale e sociale, sono il traino per massicci investimenti nel potenziamento delle reti radiomobili in termini di affidabilità, capacità e velocità. L'indagine relaziona sui risultati ottenuti a seguito di una sperimentazione, svolta in modalità condotta, sugli effetti dei segnali del radiomobile LTE in banda 700 MHz sugli impianti TV riceventi i segnali del digitale terrestre di seconda generazione in banda 600 MHz.

Abstract

The incessant increase in wireless broadband transmitted data traffic and the growing importance of digitization in economic, industrial and social terms, are the driving force for massive investments in the upgrading, in terms of reliability, capacity and speed, of mobile radio networks. The research reports on the outcomes obtained as a result of a type of experimentation conducted on the effects of the LTE mobile radio signals in the 700 MHz band, on TV systems receiving the signals of the second generation digital terrestrial in the 600 MHz band.

1. Introduzione

L'Unione Europea, con una decisione del 2012 [1] del Parlamento europeo e del Consiglio, ha disposto di “cercare di assegnare tempestivamente uno spettro radio sufficiente e adeguato per sostenere gli obiettivi strategici dell'Unione e rispondere al meglio alla domanda di traffico di dati senza fili”, quantificando la porzione di bande di frequenze da destinare a tale scopo in almeno 1200 MHz.

In una comunicazione del 6 maggio 2015 [2] la Commissione ha evidenziato l'importanza della banda dei 700 MHz che andrebbe assegnata per la fornitura di servizi di comunicazioni elettroniche a banda larga nelle zone rurali poiché porzione di spettro particolarmente adatto.

Ciò consentirà altresì lo sviluppo, la realizzazione e l'applicazione di nuovi servizi digitali come ad esempio i sistemi di reti elettriche dotate di sensori intelligenti, le telecomunicazioni in ambito sanitario, la guida automobilistica controllata via radio senza pilota, l'automazione industriale.

I Regolamenti radio dell'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni, adottati dalla Conferenza mondiale delle radiocomunicazioni del 2015 (WRC-2015), hanno previsto per la Regione 1 (in cui si trova l'Italia) l'assegnazione della banda di frequenze dei 700 MHz ai servizi di trasmissione radiomobili. La CEPT ha identificato con ECC Decision (15)01, approvata il 6 marzo 2015 [3], due bande di 30 MHz all'interno della banda 700 da dedicare all'uplink ed al downlink delle reti di comunicazioni mobili/fisso.

Tale porzione di spettro attualmente è utilizzata a livello nazionale in modo massivo dai servizi di radiodiffusione televisiva terrestre. Il Parlamento Europeo e il Consiglio hanno previsto, con una decisione di maggio 2017 [4], il termine del 2020 per la liberazione della banda 700 MHz con la flessibilità di due anni per gli Stati membri che adducano giustificate ragioni tra le quali la necessità e la complessità di assicurare la migrazione tecnica di un'ampia fetta di popolazione verso standard di trasmissione avanzati.

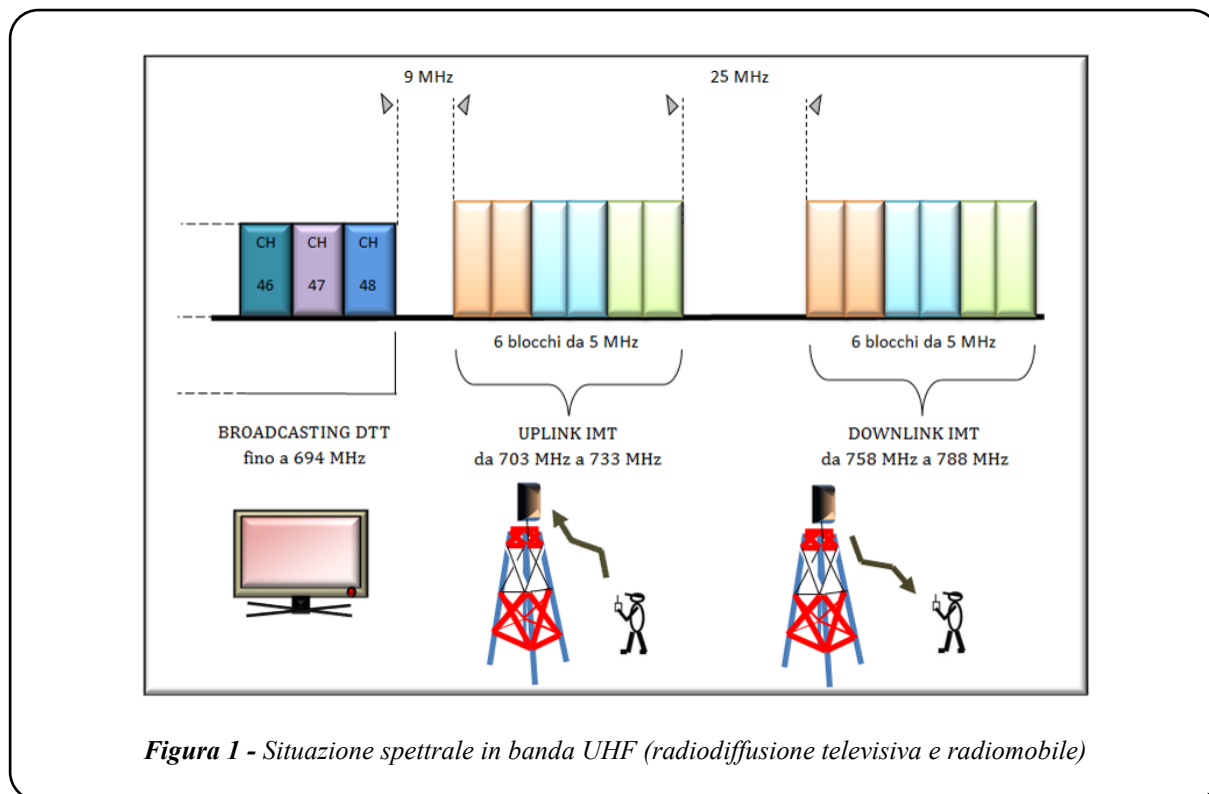
Con la Legge di Bilancio 2018 [5], in Italia, è stato indicato che entro il 1° luglio 2022 si proceda alla migrazione dei programmi trasmessi attraverso multiplexer televisivi attualmente presenti in banda 700 MHz verso frequenze inferiori. La nuova attribuzione della banda 700 MHz ai servizi radiomobili potrà avere impatto sul corretto funzionamento degli impianti di ricezione televisiva che sono attualmente predisposti per ricevere in parte sino al canale 60 (frequenza centrale 786 MHz) ed in parte ancora sino al canale 69 (frequenza centrale 858 MHz) a seconda che sia stato dato seguito o meno ad un loro adeguamento, attraverso l'installazione di filtri appropriati [6] conseguente all'assegnazione della banda 800 MHz ai servizi radiomobili di quarta generazione (LTE).

Il Ministero dello sviluppo economico con proprio decreto datato 8 agosto 2018 [7], come richiesto dalla decisione UE 2017/899 [4], ha stabilito tra l'altro la road map per la liberazione della banda 700 MHz a favore dei servizi 5G con l'indicazione di scadenze intermedie e finali per il rilascio. Il medesimo decreto ha fissato che “[...] in coincidenza con l'avvio delle attività del periodo transitorio stesso nell'Area 1 [...], è disposta sull'intero territorio nazionale la dismissione della codifica MPEG-2 in favore della codifica MPEG-4 su standard DVB-T”

Con ulteriore decreto, datato 19 giugno 2019 [10], il Ministero dello Sviluppo Economico ha aggiornando la roadmap, prevedendo, all'art. 6 comma 3, che “Al termine delle operazioni di transizione delle reti alla struttura dei multiplex definita dal PNAF, è disposta l'attivazione dello standard DVB-T2 a livello nazionale, nel periodo tra il 21 giugno 2022 e il 30 giugno 2022”.

La sperimentazione di seguito illustrata è finalizzata alla verifica della coesistenza del servizio radiomobile LTE, che è stato ritenuto essere, tra i servizi attualmente disponibili ai fini di questo test, quello che più si avvicina a simulare il segnale che si prevede sarà offerto in banda 700 MHz, e del servizio di radiodiffusione che continuerà ad essere assegnatario della banda

adiacente inferiore ancora per diversi anni (figura 1) trasmesso in DVB-T2, tecnica che si ritiene che verrà utilizzata in modo preponderante, se non esclusivo, subito dopo la definitiva liberazione della banda considerata.

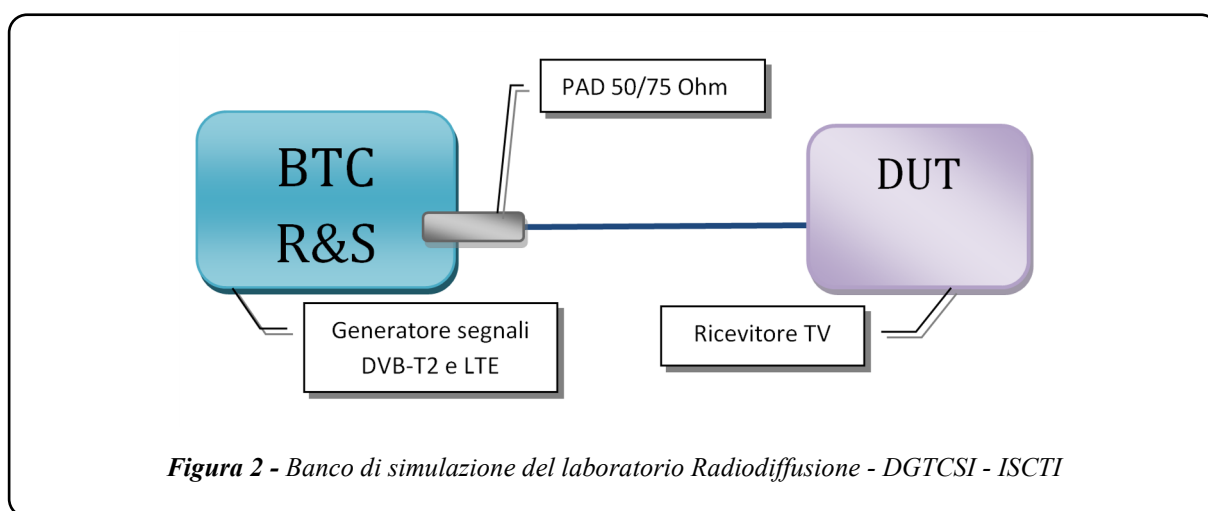


Le verifiche e le misurazioni sono state effettuate in modo condotto attraverso l'utilizzo di un banco di prove predisposto presso i laboratori della Direzione generale per le tecnologie delle comunicazioni e la sicurezza informatica - Istituto superiore delle comunicazioni e delle tecnologie dell'informazione (di seguito DGTCISI - ISCTI) del Ministero dello sviluppo economico.

2. Scenario interferenziale e banco di simulazione Utilizzo

Con il prossimo utilizzo della banda 700 MHz da parte dei servizi di comunicazione elettronica a banda larga si potrebbe presentare, in Italia, una problematica interferenziale all'ingresso di un impianto ricevente il segnale digitale terrestre del broadcasting televisivo. I segnali, che permetteranno la propagazione dei due servizi, radiomobile in banda 700 MHz (in downlink ed in uplink) e radiotelevisivo dalla banda VHF fino a frequenze prossime alla banda 700 MHz, si troveranno ad essere ricevuti dall'antenna di un impianto tv che è realizzato per la ricezione della terza banda VHF e la quarta e quinta banda UHF fino alla frequenza di 790 MHz, nel caso migliore, e fino alla frequenza di 862 MHz in quello peggiore.

La sperimentazione di seguito illustrata ha preso in considerazione l'eventualità delle possibili interferenze che si possono verificare su tali impianti mentre ricevono segnali televisivi trasmessi in tecnica di modulazione DVB-T2 nella banda 600 MHz. Lo studio ha riguardato le interferenze provocate da segnali LTE, precipuamente in trasmissione uplink (da terminale d'utente a stazione radio base) e che occupano, alternativamente o simultaneamente, la parte iniziale della banda 700 MHz (da 703 MHz a 733 MHz). E' stato in seguito dato un piccolo sguardo anche alla possibile interferenza da trasmissioni LTE in downlink (da 758 MHz a 788 MHz). Nel laboratorio di radiodiffusione sonora e televisiva della DGTCISI - ISCTI è stato predisposto appositamente un banco di simulazione per la generazione dei due segnali in questione (Figura 2). Tali segnali, miscelati, vengono presentati via cavo all'ingresso d'antenna del ricevitore televisivo (DUT).



L'analisi ha riguardato la determinazione dei livelli interferenziali del segnale LTE in *uplink* ed in *downlink* che hanno generato *macroblocking* (artefatti) nelle immagini video riprodotte sugli schermi televisivi. La rilevazione della misura è stata effettuata al verificarsi del *macroblocking* (Figura 3) seguendo il criterio indicato nella norma tecnica armonizzata ETSI EN 303 340 V1.1.2 (2016-09) ovvero la prima ripetizione di degradazione dell'immagine occorsa all'interno di un periodo d'osservazione di 15 secondi - *onset of picture degradation* [8]. Le prove eseguite hanno prodotto altresì l'individuazione del rapporto di protezione, definito come il valore minimo del rapporto tra il segnale voluto, in questo caso il segnale televisivo, ed il segnale indesiderato del servizio radiomobile in corrispondenza della soglia di degradamento su indicata. Il valore viene misurato all'ingresso del dispositivo sotto prova. Nel presente documento è stato utilizzato l'inverso di tale rapporto per una migliore gestione grafica dei risultati.

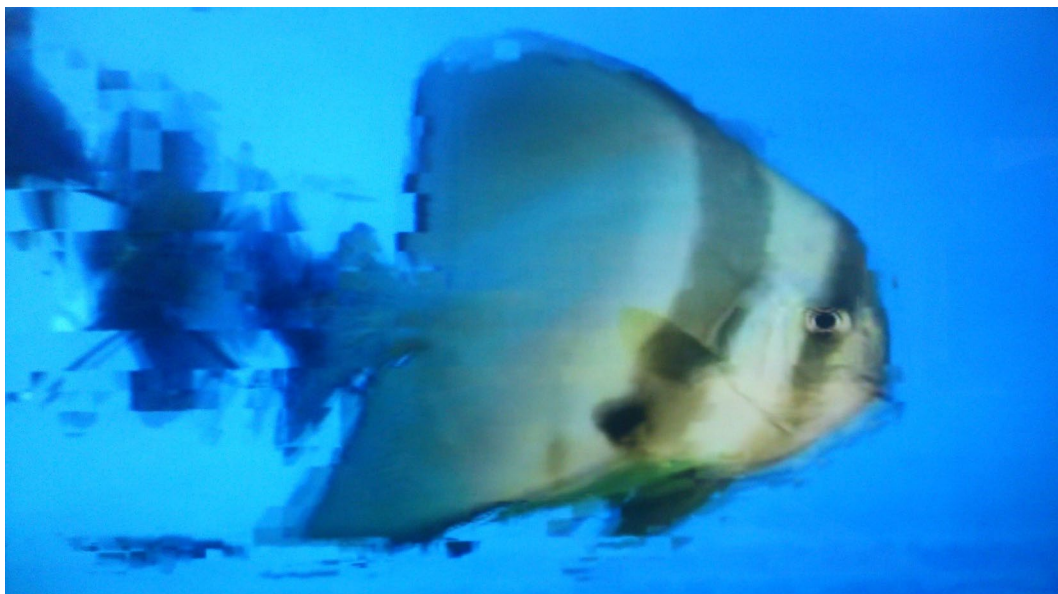


Figura 3 - Esempio di macroblocking su schermo televisivo

Per quanto riguarda gli aspetti della trasmissione in *uplink* del segnale potenzialmente interferente, è stata presa in considerazione la forma d'onda indicata dall'ETSI in allegato alla norma armonizzata EN 303 340 e denominata "short_UE-Video-Stream_V2". Essa ha una larghezza di banda di 10 MHz ed è rappresentativa del traffico del terminale che si viene a generare in una reale trasmissione di streaming video, con un segnale trasportato da una rete mobile LTE di banda 800 MHz e trasmesso dai moderni *smartphones* 4G [8]. Il segnale è stato centrato, per la sperimentazione, alle frequenze di 708 MHz, 718 MHz e 728 MHz.

Di seguito, in Figura 4, viene mostrato un esempio di spettro del segnale LTE in trasmissione *uplink* ottenuto monitorando la forma d'onda su un analizzatore di spettro impostato secondo la norma armonizzata [8].

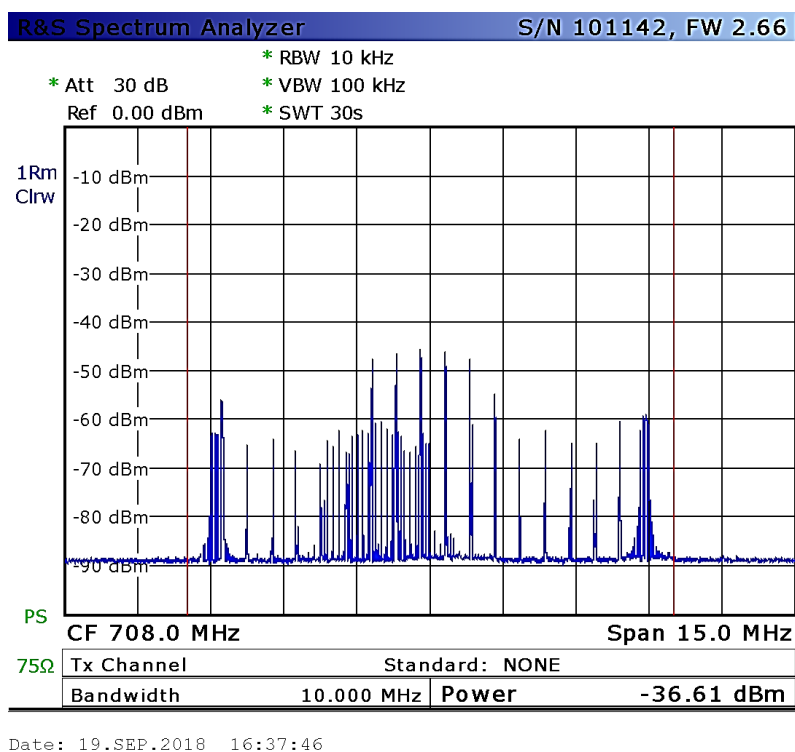
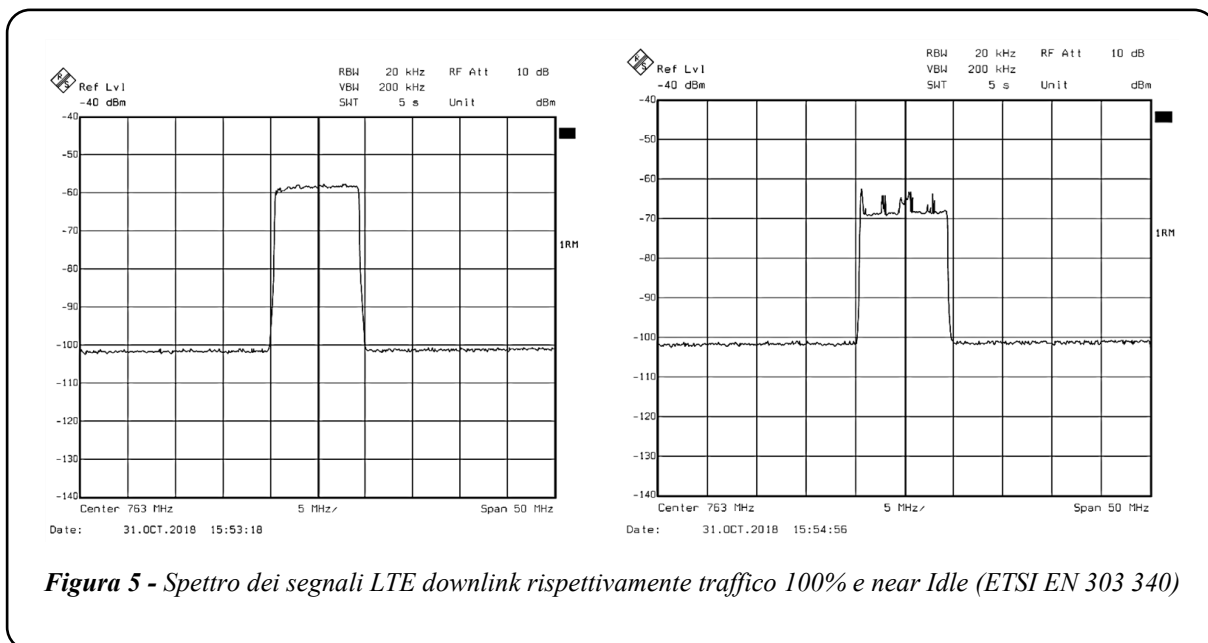


Figura 4 - Spettro del segnale LTE Uplink (ETSI EN 303 340)

Anche nel caso di studio di interferenza da LTE *downlink* sono stati presi segnali campione indicati dalla norma armonizzata europea [8], e si tratta di quelli denominati “LTE_BS-100PC_synth” nel caso di traffico pari al 100% e “LTE_BS_idle_V3_synth” nel caso di condizione di quasi *idle*, di larghezza di banda pari a 10 MHz. Il segnale è stato centrato alle frequenze di 763 MHz, 773 MHz e 783 MHz.

In Figura 5 vengono mostrati due esempi di spettro del segnale LTE in trasmissione downlink indicativi dei casi di traffico 100% e quasi idle utilizzando le sintesi su menzionate.



Il segnale voluto, quello di broadcasting televisivo, viene prodotto in tecnica DVB-T2 in banda UHF canalizzata a 8 MHz, tenendo in considerazione principalmente la configurazione prevista dalla norma tecnica armonizzata [8] per la verifica della conformità al requisito essenziale 3.2 della direttiva europea 2014/53/EU (RE-D) dei ricevitori del digitale terrestre televisivo. In Tabella 1 sono riportati i parametri di maggior interesse e di più immediata interpretazione:

Tabella 1. Impostazione principali parametri DVB-T2

PARAMETRI	VALORI
Larghezza di banda	7,61 MHz; 7,77 MHz
FFT	8k; 32k_ext
Modulazione	64 QAM e 256 QAM con rotazione
Code Rate	2/3; 3/4
Guard Interval	1/16

Il livello del segnale DVB-T2 all'ingresso del ricevitore è stato impostato alternativamente a -63 dBm e a -70 dBm, ritenendo quest'ultima con buona approssimazione la potenza minima che si debba manifestare alla presa d'utente di un televisore digitale [9] per poter visualizzare correttamente sul video quanto ricevuto. I canali vittima dell'interferenza, di larghezza 8 MHz, sono centrati alle frequenze che vanno da 618 MHz (ch. 39) a 690 MHz (ch. 48).

In Figura 6 viene illustrato un esempio di immagine spettrale e di costellazione per una modulazione 256 QAM ruotata di un segnale DVB-T2 di 8 MHz di banda.

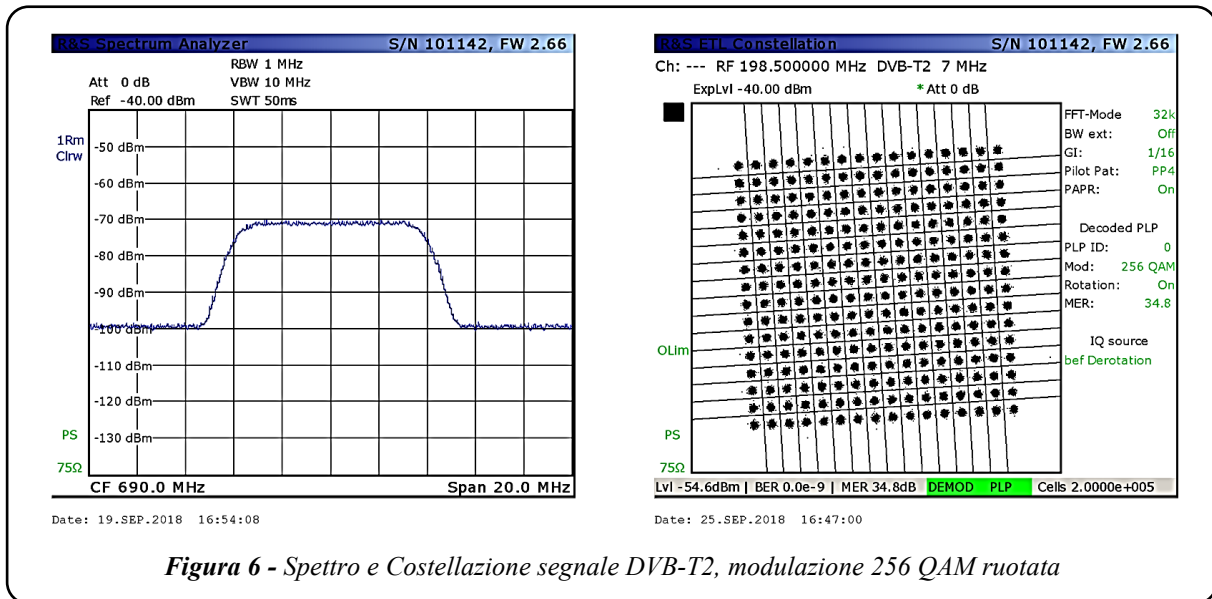


Figura 6 - Spettro e Costellazione segnale DVB-T2, modulazione 256 QAM ruotata

Successivamente sono state effettuate alcune misurazioni anche in presenza di un terminale di testa che solitamente è presente a valle di un'antenna di tipo condominiale ricevente il segnale televisivo. È stato impostato all'ingresso del terminale un segnale utile del livello di circa -75 dBm, ritenuto come caso emblematico di valore minimo previsto [9], e del livello di -55 dBm. Per lo scopo è stata utilizzata una variante del banco di simulazione come indicato in Figura 7. La variante ha previsto tra l'altro l'inserimento di un attenuatore variabile al fine di produrre all'ingresso RF del televisore un livello costante di -50 dBm.

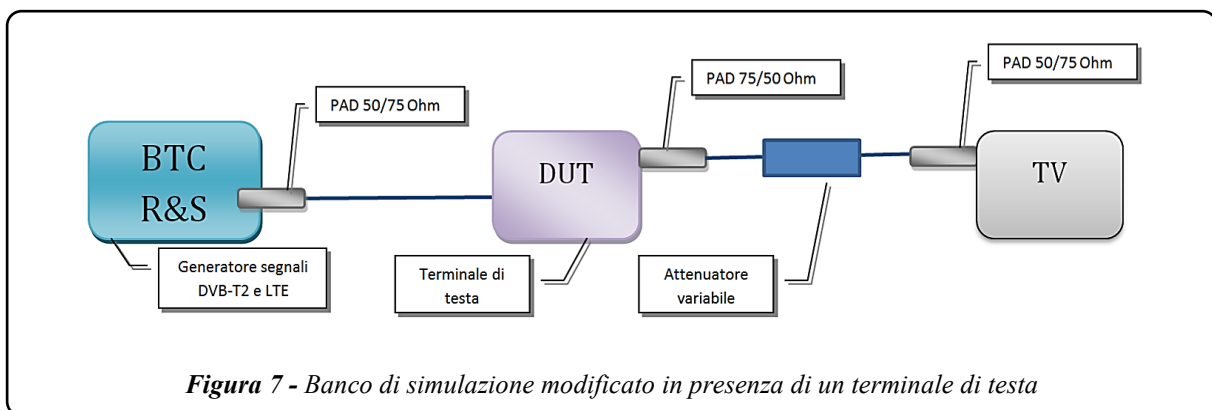
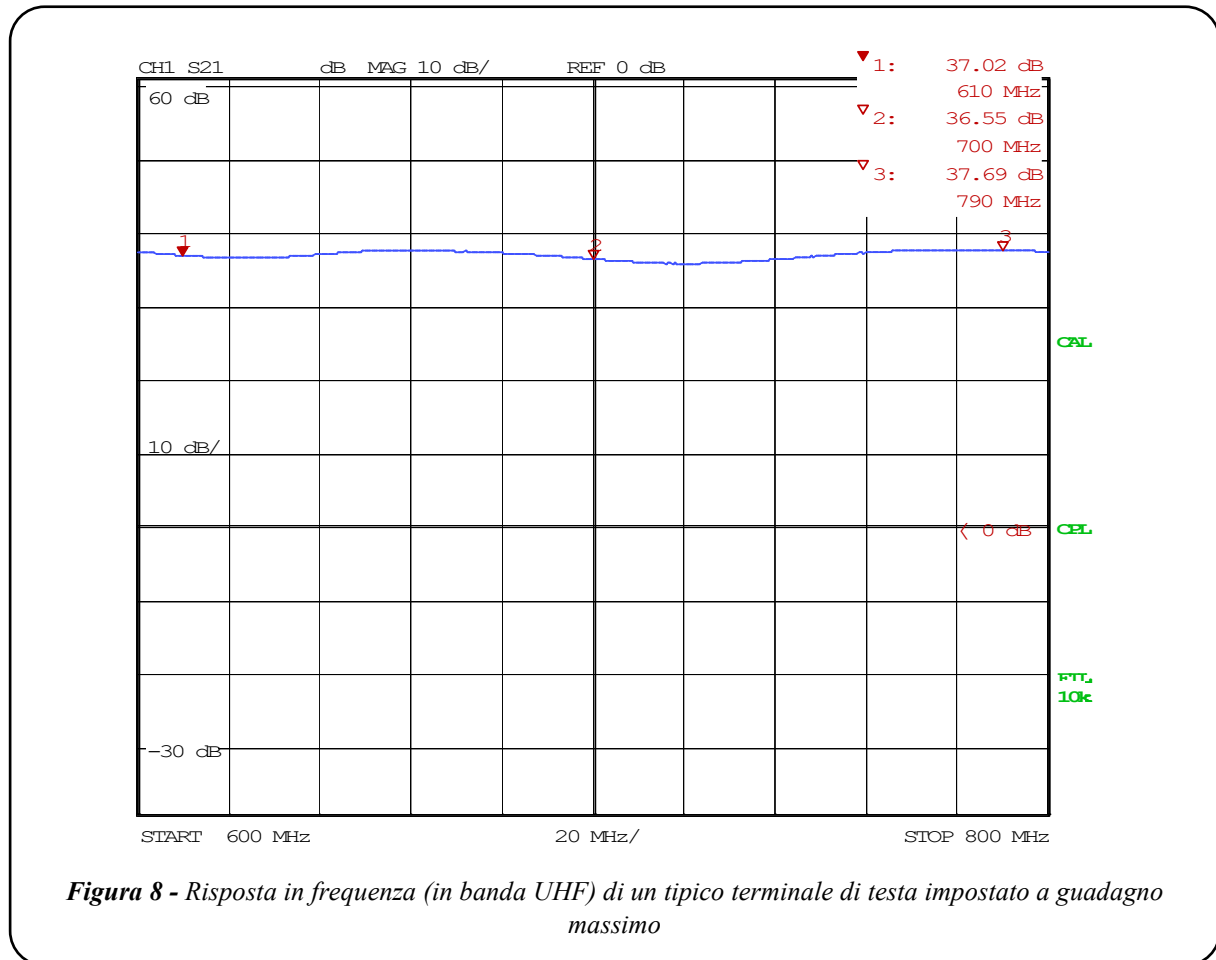


Figura 7 - Banco di simulazione modificato in presenza di un terminale di testa

Il terminale di testa utilizzato come device sotto prova è stato impostato con il massimo guadagno di circa 37 dB e con quello minimo di circa 17 dB e risulta avere una risposta in

frequenza pressoché piatta nella banda di interesse con una variazione massima di circa 2 dB, come mostrato in Figura 8.



3. Risultati delle prove di laboratorio

Le prove effettuate hanno prodotto una serie di dati che sono stati rappresentati graficamente principalmente in termini di rapporto di protezione espresso in decibel, ossia rapporto tra segnale interferente (LTE in uplink e/o downlink in banda 700 MHz) e segnale utile (DVB-T2 in banda adiacente, a partire dal canale centrato alla frequenza di 690 MHz) individuato al momento della degradazione dell'immagine rilevata secondo il criterio precedentemente descritto. I grafici sintetizzano misure effettuate simulando semplici impianti TV, senza e con terminale di testa, rilevando i dati necessari, livello del segnale DVB-T2 definito con la lettera "C" e livello del segnale interferente definito con la lettera "I", all'ingresso RF del ricevitore televisivo. I primi sei grafici mostrano l'andamento del rapporto I/C all'ingresso di due ricevitori TV (senza terminale di testa) immaginando di avere un livello di segnale utile pari a -63 dBm per i primi tre e di -70 dBm per il secondo gruppo. Le misure sono state effettuate utilizzando un segnale DVB-T2 caratterizzato da un code rate di 2/3, un guard interval di 1/16

ed una modulazione 256 QAM ruotata. Il segnale interferente è LTE in Uplink come indicato in precedenza.

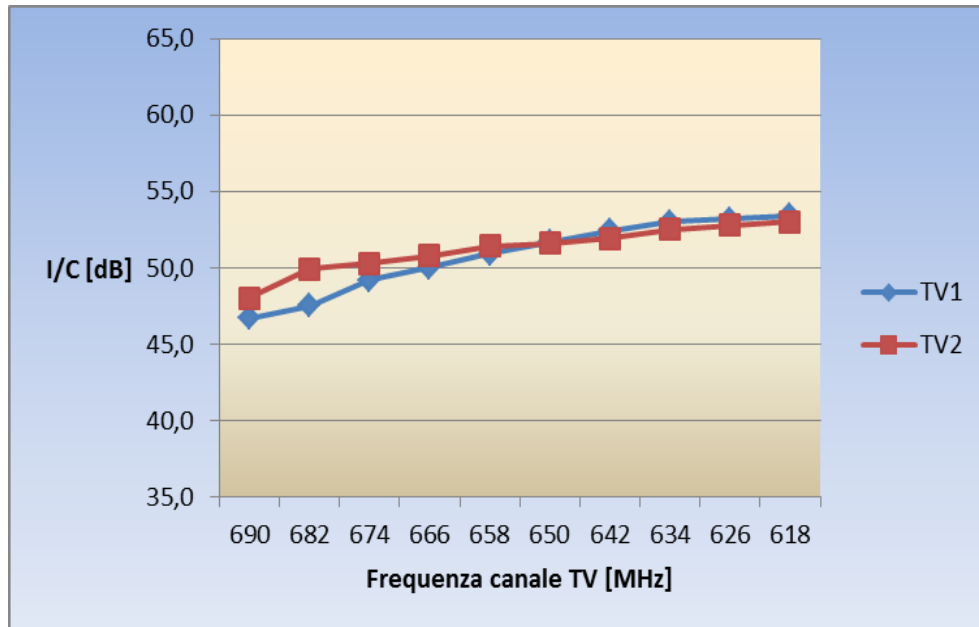


Figura 9 - (cfr. TV1-TV2), I/C con LTE UL centrato a 708 MHz (10 MHz), DVB-T2 a -63 dBm

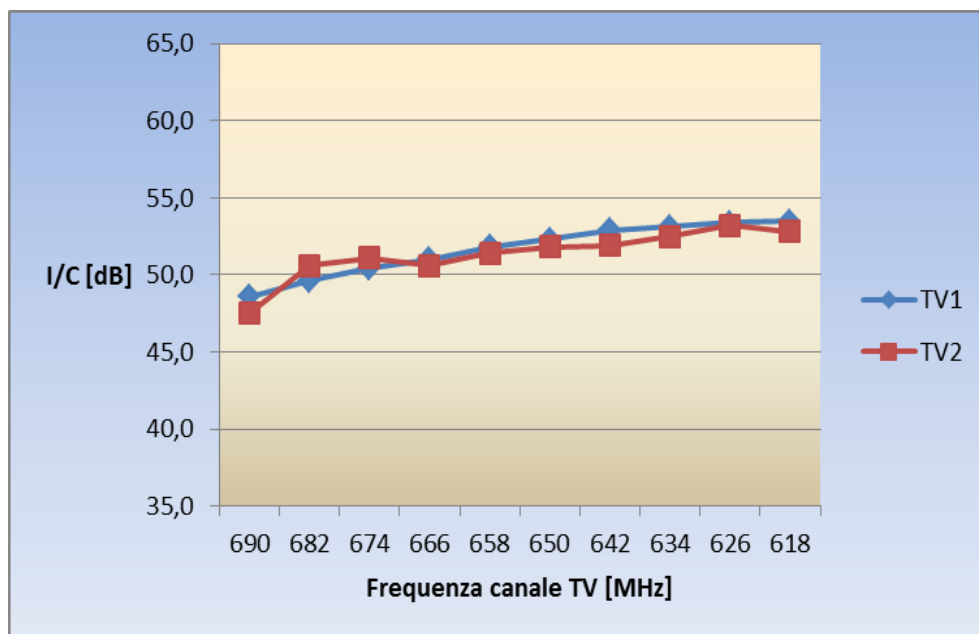


Figura 10 - (cfr. TV1-TV2), I/C con LTE UL centrato a 718 MHz (10 MHz), DVB-T2 a -63 dBm

**DVB-T2: Sperimentazione sulle potenziali interferenze LTE 700 MHz
sugli impianti di ricezione televisiva**

G. Fusco, M. Ferrante

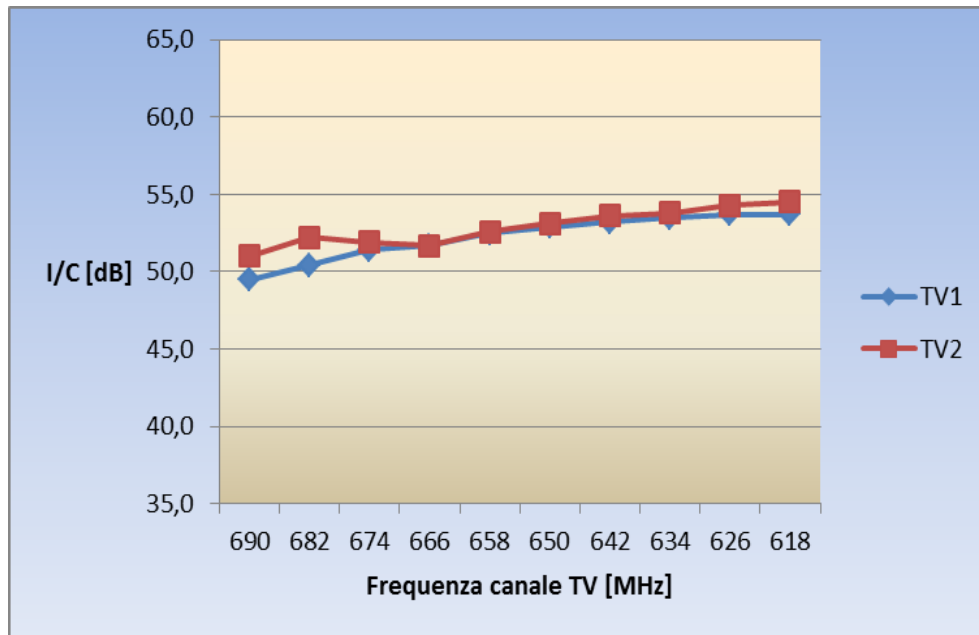


Figura 11 - (cfr. TV1-TV2), I/C con LTE UL centrato a 728 MHz (10 MHz), DVB-T2 a -63 dBm

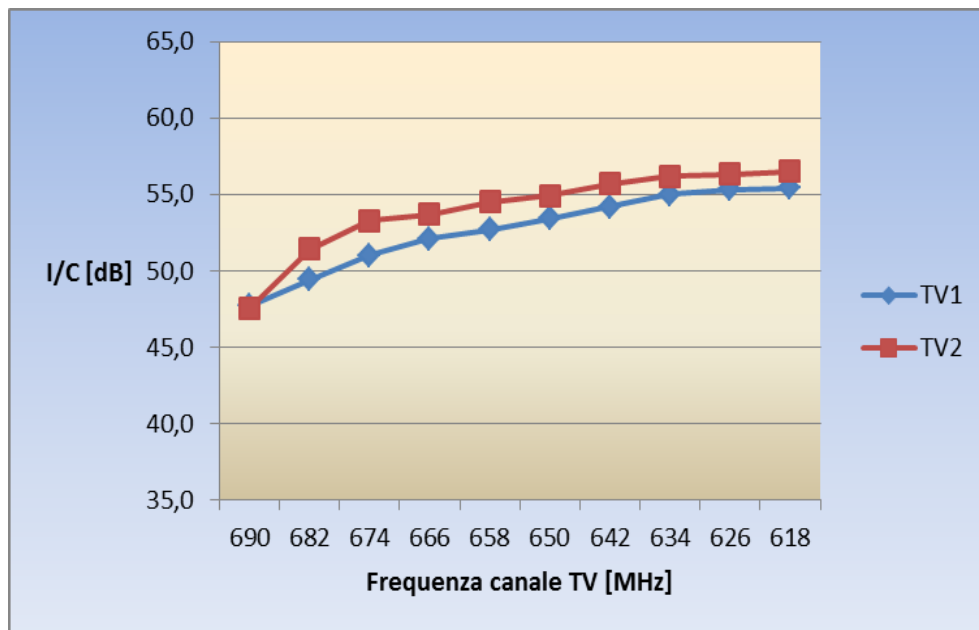


Figura 12 - (cfr. TV1-TV2), I/C con LTE UL centrato a 708 MHz (10 MHz), DVB-T2 a -70 dBm

**DVB-T2: Sperimentazione sulle potenziali interferenze LTE 700 MHz
sugli impianti di ricezione televisiva**

G. Fusco, M. Ferrante

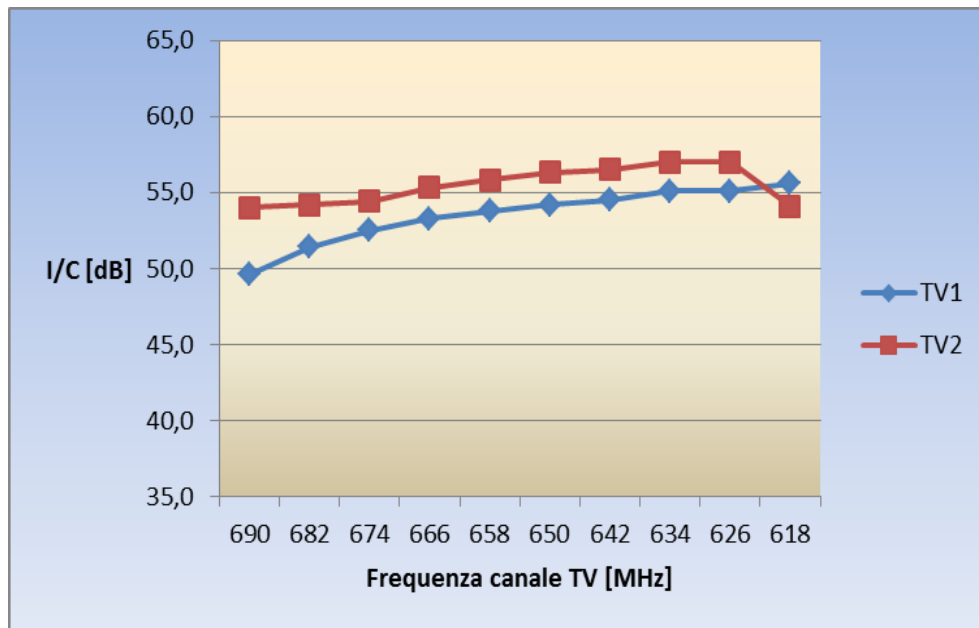


Figura 13 - (cfr. TV1-TV2), I/C con LTE UL centrato a 718 MHz (10 MHz), DVB-T2 a -70 dBm

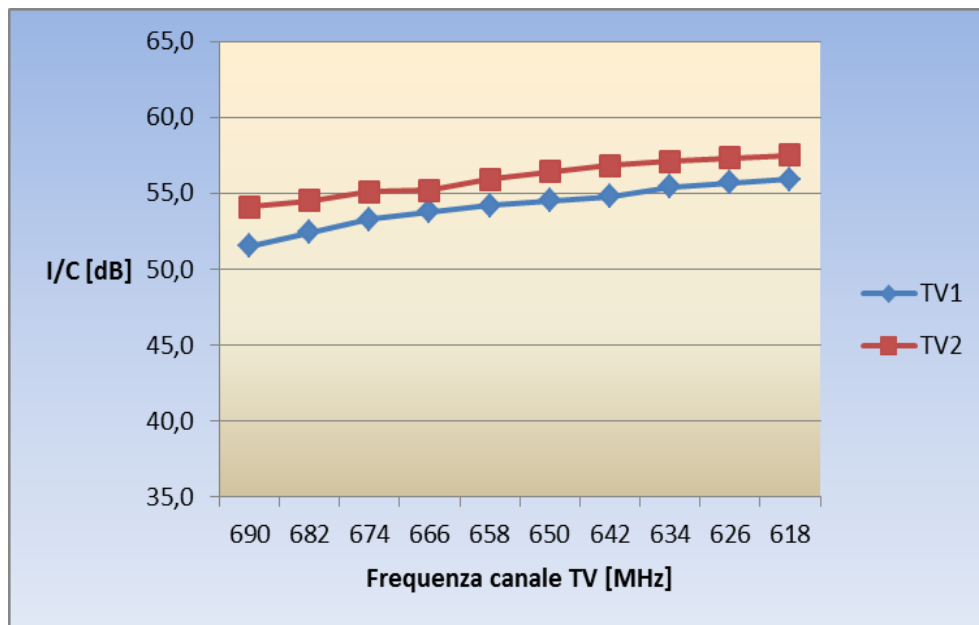


Figura 14 - (cfr. TV1-TV2), I/C con LTE UL centrato a 728 MHz (10 MHz), DVB-T2 a -70 dBm

I seguenti sei grafici mettono a confronto i rapporti di protezione (I/C) ricavati variando il code rate (2/3 e 3/4) e la modulazione (256 QAM e 64 QAM) del segnale utile in tecnica DVB-T2. La misura viene sempre effettuata in assenza di terminale di testa ed all'ingresso RF di un

DVB-T2: Sperimentazione sulle potenziali interferenze LTE 700 MHz sugli impianti di ricezione televisiva

G. Fusco, M. Ferrante

ricevitore TV. Il segnale interferente è ancora di tipo LTE in Uplink con le caratteristiche precedentemente descritte.

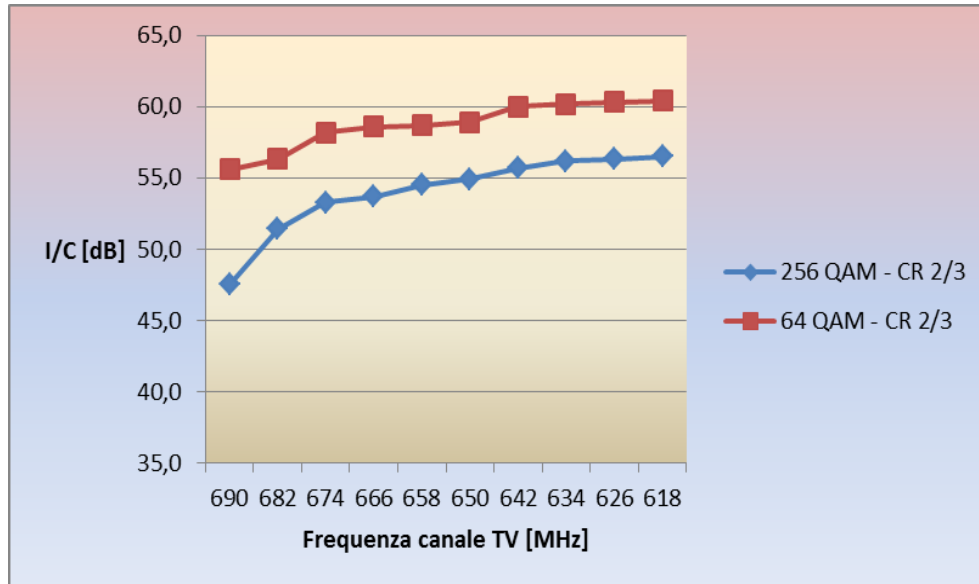


Figura 15 - (cfr. modulazione), I/C con LTE UL centrato a 708 MHz (10 MHz), DVB-T2 a -70 dBm

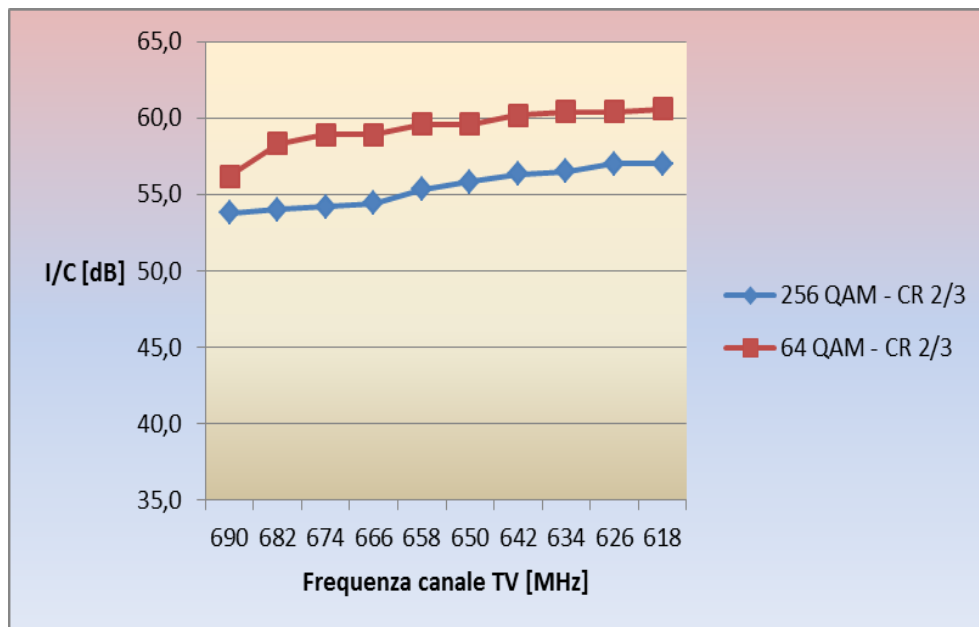


Figura 16 - (cfr. modulazione), I/C con LTE UL centrato a 718 MHz (10 MHz), DVB-T2 a -70 dBm

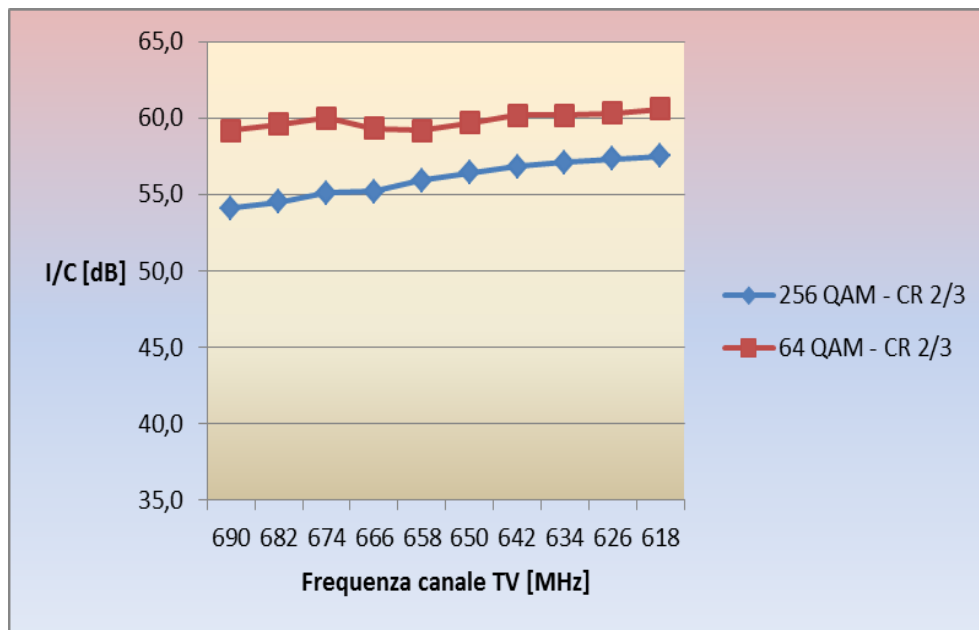


Figura 17 - (cfr. modulazione), I/C con LTE UL centrato a 728 MHz (10 MHz), DVB-T2 a -70 dBm

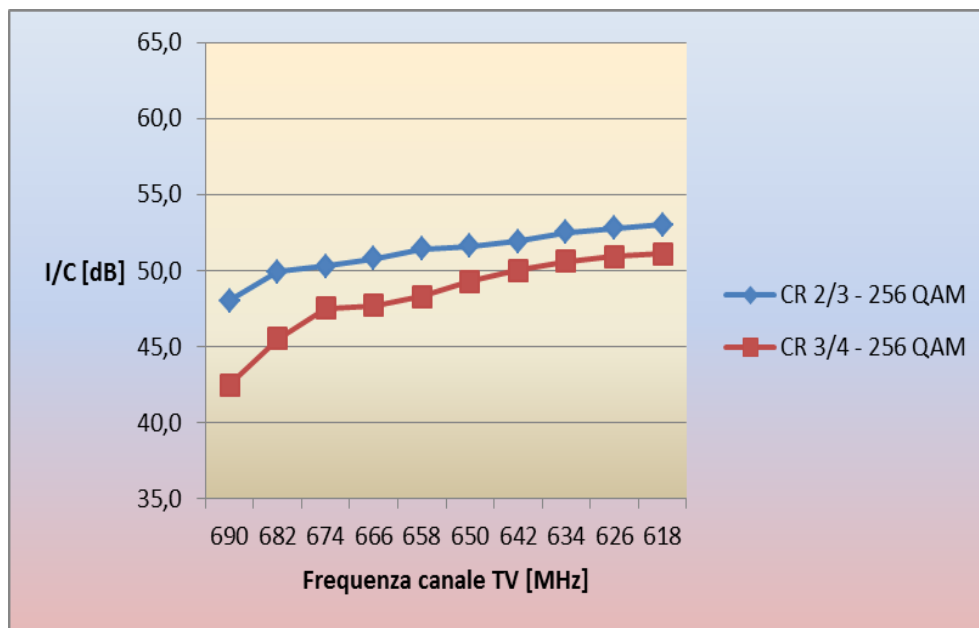


Figura 18 - (cfr. Code rate), I/C con LTE UL centrato a 708 MHz (10 MHz), DVB-T2 a -63 dBm

**DVB-T2: Sperimentazione sulle potenziali interferenze LTE 700 MHz
sugli impianti di ricezione televisiva**

G. Fusco, M. Ferrante

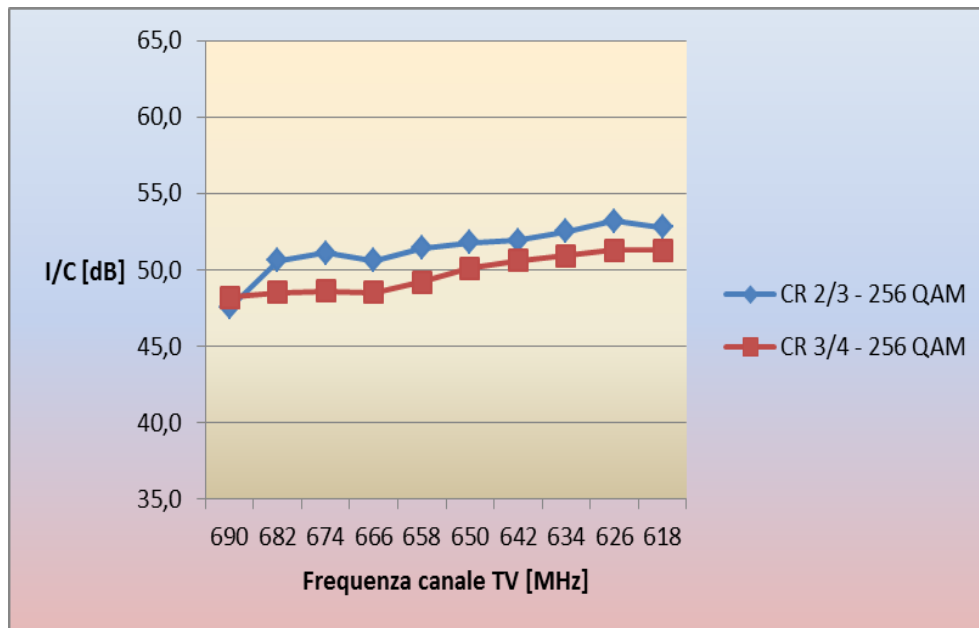


Figura 19 - (cfr. Code rate), I/C con LTE UL centrato a 718 MHz (10 MHz), DVB-T2 a -63 dBm

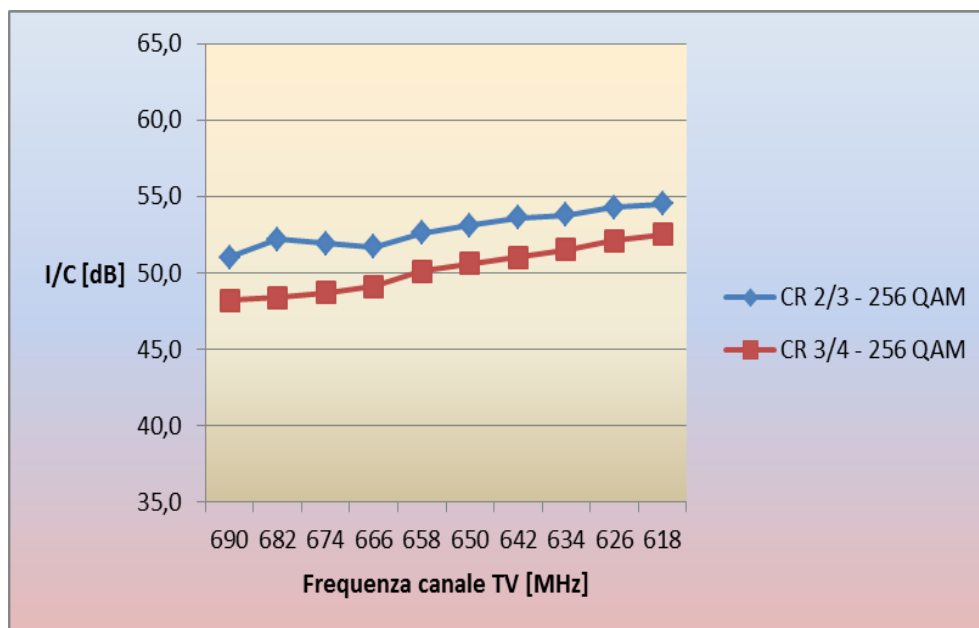


Figura 20 - (cfr. Code rate), I/C con LTE UL centrato a 728 MHz (10 MHz), DVB-T2 a -63 dBm

Il seguente grafico mette a confronto i rapporti di protezione in presenza di segnali indesiderati di radiomobile LTE in *downlink* o in *uplink*, presenti singolarmente e posizionati nelle

**DVB-T2: Sperimentazione sulle potenziali interferenze LTE 700 MHz
sugli impianti di ricezione televisiva**

G. Fusco, M. Ferrante

frequenze ad essi attribuite. La misurazione è avvenuta in assenza di terminale di testa e con un livello di DVB-T2 di -70 dBm.

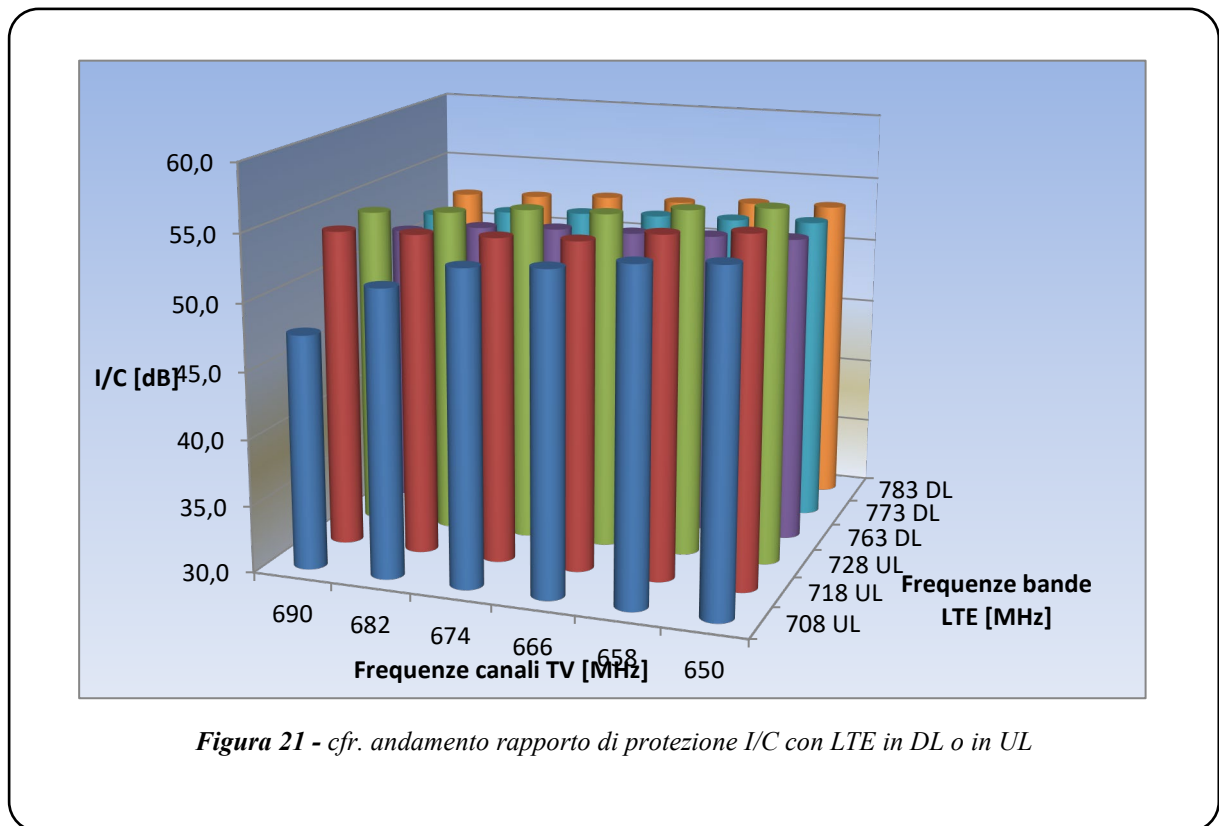


Figura 21 - cfr. andamento rapporto di protezione I/C con LTE in DL o in UL

I seguenti tracciati mettono a confronto la degradazione provocata dalla singola presenza dei segnali LTE Uplink a 10 MHz centrati nelle frequenze di 708 MHz, 718 MHz e 728 MHz e la degradazione provocata dalla copresenza dei tre segnali 3x10 MHz, quest'ultimi a pari livello di potenza. La rappresentazione grafica avviene attraverso il rapporto I/C misurato all'ingresso del terminale di testa di un impianto TV impostato a guadagno massimo (≈ 37 dB) e con un livello di segnale utile (DVB-T2, Code Rate 2/3, Guard Interval 1/16, Modulazione 256 QAM ruotata) pari sia a -75 dBm che a -55 dBm. Attraverso la parte terminale del banco, composta da un attenuatore variabile e due matching pad 50/75 ohm, è stato fissato a -50 dBm il segnale utile all'ingresso RF del televisore.

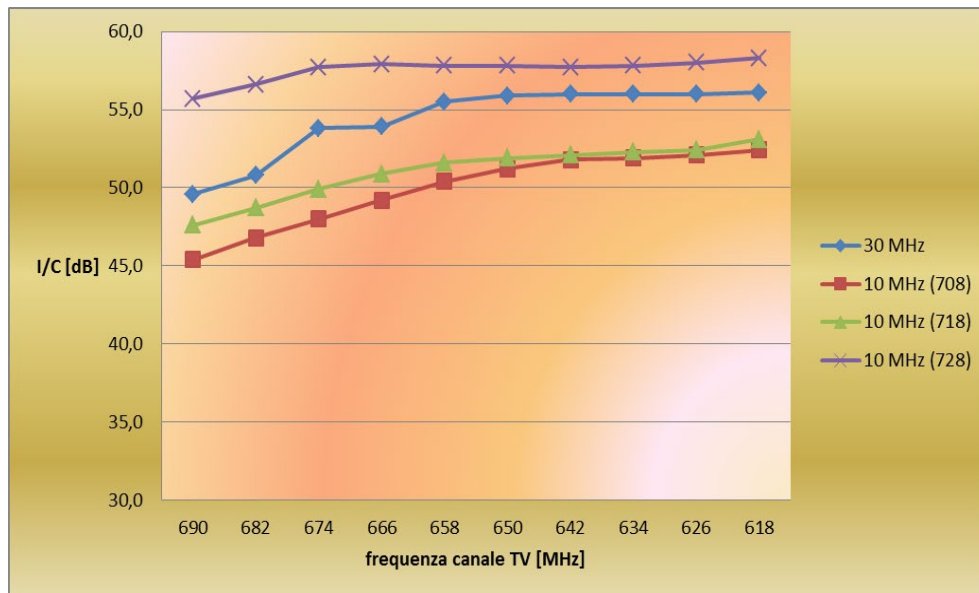


Figura 22 - (cfr LTE Uplink 10 MHz, 30 MHz) Andamento I/C, DVB-T2 -75 dBm

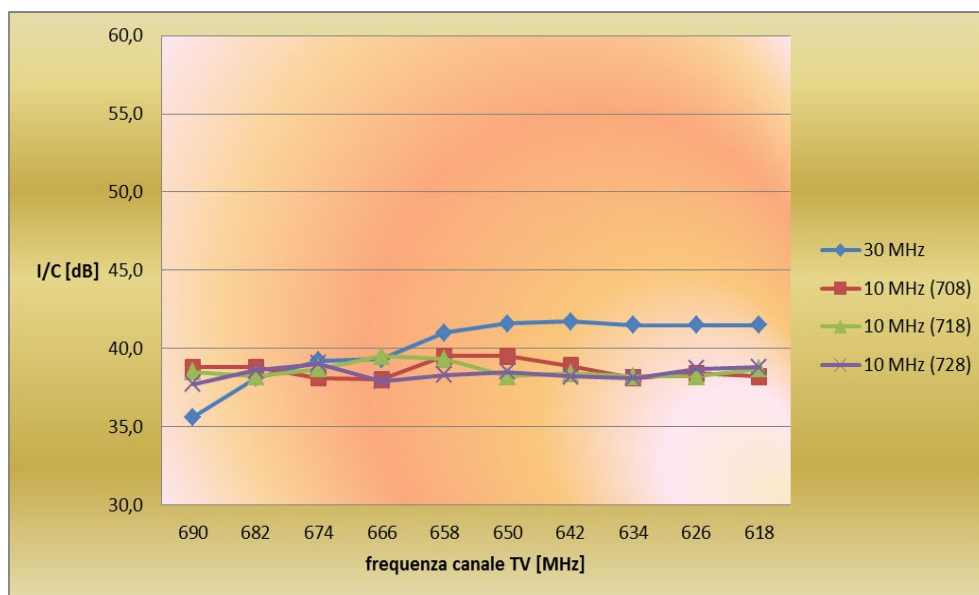


Figura 23 - (cfr LTE Uplink 10 MHz, 30 MHz) Andamento I/C, DVB-T2 -55 dBm

I prossimi quattro grafici mostrano l'andamento del rapporto di protezione misurato all'ingresso di un amplificatore di testa impostato con guadagno massimo, in presenza di segnale

DVB-T2: Sperimentazione sulle potenziali interferenze LTE 700 MHz sugli impianti di ricezione televisiva

G. Fusco, M. Ferrante

indesiderato in configurazione di LTE Downlink (con traffico al 100% e in Idle) centrato alle frequenze di 763 MHz, 773 MHz e 783 MHz e larghezza di banda di 10 MHz. I primi due grafici si riferiscono a misure con livello di potenza del segnale utile di -75 dBm, i due successivi con livello di -55 dBm.

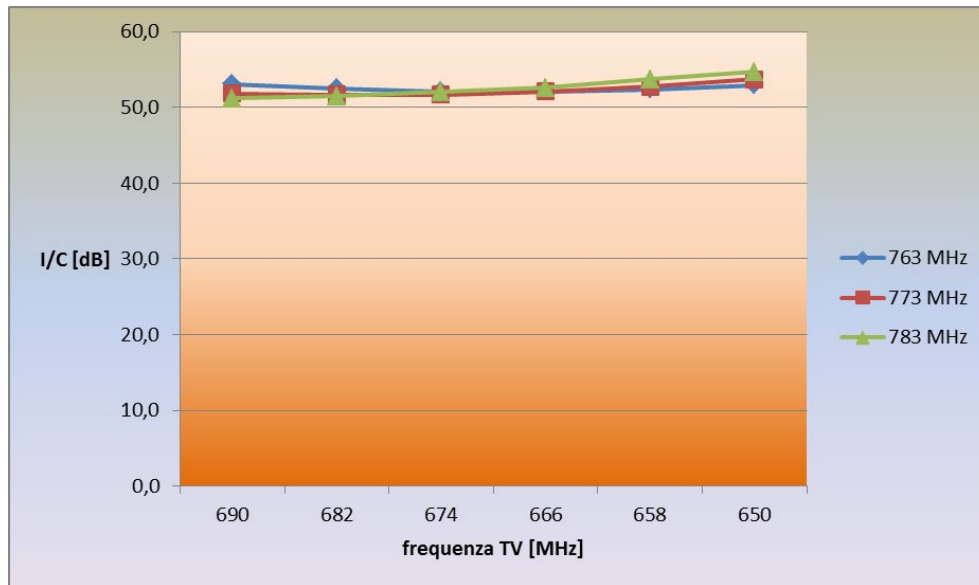


Figura 24 - I/C con LTE DL "100%", DVB-T2 a -75 dBm

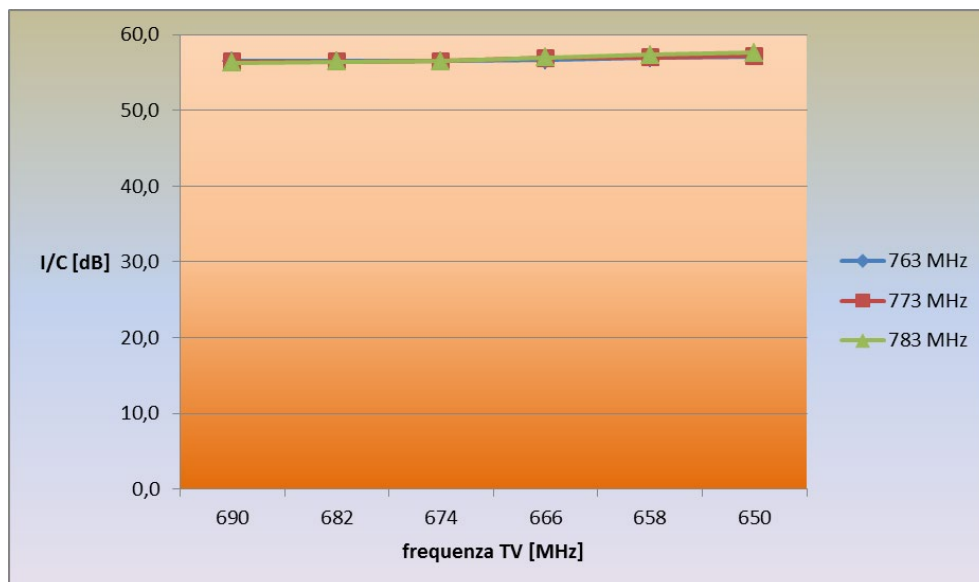


Figura 25 - I/C con LTE DL "near IDLE", DVB-T2 a -75 dBm

**DVB-T2: Sperimentazione sulle potenziali interferenze LTE 700 MHz
sugli impianti di ricezione televisiva**

G. Fusco, M. Ferrante

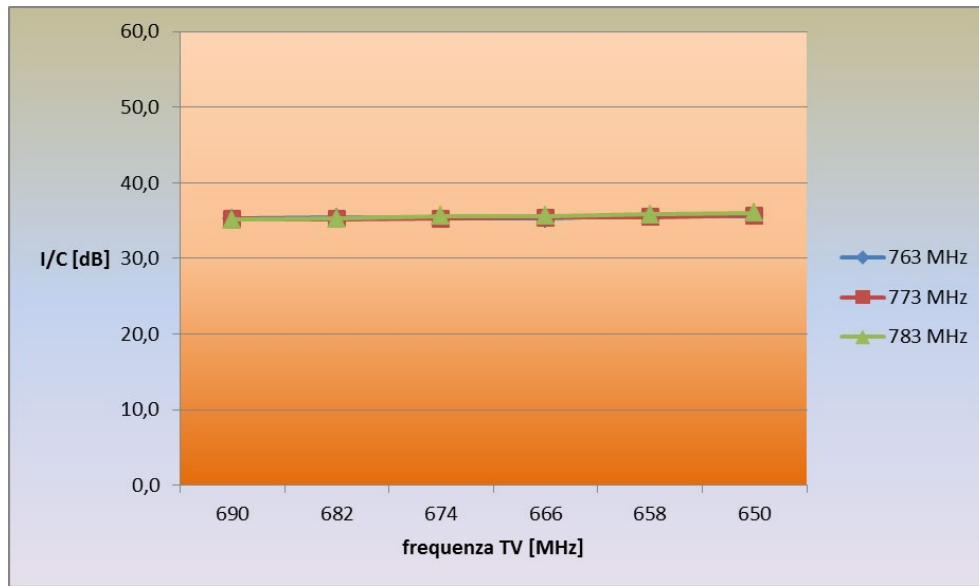


Figura 26 - I/C con LTE DL "100%", DVB-T2 a -55 dBm

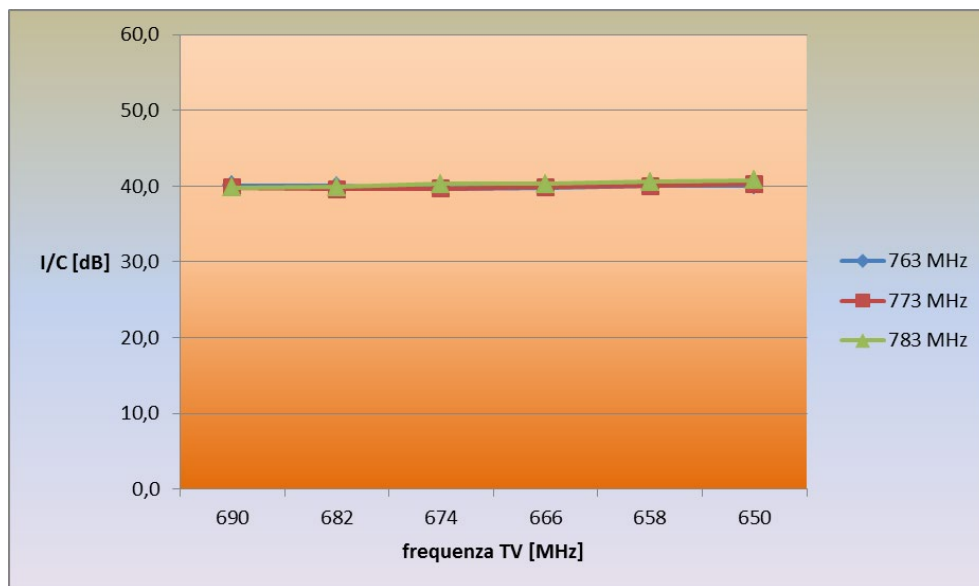


Figura 27 - I/C con LTE DL "near IDLE", DVB-T2 a -55 dBm

Gli ultimi due grafici sintetizzano l'andamento del livello di potenza del segnale LTE in configurazione di downlink e traffico al 100%, centrato a 763 MHz, in funzione del livello di potenza del segnale LTE in uplink, centrato alla frequenza di 708 MHz, entrambi a larghezza

di banda di 10 MHz e misurati all'ingresso del terminale di testa al momento del verificarsi della degradazione dell'immagine sul display televisivo. Il livello del segnale DVB-T2 (trasmesso sul canale 48, frequenza centrale 690 MHz) è fissato a -55 dBm all'ingresso del terminale di testa ed i due grafici si riferiscono rispettivamente ad impostazione di guadagno minimo (≈ 17 dB) e di guadagno massimo (≈ 37 dB) del terminale di testa medesimo.

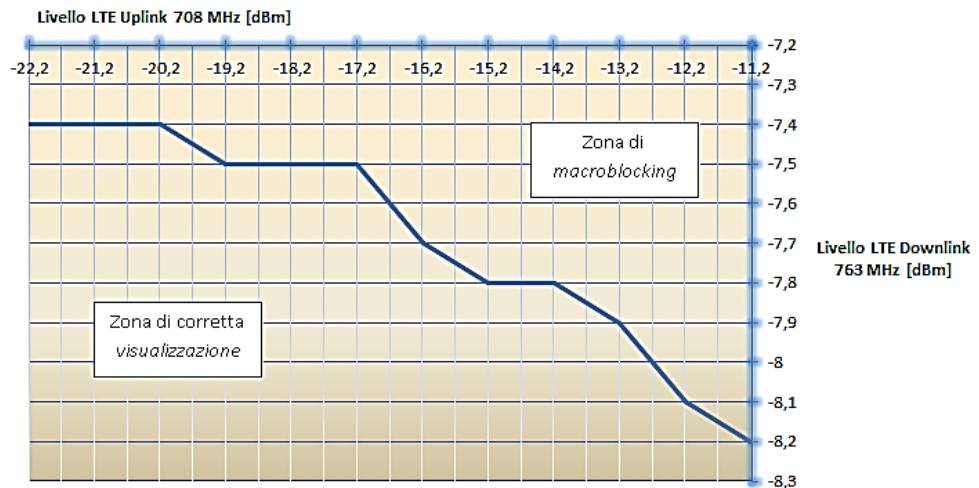


Figura 28 - Andamento alla soglia di degradazione con guadagno minimo del terminale di testa

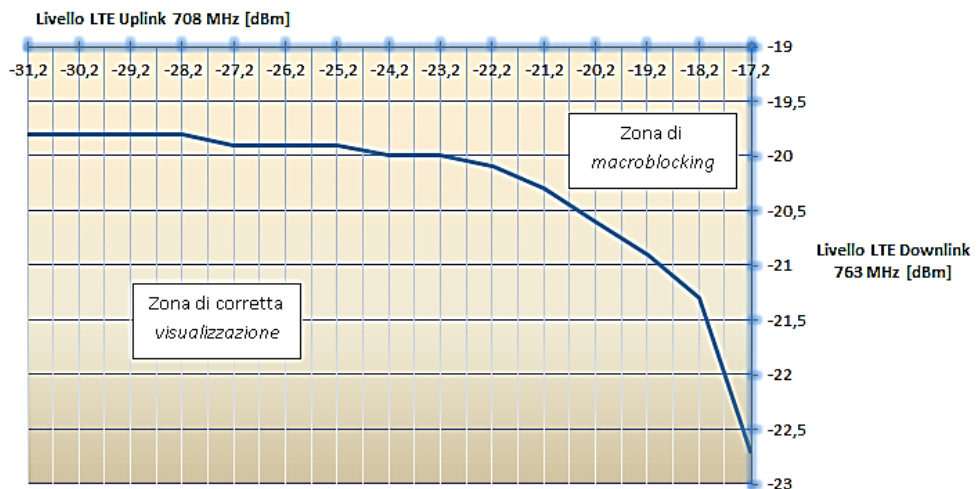
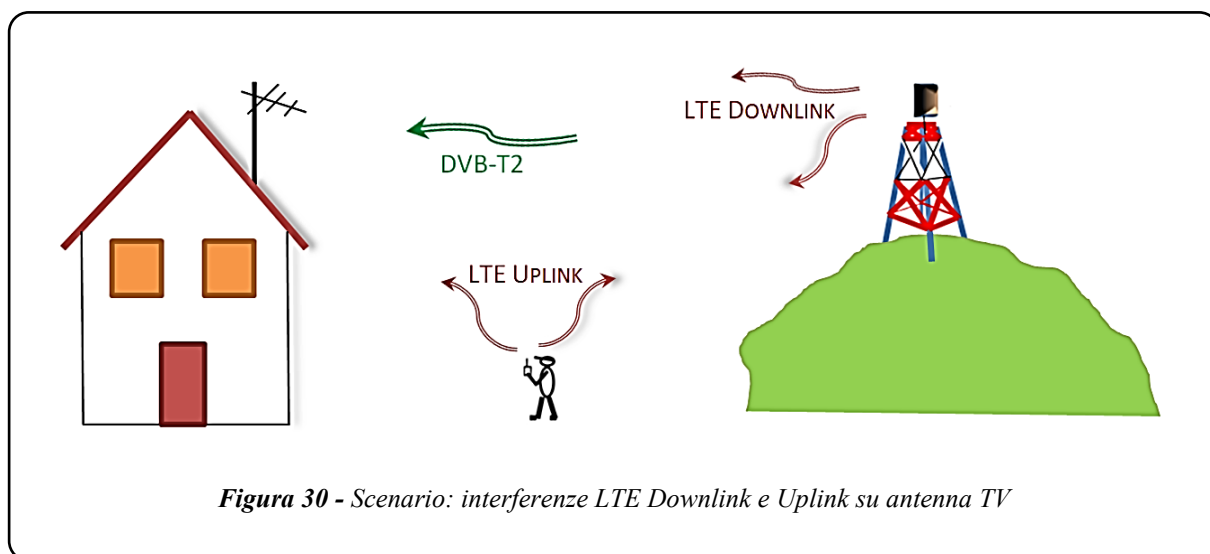


Figura 29 - Andamento alla soglia di degradazione con guadagno massimo del terminale di testa

Immaginando uno scenario interferenziale come illustrato in Figura 30, assumendo quindi assenza di ostacoli tra lato trasmissione e lato ricezione, mantenendo valida la condizione di trasmissione in spazio libero ed ipotizzando una perdita per cross polarizzazione tra antenna TV e antenne uplink e downlink LTE rispettivamente di 14 dB massima (0 dB nel caso di perdita minima) e di 3 dB, grazie ai dati raccolti, è possibile calcolare approssimativamente la coppia di valori distanza minima da antenna TV - potenza massima EIRP, che deve essere rispettata da una stazione radio base e/o un terminale d'utente LTE (smartphone) affinché non si producano macroblocking sul monitor televisivo.



Si definiscono quindi i seguenti parametri necessari per identificare la relazione che permetta il calcolo su indicato:

- EIRP [dBm]: Potenza equivalente irradiata isotropicamente dalle antenne LTE nella direzione verso l'antenna TV;
- d [m]: Distanza tra antenna trasmittente LTE e antenna ricevente TV;
- f [MHz]: Frequenza di lavoro LTE;
- I [dBm]: Livello del segnale interferente LTE all'ingresso del dispositivo sotto test per un I/C in corrispondenza di macroblocking sul ricevitore;
- G_r [dBi]: Guadagno antenna ricevente in relazione all'antenna isotropa alla frequenza f e nella direzione verso l'antenna LTE;
- A_p [dB]: Perdita per disadattamento di polarizzazione;
- A_c [dB]: Attenuazione del cavo dell'impianto TV.

La relazione che ne deriva a seguito delle ipotesi e dei parametri considerati è la seguente:

$$\text{EIRP}[\text{dBm}] - 20\log(d[\text{m}]) = I[\text{dBm}] + 20\log(f [\text{MHz}]) + A_p[\text{dB}] + A_c[\text{dB}] + G_r[\text{dBi}] - 27,6$$

Scenario 1 (segnale televisivo scarso e assenza di amplificatore TV)

1.a) Smartphone LTE che trasmette videostreaming alla frequenza di 708 MHz, in prossimità di abitazione con impianto TV, non dotato di terminale di testa, sintonizzato sul canale 48 (690 MHz) e ricevente un segnale DVB-T2 (256 QAM, Code rate 2/3, Guard interval 1/16), e antenna TV con guadagno 9 dBi e attenuazione cavo tv di 3 dB.

Degradazione all'ingresso del TV: I/C = 47,3 dB; (Figura 12)

$$C = -70 \text{ dBm}; I = -22,7 \text{ dBm}$$

- per $A_p = 0 \text{ dB}$

LTE Uplink EIRP [dBm]	d [m]
23	1.6
21	1,3
19	1
17	0,8

- per $A_p = 14 \text{ dB}$

LTE Uplink EIRP [dBm]	d [m]
23	0,3
21	0,3
19	0,2
17	0,2

1.b) Stazione Radio Base LTE che trasmette a pieno carico (traffico 100%) alla frequenza di 763 MHz, in prossimità di abitazione con impianto TV, non dotato di terminale di testa, sintonizzato sul canale 48 (690 MHz) e ricevente un segnale DVB-T2 (Code rate 2/3, Guard interval 1/16), e antenna TV con guadagno 9 dBi e attenuazione cavo tv di 3 dB.

Degradazione all'ingresso del TV: I/C = 51,5 dB; (Figura 21)

$$C = -70 \text{ dBm}; I = -18,5 \text{ dBm}$$

- per $A_p = 3$ dB

LTE Downlink EIRP [dBm]	d [m]
60	47
57	33
54	24
51	17

Scenario 2 (segnale televisivo di livello basso e presenza di amplificatore TV con guadagno massimo)

2.a) Smartphone LTE che trasmette videostreaming alla frequenza di 708 MHz, in prossimità di abitazione con impianto TV, dotato di terminale di testa, sintonizzato sul canale 48 (690 MHz) e ricevente un segnale DVB-T2 (256 QAM, Code rate 2/3, Guard interval 1/16), e antenna TV con guadagno 9 dBi e attenuazione cavo tv di 3 dB.

Degradazione all'ingresso del terminale di testa: $I/C = 45,4$ dB; (Figura 22)

$$C = -75 \text{ dBm}; I = -29,6 \text{ dBm}$$

- per $A_p = 0$ dB

LTE Uplink EIRP [dBm]	d [m]
23	3,6
21	2,9
19	2,3
17	1,8

- per $A_p = 14$ dB

LTE Uplink EIRP [dBm]	d [m]
23	0,7
21	0,6
19	0,5
17	0,4

2.b) Stazione Radio Base LTE che trasmette a pieno carico (traffico 100%) alla frequenza di 763 MHz, in prossimità di abitazione con impianto TV, dotato di terminale di testa, sintonizzato

sul canale 48 (690 MHz) e ricevente un segnale DVB-T2 (Code rate 2/3, Guard interval 1/16), e antenna TV con guadagno 9 dBi e attenuazione cavo tv di 3 dB.

Degradazione all'ingresso del terminale di testa: I/C = 53,1 dB; (Figura 24)

$$C = -75 \text{ dBm}; I = -21,9 \text{ dBm}$$

- per $A_p = 3 \text{ dB}$

LTE Downlink EIRP [dBm]	d [m]
60	70
57	49
54	35
51	25

Scenario 3 (segnale televisivo di livello medio e presenza di amplificatore TV con guadagno massimo)

3.a) Smartphone LTE che trasmette videostreaming alla frequenza di 708 MHz, in prossimità di abitazione con impianto TV, dotato di terminale di testa, sintonizzato sul canale 48 (690 MHz) e ricevente un segnale DVB-T2 (256 QAM, Code rate 2/3, Guard interval 1/16), e antenna TV con guadagno 9 dBi e attenuazione cavo tv di 3 dB.

Degradazione all'ingresso del terminale di testa: I/C = 38,8 dB; (Figura 23)

$$C = -55 \text{ dBm}; I = -16,2 \text{ dBm}$$

- per $A_p = 0 \text{ dB}$

LTE Uplink EIRP [dBm]	d [m]
23	0,8
21	0,6
19	0,5
17	0,4

- per $A_p = 14$ dB

LTE Uplink EIRP [dBm]	d [m]
23	0,2
21	0,1
19	0,1
17	0,1

3.b) Stazione Radio Base LTE che trasmette a pieno carico (traffico 100%) alla frequenza di 763 MHz, in prossimità di abitazione con impianto TV, dotato di terminale di testa, sintonizzato sul canale 48 (690 MHz) e ricevente un segnale DVB-T2 (Code rate 2/3, Guard interval 1/16), e antenna TV con guadagno 9 dBi e attenuazione cavo tv di 3 dB.

Degradazione all'ingresso del terminale di testa: $I/C = 35,3$ dB; (Figura 26)

$$C = -55 \text{ dBm}; I = -19,7 \text{ dBm}$$

- per $A_p = 3$ dB

LTE Downlink EIRP [dBm]	d [m]
60	54
57	38
54	27
51	19

3.c) Smartphone LTE che trasmette videostreaming alla frequenza di 708 MHz e, contemporaneamente, Stazione Radio Base LTE che trasmette a pieno carico (traffico 100%) alla frequenza di 763 MHz, in prossimità di abitazione con impianto TV, dotato di terminale di testa, sintonizzato sul canale 48 (690 MHz) e ricevente un segnale DVB-T2 (Code rate 2/3, Guard interval 1/16), e antenna TV con guadagno 9 dBi e attenuazione cavo tv di 3 dB.

Degradazione all'ingresso del terminale di testa (Figura 29) – un esempio

$$C = -55 \text{ dBm}; I_{UL} = -29,2 \text{ dBm}; I_{DL} = -19,8 \text{ dBm}$$

- per $A_p = 0$ dB

LTE Uplink EIRP [dBm]	d [m]
23	3,5
21	2,8
19	2,2
17	1,7

- per $A_p = 14$ dB

LTE Uplink EIRP [dBm]	d [m]
23	0,7
21	0,5
19	0,4
17	0,3

- per $A_p = 3$ dB

LTE Downlink EIRP [dBm]	d [m]
60	55
57	39
54	27
51	19

4. Conclusioni

In questo documento sono state riportate le misurazioni eseguite, in modalità condotta, su un banco di sperimentazione presso il laboratorio Radiodiffusione sonora e televisiva dell'Istituto Superiore C.T.I. del Ministero dello sviluppo economico. Le prove sono state effettuate al fine di indagare sulla coesistenza tra i segnali del servizio radiomobile LTE trasmessi in banda 700 MHz in uplink (nell'intervallo di frequenze che va da 703 MHz a 733 MHz) e/o in downlink (nell'intervallo di frequenze che va da 758 MHz a 788 MHz) ed i segnali in tecnica DVB-T2 in banda 600 MHz (fino al canale 48, frequenza centrale 690 MHz, ultimo canale disponibile in Italia dal 1° luglio 2022 per le trasmissioni televisive del digitale terrestre). Per sondare l'interferenza provocata sui ricevitori tv sono stati utilizzati come segnali indesiderati le forme d'onda rappresentative del servizio LTE indicate dalla norma armonizzata ETSI EN 303 340 V1.1.2 (2016/09). I dati dei test di laboratorio sono stati analizzati per valutare le

eventuali situazioni interferenziali scaturite dai suindicati segnali radiomobile all'ingresso di un tipico impianto di ricezione televisiva presente attualmente in Italia, con e senza terminale di testa. I risultati dei test hanno mostrato un andamento interferenziale essenzialmente atteso:

- L'effetto interferenziale LTE, qualora il segnale televisivo sia di livello di potenza minimo, è presente tanto per le trasmissioni in Uplink quanto per le trasmissioni in Downlink, seppur di valore piuttosto trascurabile.
- Tale effetto generalmente decresce con l'incremento della separazione in frequenza tra il segnale utile DVB-T2 e quello indesiderato LTE.
- Le distanze e le potenze dei trasmettitori LTE (smartphone e stazioni radio base) tali che non si procuri degradazione sul display televisivo sono agevolmente rispettabili.
- Una modulazione più robusta del segnale utile mostra una migliore resistenza alla presenza di segnali interferenziali LTE.
- L'aumento di symbol rate a parità di modulazione del segnale utile mostra una maggiore sensibilità alla presenza di interferenza LTE in particolar modo per il canale televisivo più vicino ai segnali indesiderati.

Gli autori ringraziano il Dirigente, Ing. Giuseppe Pierri e i sigg. Roberto Dal Molin e Maurizio Fasciolo della Divisione IV della DGTCISI - ISCTI per la disponibilità alla realizzazione della sperimentazione.

Riferimenti bibliografici

- [1] DECISIONE N. 243/2012/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 14 marzo 2012 che istituisce un programma pluriennale relativo alla politica in materia di spettro radio
- [2] COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI - Strategia per il mercato unico digitale in Europa (6 maggio 2015)
- [3] ECC Decision (15)01 “Harmonised technical conditions for mobile/fixed communications networks (MFCN) in the band 694-790 MHz including a paired frequency arrangement (Frequency Division Duplex 2x30 MHz) and an optional unpaired frequency arrangement (Supplemental Downlink)”, CEPT, 6 marzo 2015
- [4] DECISIONE (UE) 2017/899 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 17 maggio 2017 relativa all'uso della banda di frequenza 470-790 MHz nell'Unione
- [5] Legge 27 dicembre 2017, n. 205 - Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2018 e bilancio pluriennale per il triennio 2018-2020
- [6] E. Restuccia, G. Fusco, M. Ferrante, “Laboratory simulation on the coexistence of TV broadcasting service with broadband wireless access LTE in the 800 MHz band”, La Comunicazione Magazine, 2014
- [7] Decreto Ministero dello sviluppo economico 8 agosto 2018 relativo alla road map per la liberazione della banda 700 MHz
- [8] ETSI EN 303 340 V1.1.2, “Digital Terrestrial TV Broadcast Receivers; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU”, Settembre 2016
- [9] GUIDA CEI 100-7, “Guida per l'applicazione delle Norme sugli impianti per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi”, 2016, edizione quinta
- [10] Decreto Ministero dello Sviluppo Economico del 19 giugno 2019 recante “Nuovo calendario nazionale rilascio banda 700 MHz”