



Seminario di studio

"Procedure autorizzative degli impianti di telefonia mobile 5G"

28 novembre 2019 – Roma

Applicazione del fattore TDD in fase autorizzativa per impianti 4G e 5G

Sara Adda, Laura Anglesio– Arpa Piemonte
Dipartimento Rischi Fisici e Tecnologici



IL FATTORE DI ATTENUAZIONE F_{TDC}

Il fattore F_{TDC} indica il **rapporto tra la potenza media trasmessa in downlink su 6 minuti e la potenza massima istantanea**, per un segnale a trasmissione discontinua quale è il segnale 4G TDD o 5G TDD.

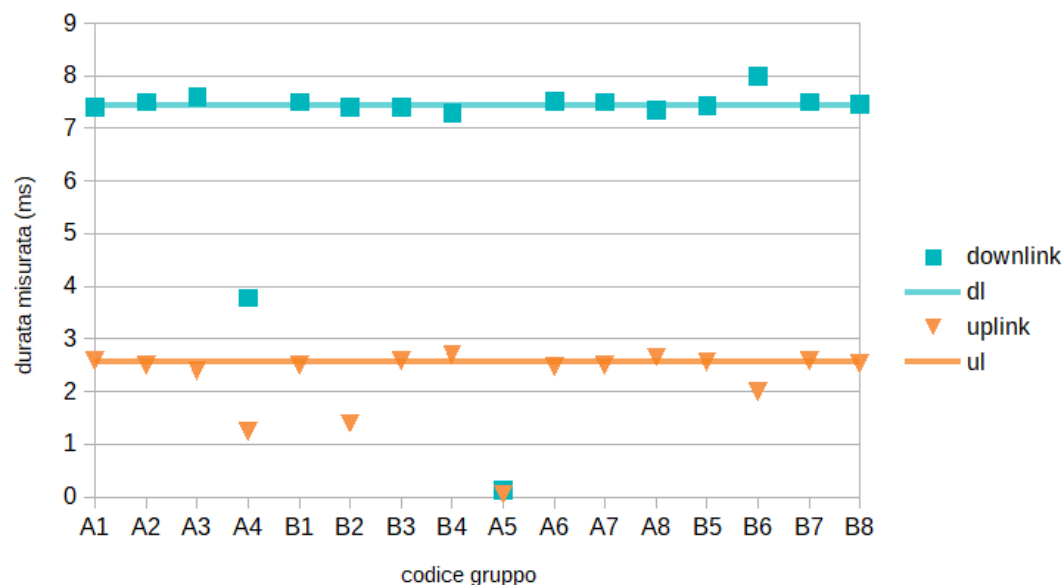
Ai fini del confronto con i limiti (che sono valori di esposizione mediati su 6 minuti), è perciò il fattore da moltiplicare per la potenza massima per ottenere il valore di potenza media su 6 minuti effettivamente in ingresso all'antenna.

Esso dipende esclusivamente dalla configurazione di uplink/downlink implementata ed è costante nel tempo (indipendente dalle condizioni di traffico)

La configurazione di uplink/downlink scelta per tutti gli impianti di una certa area non può essere modificata a piacere dal gestore (pena mancato sincronismo e conseguente disturbo tra celle di impianti adiacenti).

IL FATTORE DI ATTENUAZIONE F_{TDC}

Si tratta di un fattore **verificabile tramite misure in campo** (come visto anche durante l'interconfronto svolto a Torino): è sufficiente identificare in span zero i periodi di downlink e di uplink e misurarne la durata.



E' del tutto analogo ai fattori per DTX e PC, previsti per il GSM dalla norma CEI 211-10.

E' stato inserito nelle formule di estrapolazione previste dalla revisione dell'appendice E alla norma CEI 211-7 (in via di pubblicazione)



ESPERIENZA DI APPLICAZIONE DEL FATTORE F_{TDC} IN PIEMONTE

Da luglio 2017 Arpa Piemonte applica il fattore di attenuazione dovuto alla trasmissione TDD nelle valutazioni preventive degli impianti 4G di Linkem.

Rif. Arpa Piemonte prot. 63060 del 19/07/2017

Oggetto: trasmissione risultati misure su segnale LTE TDD del 20/06/2017

Con la presente si invia un estratto di relazione tecnica interna, relativo ai risultati delle misure effettuate sul vostro impianto di Caselle Torinese in data 20/06/2017. Da tali misure è emerso che il fattore di attenuazione legato alla trasmissione TDD è rilevabile, e corrisponde a quanto previsto dallo standard. Pertanto, tale fattore si ritiene applicabile in fase di valutazione preventiva ai fini del rilascio dei pareri, purché sia esplicitata la configurazione di rete implementata (configurazione Uplink/Downlink e Special Subframe). Il fattore applicabile per la configurazione attualmente implementata (UI/DI = 2; SSF = 5) è pari a 0.643, mentre per la configurazione prevista allo switch-off del WiMax (UI/DI = 2; SSF = 7) è pari a 0.743.

Ad oggi applicato per circa una cinquantina di impianti sul territorio regionale.



richiesta gestore

DATI TECNICI

Nuovo impianto:	NO
Modifica Impianto – Implementazione:	SI
Modifica Impianto – Sostituzione:	NO
Frequenza:	3400 - 3600 MHz
Multiplexing:	NO

Altezza del centro elettrico del sistema radiante dal suolo: 27.80 m

~~Altezza del centro elettrico del sistema radiante dal colmo:~~

Applicazione Beta TDD	SI
Configurazione	UI/DI = 2; SSF = 7
Coefficiente Beta TDD	0.743

Potenza massima in antenna	47.1 W (LTE)
Potenza al connettore di antenna Beta TDD	35.0 W (LTE)
Direzione:	20°
Marca Antenna:	MOBI
Modello Antenna:	MB3500-65-17DDT2
Guadagno del sistema irradiante:	17 dBi
Tilt meccanico:	3°
Tilt elettrico:	2°
Tilt complessivo:	5°
Polarizzazione:	+/-45°
Numero massimo di portanti:	4

Gestione a livello di database delle sorgenti

DATI TECNICI

NORMATIVA ☐ L.R. 6/89 ☐ D.L. 259/03 ☒ L.R. 19/04	POTENZA ☐ ≤ 20 Watt ☒ > 20 Watt ☐ ≤ 5 Watt	VARIE ☐ PONTE RADIO ☐ PASS.DVBT ☐ Multifrequenza	SISTEMA ☒ LTE ☐ GSM ☐ DCS ☐ UMTS ☐ WIMAX ☐ 5G ☐ P.C. ☐ DTX ☐ A.C.
---	---	---	---

Frequenza (MHz) Direzione/i (°)

meccanico elettrico pronuncia Centro el.(m)
Tilt (°)

Alfa 24 **Beta TDD** ☒ ON ☐ OFF Portanti Potenza (kW) P. Calcolata(W)

Guadagno(dBi) Polarizzazione Nome Segnale Coordinate UTM (se diverse)

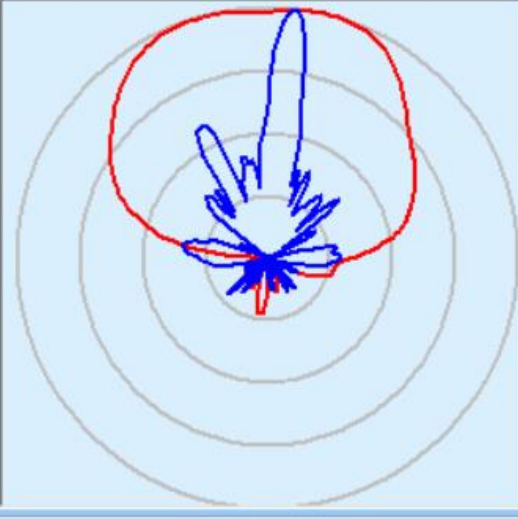
Applicata Equivalenza d'antenna Protocollo Data (applicabile solo una volta, poi si rilascia nuovo parere)

DIAGRAMMA ANTENNA

☒ COPIA PERCORSO ☐ COPIA MSI ☐ INCOLLA MSI ☐ IMPORTA

Linkem\2018_78681\ATD4516R8\ATD4516R8
bb_3500_X_CO_P45_06T.msi

Carica diagramma da file...
☐ Archiviati
☒ Escludi .5°



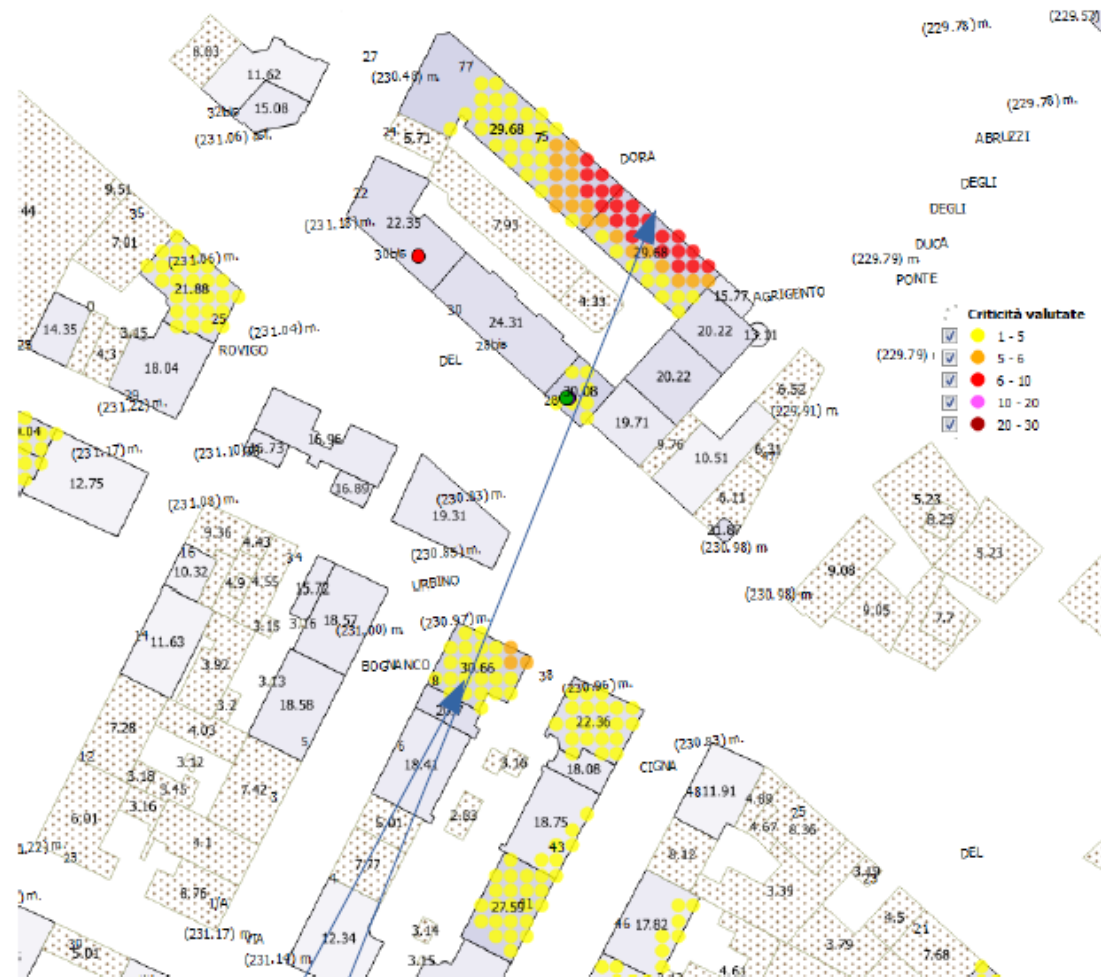
NAME HUAWEI ATD4516R8 bb_3
FREQUENCY 3500
GAIN 15.44 dBd
TILT ELECTRICAL
COMMENT VERSION V00 +45 deg
HORIZONTAL 360
0.00 0.69
1.00 0.59
2.00 0.50
3.00 0.41
4.00 0.33
5.00 0.25
6.00 0.20
7.00 0.15
8.00 0.11
9.00 0.08
10.00 0.05
11.00 0.04



Valutazione congiunta impianto Linkem sito in Torino, strada del Fortino 28

Si valuta il campo elettrico alla quota di +1.5m rispetto alla gronda di ogni edificio nel raggio di 300m dall'impianto.

Valutazione teorica



Si osserva il superamento del valore di attenzione presso gli edifici:

1. lungo Dora Agrigento 73-77.

Si osservano valori prossimi al valore di attenzione presso gli edifici:

2. via Bognanco 28



Emissione del parere

ALLEGATO I

ELENCO DEI SISTEMI IRRADIANTI

Freq (MHz)	Direz. (°)	Potenza rich.(W)	Potenza calc.(W)	a24/B Tdd	Altezza c.e.(m)	Tilt E.(°)	Tilt M.(°)	Tipo Autorizzazione - Note tecniche allegate
3500	160	48	35.66 ^{*3}	0.743	31.2	4	0	LTE: Parere Tecnico - Documentazione completa.
3500	270	70	52.01 ^{*3}	0.743	31.2	3	0	LTE: Parere Tecnico - Documentazione completa.
23600	97	1			31	0	0	Com. ex art.6 DGR 16-757/05, prot. 67801 del 29/07/2019
23600	180	1			31	0	0	Com. ex art.6 DGR 16-757/05, prot. 67801 del 29/07/2019

^{*3} N.B.: La potenza calcolata tiene conto del fattore Beta TDD fornito.

NOTA GENERALE:

Valutazione eseguita con il tilt di utilizzo. Si ricorda di comunicare qualsiasi variazione del tilt, fornendo i diagrammi ad esso relativi.

Annulla il precedente parere/pronunciamento con prot. n° 60677 del 12/07/2017, all'atto della realizzazione dell'impianto nella configurazione di cui alla richiesta del 29-07-2019.

Esempio di misure su impianto con F_{TDC}



Foto 1 – Impianti Str. Del Fortino 28, 30



Foto 2 – Punto centralina, balcone 9° pft

Condizioni impianto al momento della misura

	LTE 3500			
	cella1	cella2	cella3	cella4
Altezza centro elettrico dal suolo e basamento	SPENTA	31	31	
AZIMUT – Direzione di massimo irraggiamento	SPENTA	160	270	
Marca e Modello antenne installate (sia in ricezione che in trasmissione)	SPENTA	MOBI MB3500-65-17DDT2	MOBI MB3500-65-17DDT2	
Condizioni di esercizio, specificando center frequency e larghezza di banda	SPENTA	Prima portante 3468,5 MHz, Seconda portante 3488,5, Terza portante 3448,5, Quarta portante 3588,5, Larghezza di banda 20MHz	Prima portante 3468,5 MHz, Seconda portante 3488,5, Terza portante 3448,5, Quarta portante 3588,5, Larghezza di banda 20MHz	

Tilt meccanico ed elettrico in uso; eventuale presenza di remote control (se presente, indicare il range)	SPENTA	2E + 2M	2E + 1M
Potenze massime fornite ai sistemi radianti espresse in W – Potenza nominale)	SPENTA	35	50
Potenze massime fornite ai sistemi radianti espresse in W - (*)Potenza ridotta			
percentuali α_{24day} della potenza per ogni cella**	SPENTA	1	1
Parametro Boosting Factor per l'estrapolazione della massima potenza dei sistemi LTE	SPENTA	3dB	3dB
codice identificativo univoco della cella - cell numbers (cell ID, 0 to 503).	SPENTA	55	59



Risultati misura

<u>E (V/m) teorico nella conf. parere favorevole (con Ftdc)</u>	<u>E (V/m) teorico nella conf. Di funzionamento (con Ftdc)</u>	<u>E (V/m) estrapolato dalle misure (con Ftdc)</u>
2.02	2.11	2.03

Il valore estrapolato a partire dalla misura con decodifica (con $F_{TDC} = 0.743$ e $\alpha_{24}=1$) rappresenta il valore massimo della media su 6 minuti in quel punto. Come visto in premessa, tale valore è indipendente dalle condizioni di traffico nella giornata di misura.

Sistema	Frequenza	Settore	Cell ID	Span	E(V/m) Mis	nRS	ERS0(V/m)	ERS1(V/m)	ERS2(V/m)	ERS3(V/m)	Boost_factor(num)	E(V/m) Estrapolato	A24 day	E24h day (V/m)
LTE Linkem	3448.5	2	55	20	1.03	1200	0.03976	0.0367	0	0	2	1.325	0.86	1.229
	3448.5	3	59	20		1200			0	0	2	0	0.86	0
Totale LTE Linkem					1.03							1.325		1.229

IL TDD NEL 5G: NOVITA' RISPETTO AL 4G

Nel 4G, la gestione nel tempo di UL/DL avviene a livello di subframe, e vengono definite un numero limitato di configurazioni possibili di assegnazione di ciascun subframe della trama a Downlink ed Uplink. Sono anche previste delle Special Subframes, con un'assegnazione in D o U dei singoli simboli (anche qui numero di configurazioni limitato)

Linkem

Uplink-downlink configuration	Downlink-to-Uplink Switch-point periodicity	Subframe number									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5 ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5 ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10 ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10 ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10 ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

Special SubFrame Configuration Options						
Format	Normal CP			Extended CP		
	DWPTS	GP	UpPTS	DWPTS	GP	UpPTS
0	3	10	1	3	8	1
1	9	4	1	8	3	1
2	10	3	1	9	2	1
3	11	2	1	10	1	1
4	12	1	1	3	7	2
5	3	9	2	8	2	2
6	9	3	2	9	1	2
7	10	2	2	-	-	-
8	11	1	2	-	-	-



IL TDD NEL 5G: NOVITA' RISPETTO AL 4G

Nel 5G è invece possibile una gestione molto dinamica di UL/DL anche a livello di simbolo, con moltissime configurazioni possibili essendo disponibili 14 simboli per slot.

Slot Format

Slot Format indicates how each of symbols within a single slot is used. It defines which symbols are used for uplink and which symbols are used for downlink within a specific slot. In LTE TDD, if a subframe (equivalent to a Slot in NR) is configured for DL or UL, all of the symbols within the subframe should be used as DL or UL. But in NR, the symbols within a slot can be configured in various ways as follows.

- We don't need to use every symbols within a slot (this can be a similar concept in LAA subframe where only a part of subframes can be used for data transmission).
- Single slot can be divided into multiple segments of consecutive symbols that can be used for DL , UL or Flexible.

Theoretically we can think of almost infinite number of possible combinations of DL symbol, UL symbol, Flexible Symbol within a slot, but 3GPP allows only 61 predefined symbol combination within a slot as in following table. These predefined symbol allocation of a slot called Slot Format. (For the details on how these Slot Format is being used in real operation, refer to [Slot Format Combination](#) page).

Symbol Number in a slot

Format	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
1	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
2	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
3	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F
4	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F
5	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F
6	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F	F
7	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F	F	F
8	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U
9	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U	U
10	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
11	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
12	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
13	F	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
14	F	F	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U
15	F	F	F	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U
16	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
17	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
18	D	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
19	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U
20	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U
21	D	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U
22	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U	U
23	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U	U
24	D	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U	U
25	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U	U	U

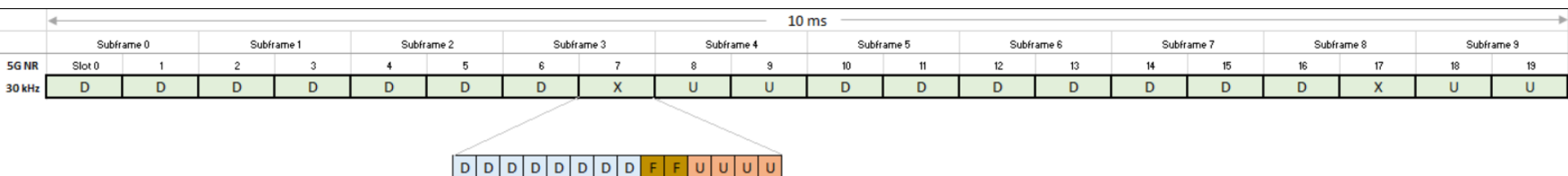
Tutto lo slot Downlink

Tutto lo slot Uplink

Tutto lo slot flessibile

61 configurazioni
possibili

SLOT ALLOCATION - the configuration based on Slot would be broadcast from SIB1 or/and configured with RRC Connection Reconfiguration message (*dynamic TDD*).





DDDSU frame



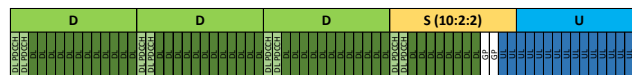
DDDDDDDSUU frame



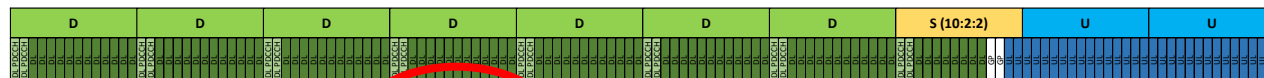
DSDU frame



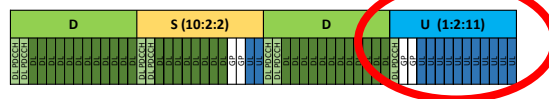
DDDSU frame



DDDDDDDSUU frame



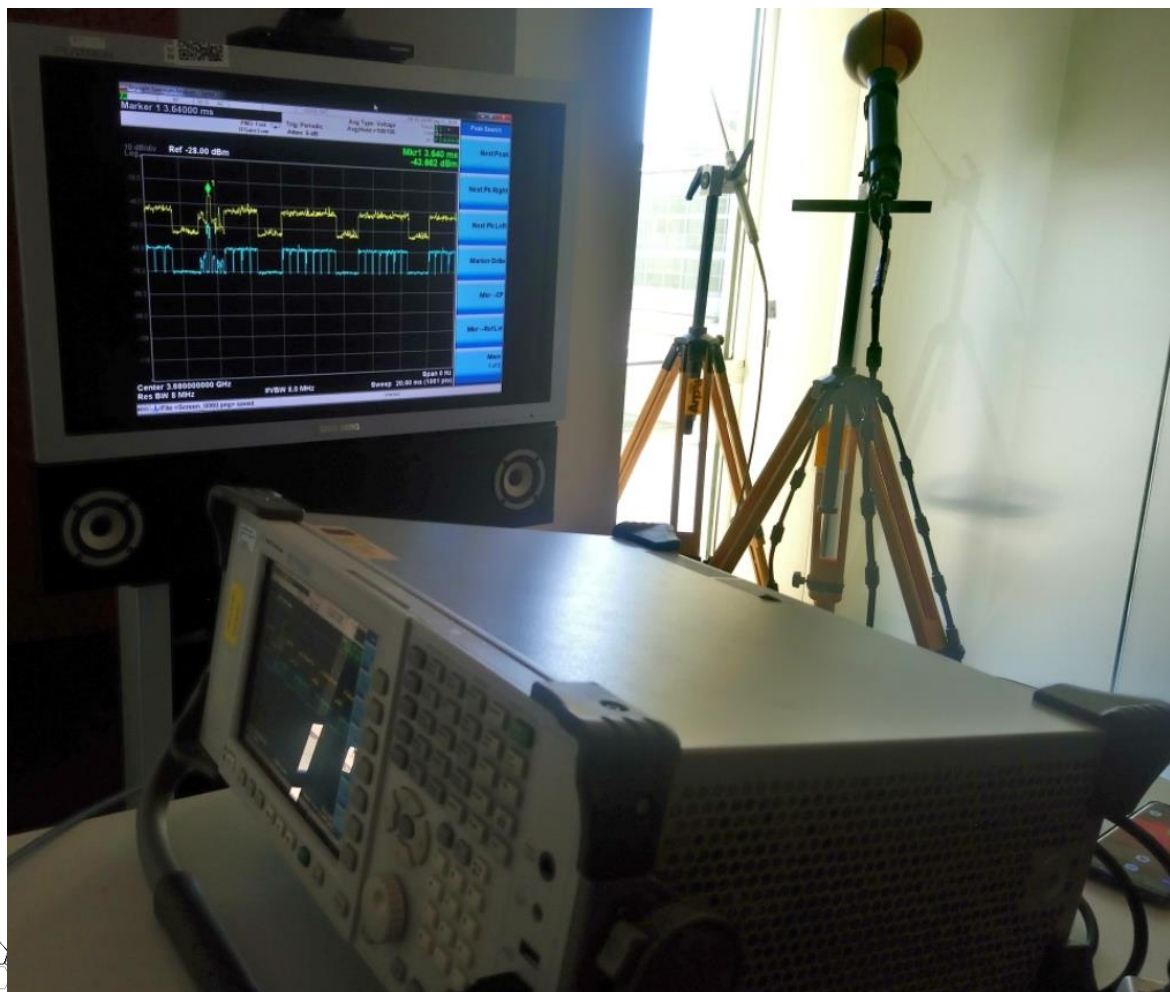
DSDU frame

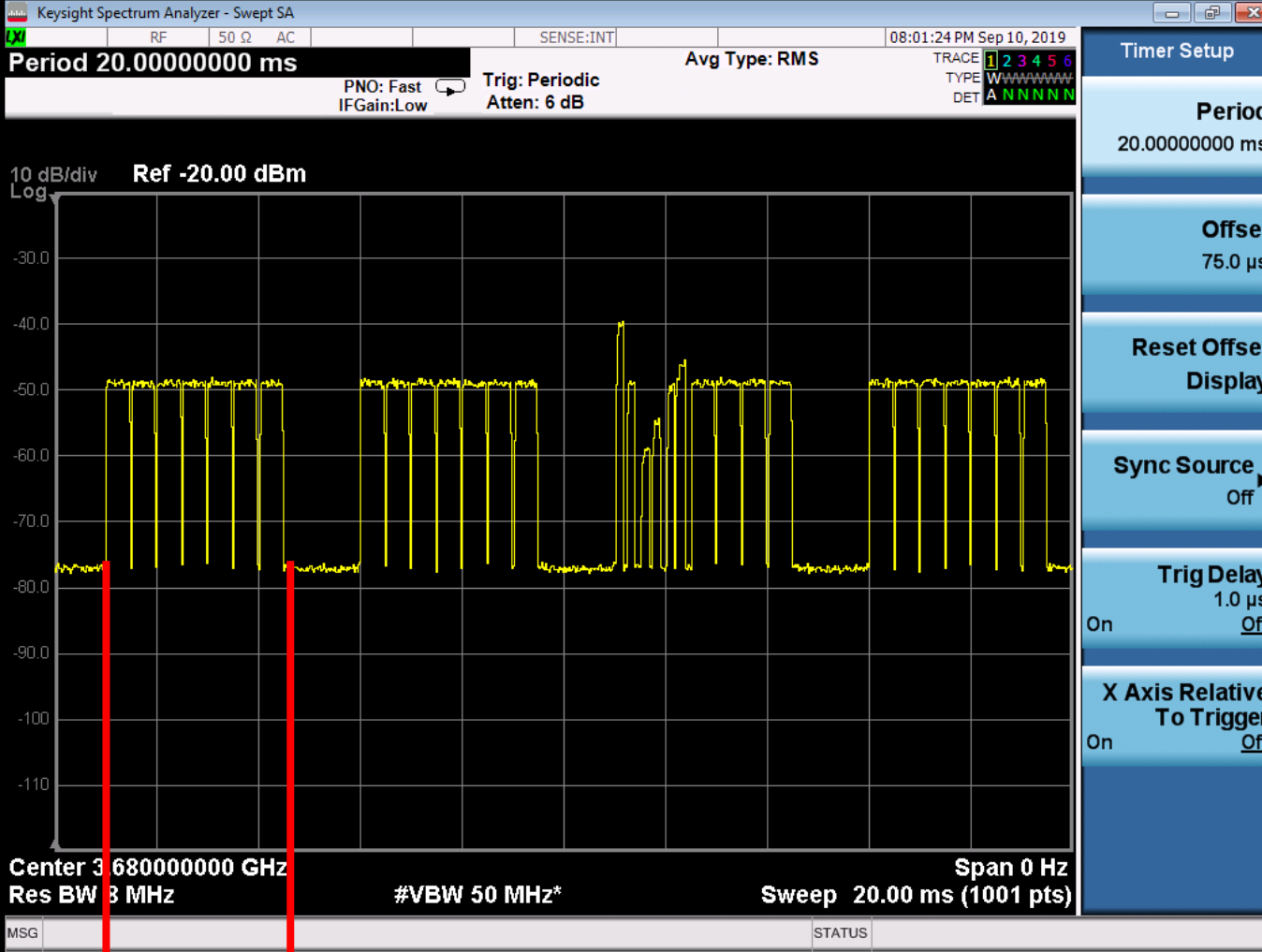




IL TDD NEL 5G

Prove su impianto in test (banda 3.7 GHz), con forzatura del traffico da terminali mobili





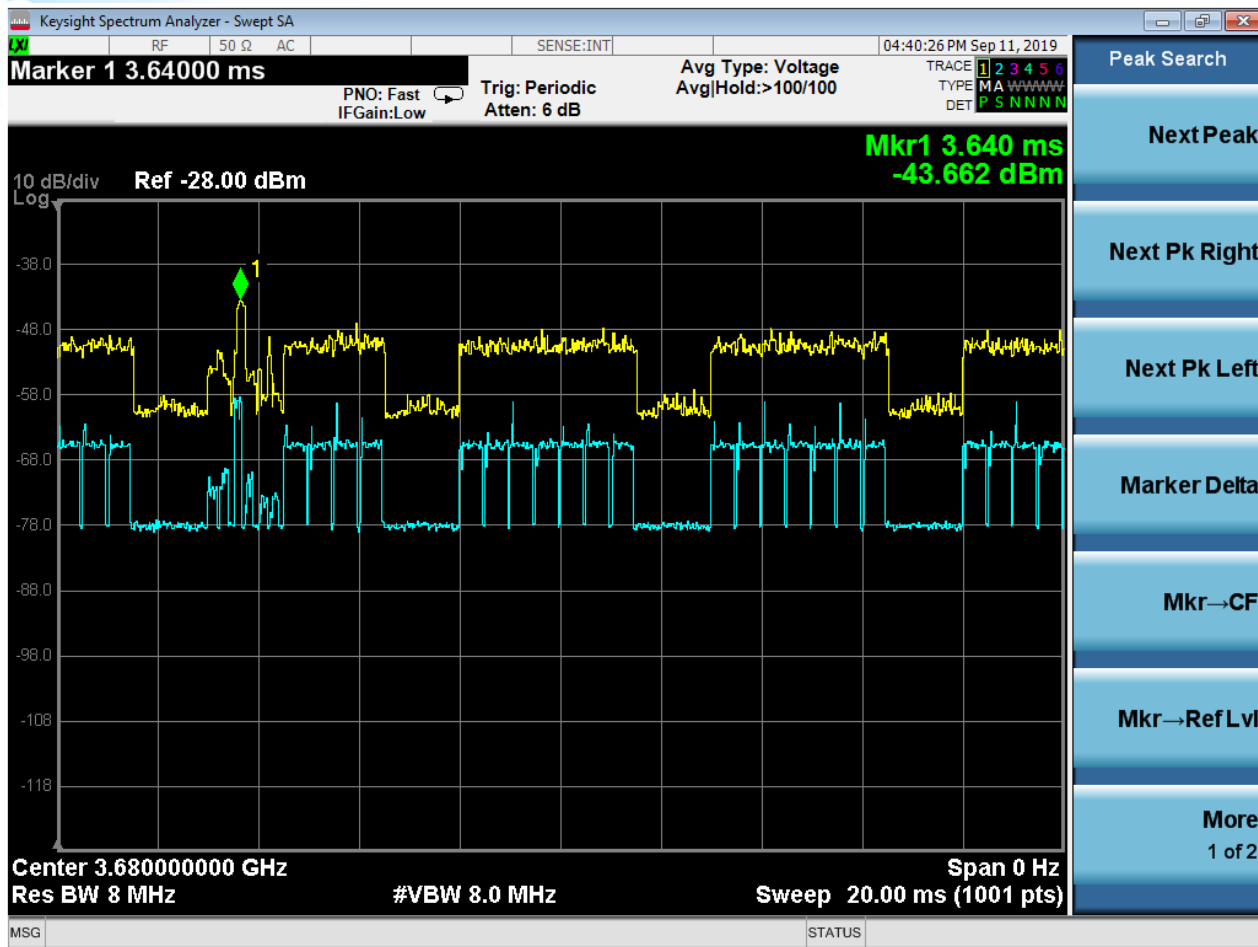
Misurando la durata di 1 slot (0.5ms), si ricava che per questo segnale $\mu=1$

3.5 ms

X 2 = 7 ms

$$F_{TDC} = 7 \text{ ms} / 10 \text{ ms} = 0.7$$

corrisponde al valore indicato da TR 62669



1. Duplexing TDD → DDDDDDDSUU
2. Struttura slot S → D:G:U=6:4:4
3. Periodo TDD 5 ms
4. $F_{TDC} = 0.743$



The 5G-NR DDDDDDDDSUU multi slot structure (30 kHz SCS, start shifted to the first DL slot) is with respect to timing and UL/DL configuration an identical match with LTE-TDD frame configuration #2 also known as DSUDDDSUDD.

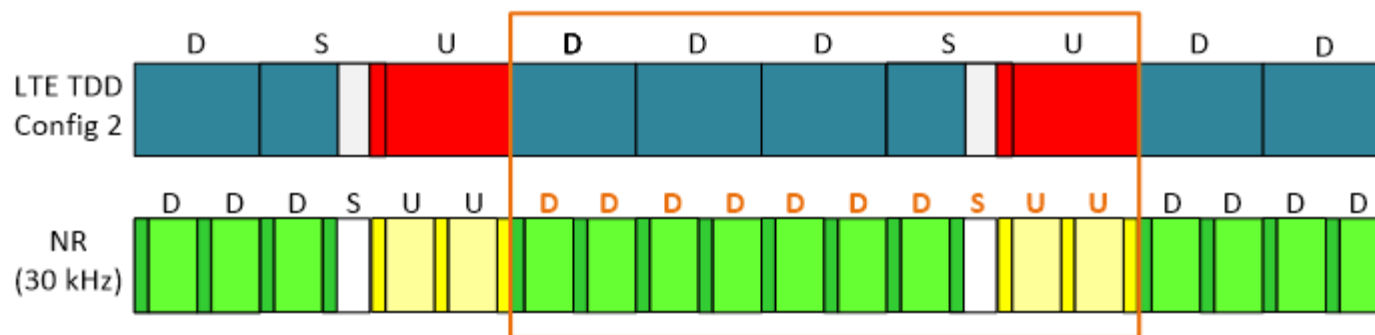
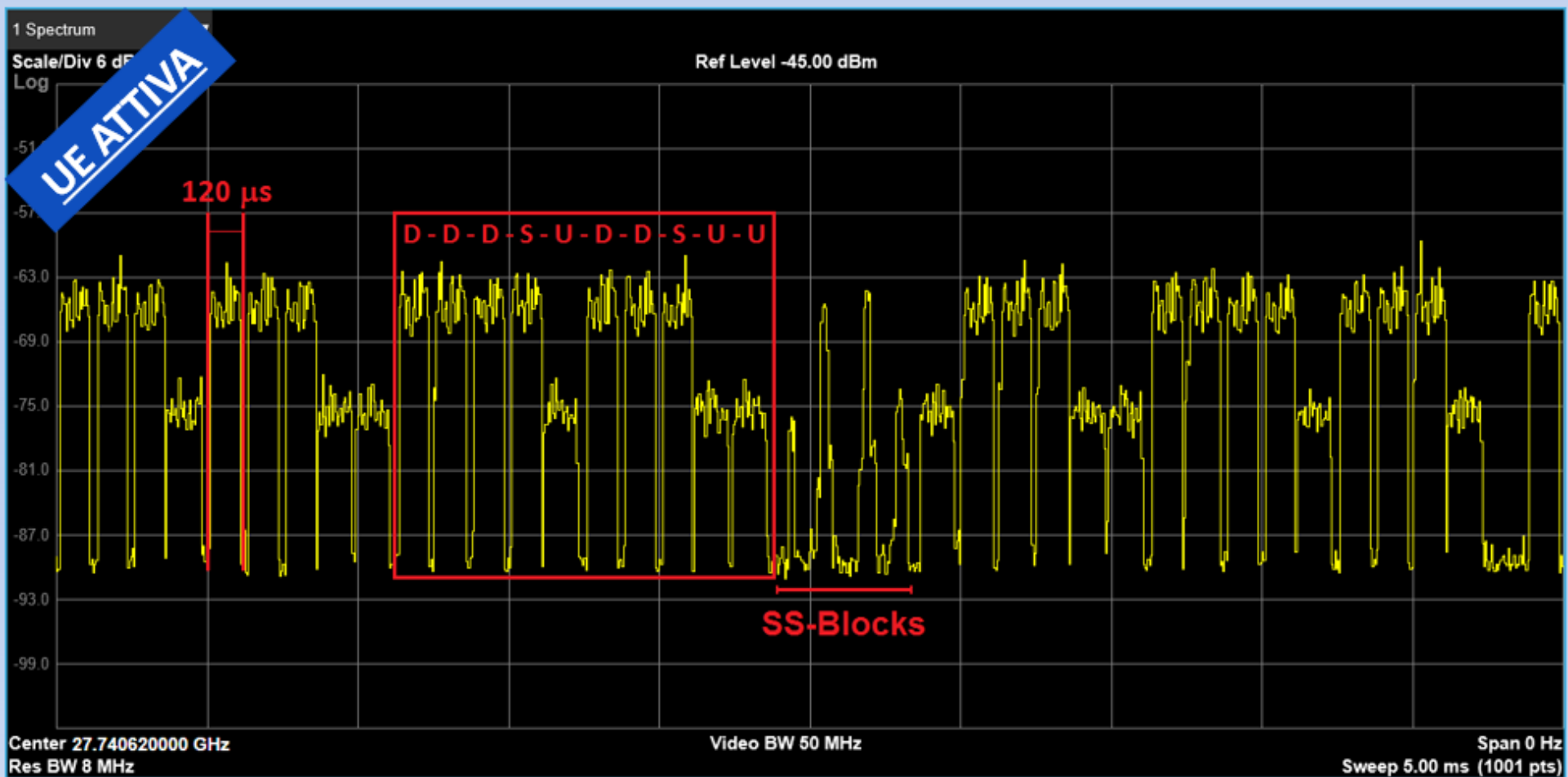


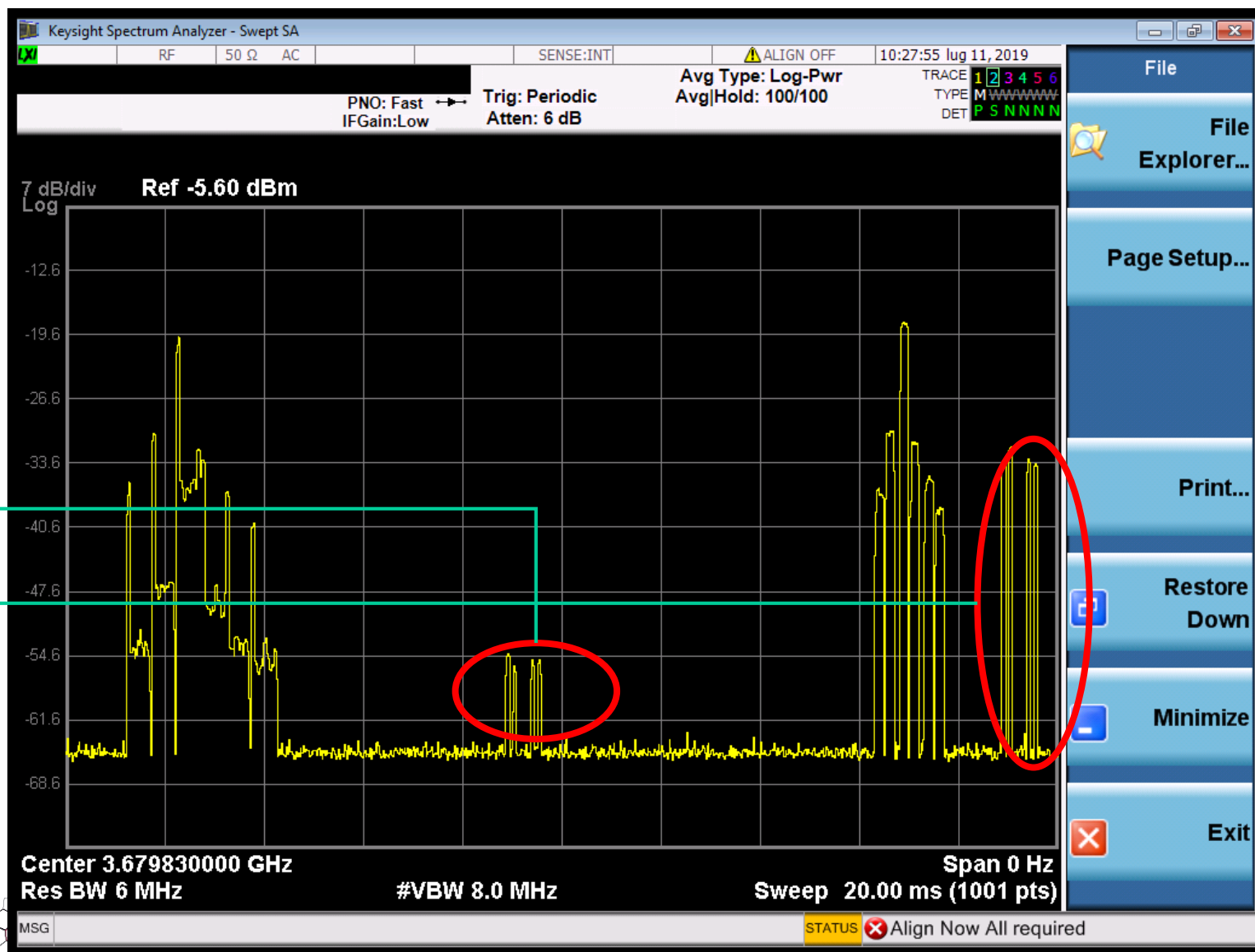
Figure 33: LTE-TDD – 5G-NR slot matching assumption



IL TDD NEL 5G

Prova Arpa Lazio su impianto in test (banda 27 GHz), con forzatura del traffico da terminale







EFFICIENT 5G NR TDD SELF-CONTAINED SLOT STRUCTURE

MODULAR SLOT STRUCTURE WITH NO STATIC TIMING RELATIONSHIPS ACROSS SLOTS

- Faster TDD switching enabling adaptive UL/DL capacity allocation
- Significantly low latency with fast TDD turnaround
 - e.g., 125 to 1 ms slot duration
- Opportunity for better UL/DL scheduling
- Data and ACK in the same slot
- Advanced reciprocity-based massive antenna techniques
 - With SRS every slot for an optimal TDD channel reciprocity
- Channel reservation using additional headers

