

# Sperimentazione WiMAX: Torino Castellamonte (TO)

Umberto Rossi, Technology Office

Giornata di Studio WiMAX, ISCTI - Roma, 30 Gennaio 2006



# I partner della sperimentazione



# Il Partner tecnologico (ZTE Corp.)

**ZTE中兴** *Company Profile*

- Established in 1985
- China's largest listed telecom manufacturer
- Listed in Shenzhen Stock Exchange in 1997
- Major share holder is Chinese Government
- Listed in HK Stock Exchange last year
- Global network solution provider

**ZTE中兴** *Company Profile*

- Ranked No.1 in the list of "China's Top 10 Telecom Manufacturers"
- 2001-2004, ZTE kept an increase rate of 34% on sales revenue
- Contracted sales of USD 4.1 billion in 2004 with an increase of 35% over 2003

**ZTE中兴** *Human Resource*

- Total staff more than 20,000
- 80% with bachelor degree or above, 7000 Masters and 800 PhD

Department	Percentage
R&D	45%
Marketing & Sales	30%
Production	16%
Other	9%



# I siti di sperimentazione



## Città di Torino:

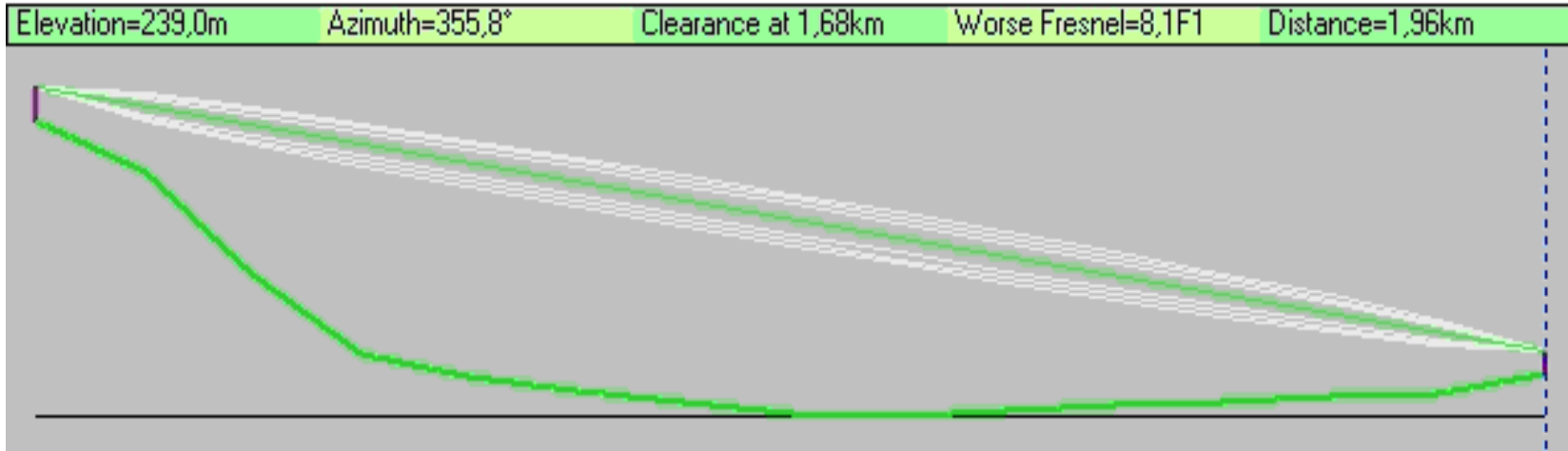
- Area urbana densamente popolata
- Ambiente elettromagnetico inquinato
- Molteplicità utenza “amica”
- Sito condiviso con 2M (titolare Sirti)
- Canali 7 e 8

## Castellamonte (Canavese):

- Area rurale , link “lunghi”
- Orografia “tormentata”
- Sito condiviso con Essentia (titolare della frequenza)
- Canali 1,2,7 e 8



# Sito di Torino (BS di Villa Gualino)



Torino da Villa Gualino



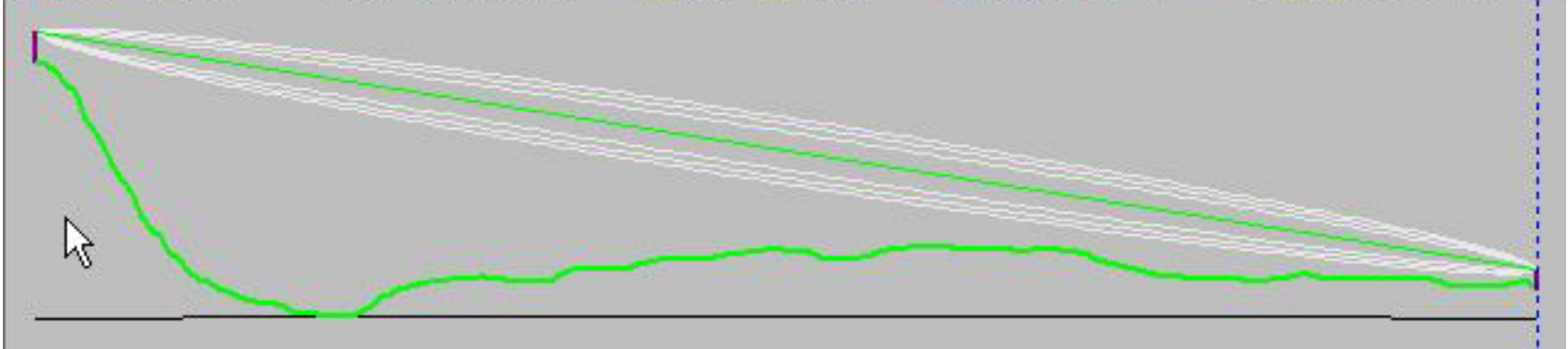
# I siti d'utente

Sito d'utente (SU)	Distanza dalla BS [km]
Università di Torino	1,96
CSP via Livorno	4,52
Regione Piemonte	3,63
AEM Bertola	2,88
AEM Martinetto	5,13
Piero della Francesca	5,29
Politecnico	3,10
ITIS Majorana	8,84

Tutti i siti sono in buona visibilità, con almeno il primo ellissoide di Fresnel libero da ostacoli

# CSP Via Livorno (SU)

Elevation=234,0m	Azimuth=336,8°	Clearance at 4,14km	Worse Fresnel=2,6F1	Distance=4,52km
PathLoss=114,9dB	E field=62,8dB $\mu$ V/m	Rx level=-70,9dBm	Rx level=63,53 $\mu$ V	Rx Relative=26,5dB

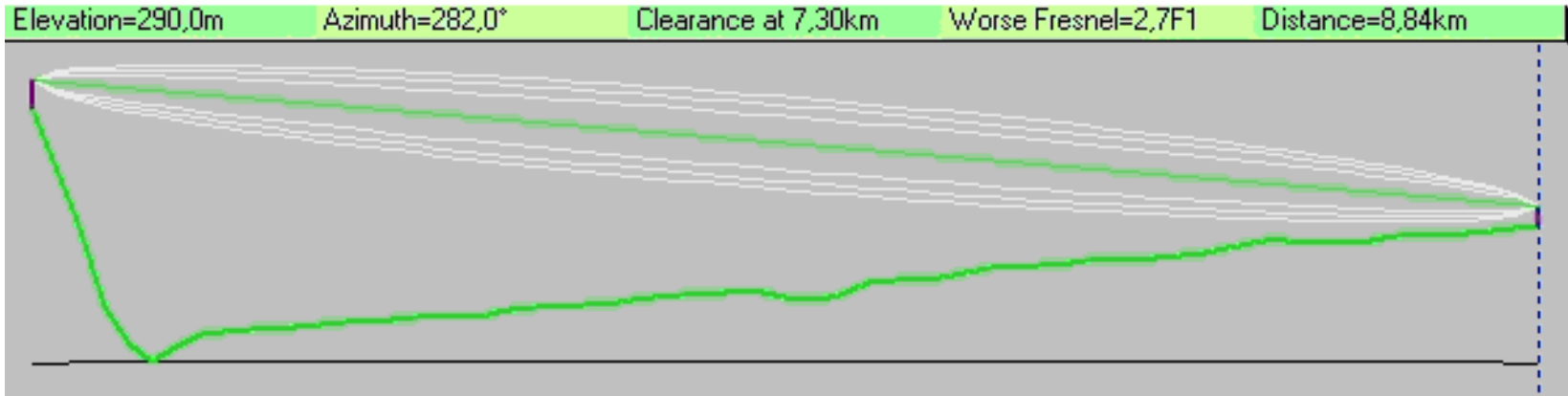


Visibilità della BS



Antenna direttiva da 23 dBi

# ITIS Majorana (Grugliasco - SU)



Visibilità  
della BS

- Collegamento più lungo (ca. 9 km)
- Tratta libera da ostacoli significativi
- Liberi i primi due ellissoidi di Fresnel

# Torino - altri siti



Politecnico di TO:  
antenna parabolica  
da 15 dBi

AEM Via Bertola:  
antenna parabolica  
da 15 dBi



# Sito di Castellamonte (BS)



# I siti d'utente nel Canavese

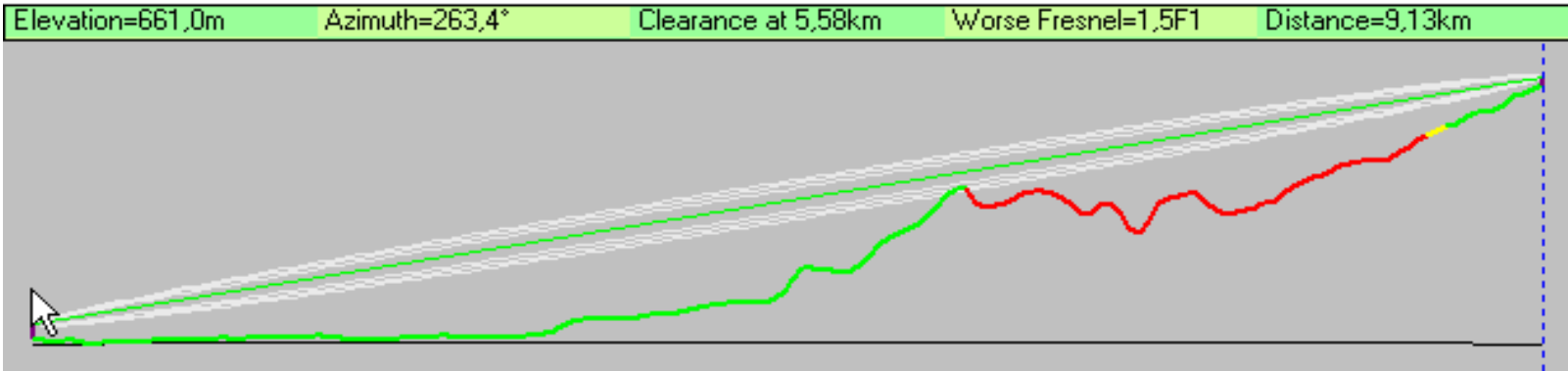
Sito d'utente (SU)	Distanza dalla BS [km]
Comune di Canischio	9,13
Castello di Rivara	8,52
Comune di Vauda	13,70

- o Ambiente "rurale"
- o Collegamenti di lunghezza elevata
- o Orografia difficoltosa in almeno un caso



Situazione rappresentativa di una comunità in cui il "digital divide" rappresenta una sfida da superare.

# Comune di Canischio (SU)

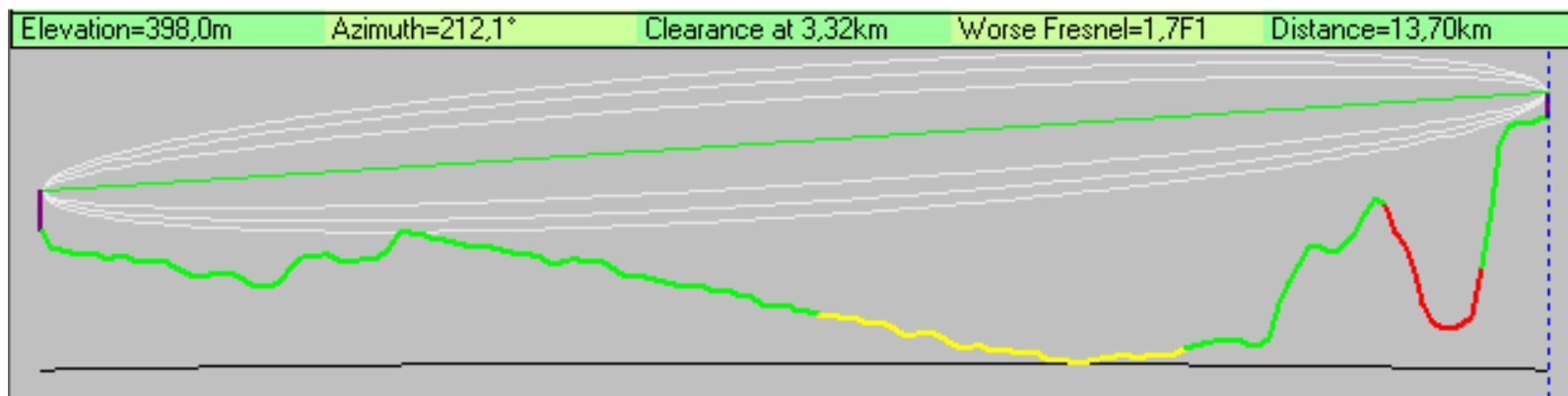


▼ Vista verso Castellamonte



Antenna a parabola direttiva da 15 dBi (a lato della esistente)

# Comune di Vauda (SU)



- Elevata distanza (ca. 13,7 km)
- Libero il primo ellissoide di Fresnel
- Antenna a griglia direttiva (23dBi)



▼ Vista verso Castellamonte

# Caratteristiche degli apparati

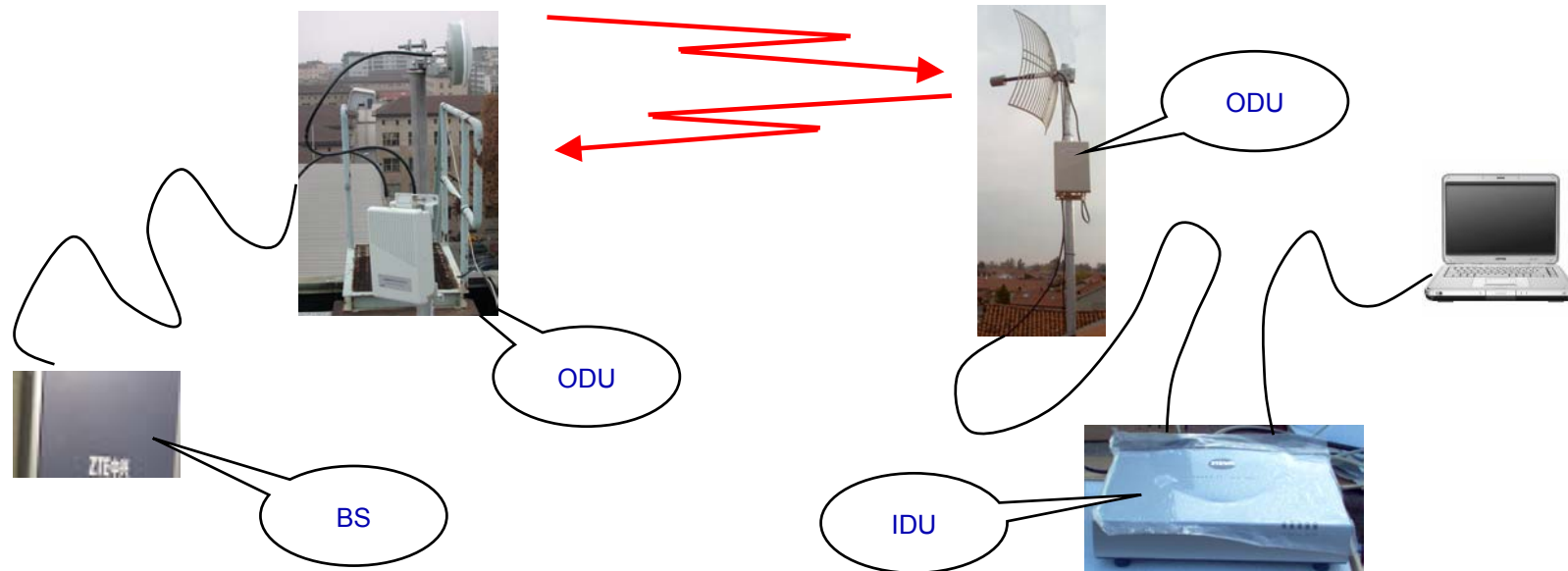
## ZTE PRE-WiMAX ZXBWA 3E (V2.0)

Sono apparati wireless multiservizio a 3,5 GHz punto-punto e punto-multipunto (PRE-WiMAX) sviluppati da ZTE Corporation.

Con canali da 3,5 MHz, la banda massima in downlink è di 9,8 Mb/s, mentre in uplink la banda massima complessiva è di 6Mb/s.

Duplex mode	FDD with 100 MHz interval between <i>uplink</i> and <i>downlink</i>
Channel Bandwidth	3,5 MHz
Modulation	16QAM <i>uplink</i> and <i>downlink</i>
Multiple access mode	TDM <i>downlink</i> , TDMA <i>uplink</i>
BS receiver	Receiving sensitivity: -76 dBm (BER 10e-6) Frequency stability : $\leq \pm 20\text{KHz}$
BS transmitter	Output power: 25 dBm Spurious RF component: $\leq -50$ dBm
SU receiver	Receiving sensitivity : -76 dBm (BER 10e-6) Frequency stability: $\leq \pm 20\text{KHz}$
SU transmitter	Output power: 25 dBm

# Catena di trasmissione



In accordo con il protocollo di sperimentazione, gli apparati sono stati configurati per avere al massimo 36 dBm di EIRP in trasmissione sia dal lato BS, sia dal lato SU. Nel configurare gli apparati, l'attenuazione dei cavi utilizzati è stata stimata nell'ordine di 0,5 dB.

# Apparati di Torino

## BS Villa Gualino

Altezza [m]	Azimut (°)	Tx Power [dBm]	Tx Antenna gain [dBi]	EIRP [dBm]
364	210	20,5	15,5	36



15,5 dBi

## SU Subscriber Unit

Subscriber Unit SU	Tx Power [dBm]	Tx Antenna gain [dBi]	EIRP [dBm]
BERTOLA	21	15	36
MARTINETTO	13	23	36
POLITECNICO	21	15	36
MAJORANA	13	23	36



15 dBi



23 dBi

# Apparati del Canavese

## BS Castellamonte

Altezza [m]	Azimut (°)	Tx Power [dBm]	Tx Antenna gain [dBi]	EIRP [dBm]
392	237	18,5	17,5	36



17,5 dBi

## SU Subscriber Unit

Subscriber Unit SU	Tx Power [dBm]	Tx Antenna gain [dBi]	EIRP [dBm]
CANISCHIO TETTO	21	15	36
CANISCHIO TERRAZZA	13	23	36
VAUDA	13	23	36



15 dBi



23 dBi

# Tipi di test effettuati

## TEST DI LIVELLO FISICO

- Potenza IF ricevuta alla SU
- Potenza RF ricevuta alla BS
- SNR lato Subscriber Unit (SU)
- SNR lato BS
- Misure di BER

## TEST DI LIVELLO MAC

- Throughput al variare della banda in trasmissione
- Delay al variare della banda in trasmissione

# Test di livello fisico

Potenza IF ricevuta alla SU : si riferisce alla potenza letta dall'apparato in ingresso alla IDU, prima della sezione di demodulazione.

## TORINO

Subscriber Unit SU	Distanza (m)	Azimut (°)	H (m)	G ant (dBm)	Potenza IF (dBm)
BERTOLA	2880	327	264	15	-24
MARTINETTO	5135	319	272	23	-26
POLITECNICO	3089	300	270	15	-28
MAJORANA	8859	283	296	23	-28

## CASTELLAMONTE

Subscriber Unit SU	Distanza (m)	Azimut (°)	H (m)	G ant (dBm)	Potenza IF (dBm)
CANISCHIO TETTO	9180	263	675	15	-45
CANISCHIO TERRAZZO	9180	263	675	23	-47
VAUDA	13730	212	398	23	-35

# Test di livello fisico

Potenza RF ricevuta alla BS : si riferisce alla potenza letta dall'apparato in ingresso alla ODU.

Poiché le SU sono state attivate a due a due, l'algoritmo di controllo automatico della potenza (ATCP) è intervenuto, adeguando la potenza trasmessa dalle SU in modo tale che la potenza ricevuta dalla BS sia costante per tutte le SU

TORINO

Subscriber Unit SU	Distanza (m)	Azimut (°)	H (m)	G ant (dBm)	Potenza RF (dBm)
BERTOLA	2880	327	264	15	-72
MARTINETTO	5135	319	272	23	-72
POLITECNICO	3089	300	270	15	-72
MAJORANA	8859	283	296	23	-72

L'algoritmo di controllo automatico della potenza (ATCP) è stato disabilitato.

CASTELLAMONTE

Subscriber Unit SU	Distanza (m)	Azimut (°)	H (m)	G ant (dBm)	Potenza RF (dBm)
CANISCHIO TETTO	9180	263	675	15	-77
CANISCHIO TERRAZZO	9180	263	675	23	-77
VAUDA	13730	212	398	23	-73

# Test di livello fisico

Signal/Noise Ratio lato SU : Si riferisce al SNR misurato dall'apparato lato SU (in ingresso alla IDU, prima della sezione di demodulazione).

## TORINO

Subscriber Unit SU	Distanza (m)	Azimut (°)	H (m)	G ant (dBm)	SNR SU (dB)
BERTOLA	2880	327	264	15	29
MARTINETTO	5135	319	272	23	29
POLITECNICO	3089	300	270	15	29
MAJORANA	8859	283	296	23	28

## CASTELLAMONTE

Subscriber Unit SU	Distanza (m)	Azimut (°)	H (m)	G ant (dBm)	SNR SU (dBm)
CANISCHIO TETTO	9180	263	675	15	21
CANISCHIO TERRAZZO	9180	263	675	23	21
VAUDA	13730	212	398	23	28

# Test di livello fisico

Signal Noise Ratio lato BS : Si riferisce al SNR misurato dall'apparato lato BS

## TORINO

Subscriber Unit SU	Distanza (m)	Azimut (°)	H (m)	G ant (dBm)	SNR BS (dB)
BERTOLA	2880	327	264	15	26
MARTINETTO	5135	319	272	23	28
POLITECNICO	3089	300	270	15	25
MAJORANA	8859	283	296	23	26

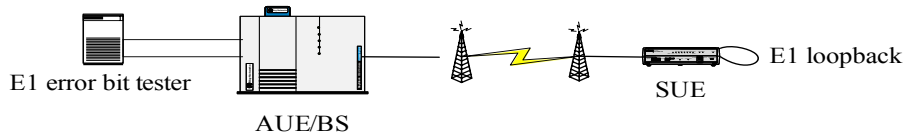
## CASTELLAMONTE

Subscriber Unit SU	Distanza (m)	Azimut (°)	H (m)	G ant (dBm)	SNR BS (dB)
CANISCHIO TETTO	9180	263	675	15	26
CANISCHIO TERRAZZO	9180	263	675	23	25
VAUDA	13730	212	398	23	28

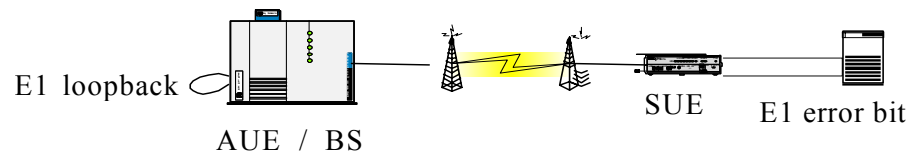
# Test di livello fisico: BER

BER : rappresenta la percentuale di bit affetti da errore rispetto al numero totale di bit trasmessi e permette di avere una stima di quanti bit è necessario ritrasmettere.

Metodologia: Si è connesso il Bit error tester alla porta E1A della BS e si è effettuato un loop tramite un cavetto alla porta E1A della SU o sfruttando il loop software impostabile tramite NMS.



Viceversa, per effettuare la prova al livello della SU, si è connesso il Bit error tester alla porta E1A della SU e si è effettuato un loop tramite un cavetto alla porta E1A della scheda AUE della BS o sfruttando il loop software impostabile tramite NMS.



I valori di riferimento (per test di 24 ore) al fine di valutare le prestazioni di BER sono i seguenti:  
 $ES \leq 3E-3$ ,  $SES \leq 1,5E-4$ . Il BER dovrebbe essere **minore o uguale a  $1,46E-9$** .

I test dovrebbero essere condotti per molto più tempo di quello che è stato effettivamente possibile sfruttare. Le misure di BER sono state effettuate con due SU connesse alla BS, con solo la SU in fase di test abilitata a generare traffico.

# Test di livello fisico

LINK	Minuti test	BER reale	Bit errati iniettati	BER comprensivo di bit errati appositamente iniettati
SS AEM Martinetto -> BS Torino	30	0	0	0
BS Torino -> Politecnico	20	0	4	1.864E-09
BS Castellamonte -> Canischio tetto	102	0	15	1.199E-09
SS Vauda -> BS Castellamonte	20	0	1	0

IMPORTANTE: da notare che per testare la corretta trasmissione/ricezione del sistema, alcune volte sono stati forzatamente iniettati dei bit errati. Tali bit sono tenuti in considerazione nel calcolo del BER e in tutti i casi, ne forniscono l'unico contributo.

# Test di livello MAC

- Test effettuati:

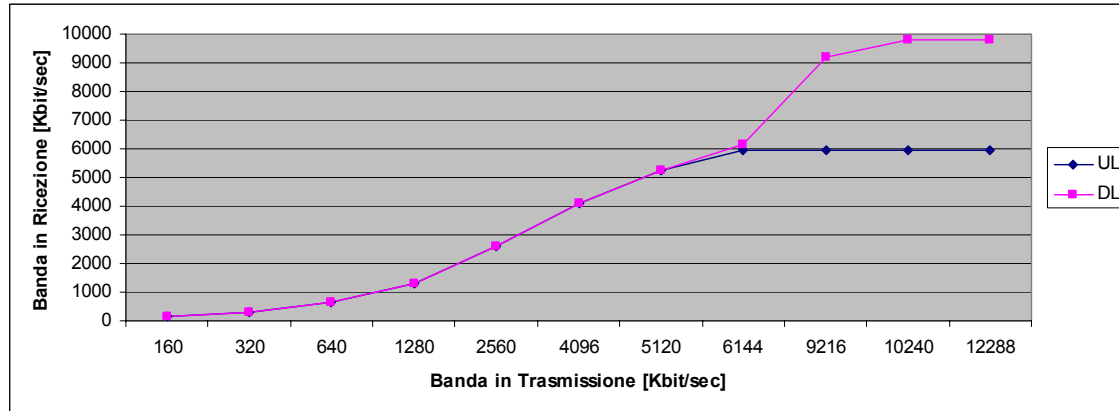
- *Throughput al variare della banda in trasmissione*
- *Delay al variare della banda in trasmissione*

Obiettivo: interoperabilità, validazione dei servizi (banda disponibile, ritardo medio, % di pacchetti persi).

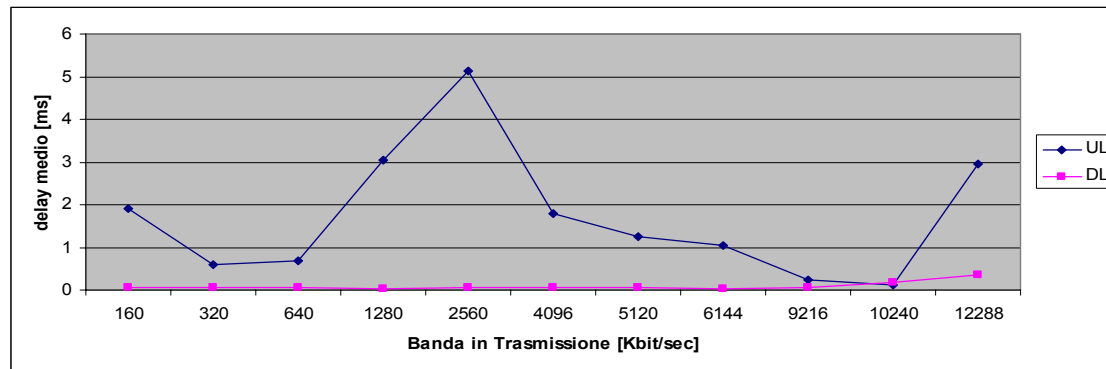
- Test effettuati su un collegamento alla volta, al fine di analizzarne le caratteristiche salienti.
- Le misure sono state effettuate da CSP e CREATE-NET, generando dei flussi UDP (User Datagram Protocol).

# Test di livello MAC (TORINO)

Tratta: BS Villa Gualino – SU ITIS Majorana



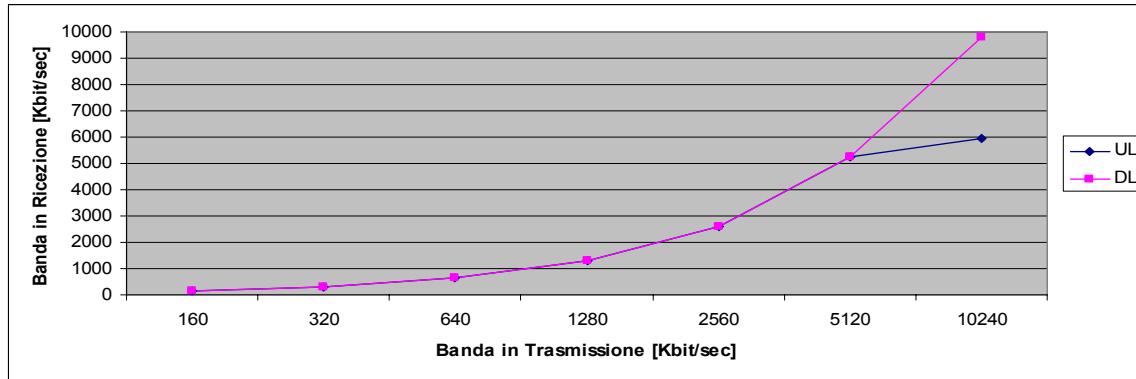
Throughput al variare della banda in trasmissione



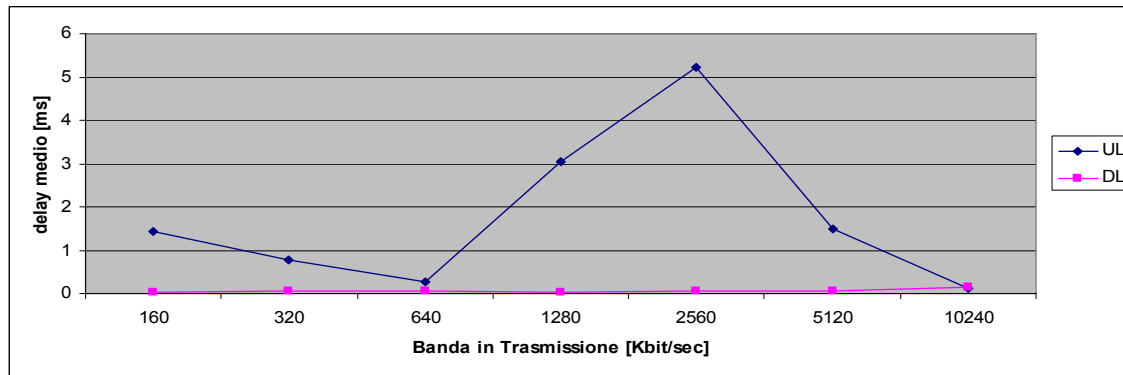
Delay al variare della banda in trasmissione: molto basso con una oscillazione massima di 5 ms.

# Test di livello MAC (TORINO)

Tratta: BS Villa Gualino – SU AEM Bertola



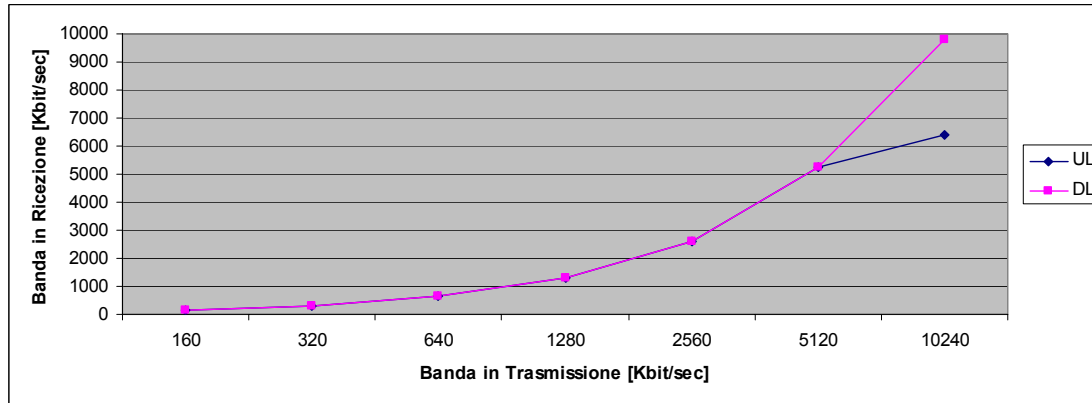
Throughput al variare della banda in trasmissione



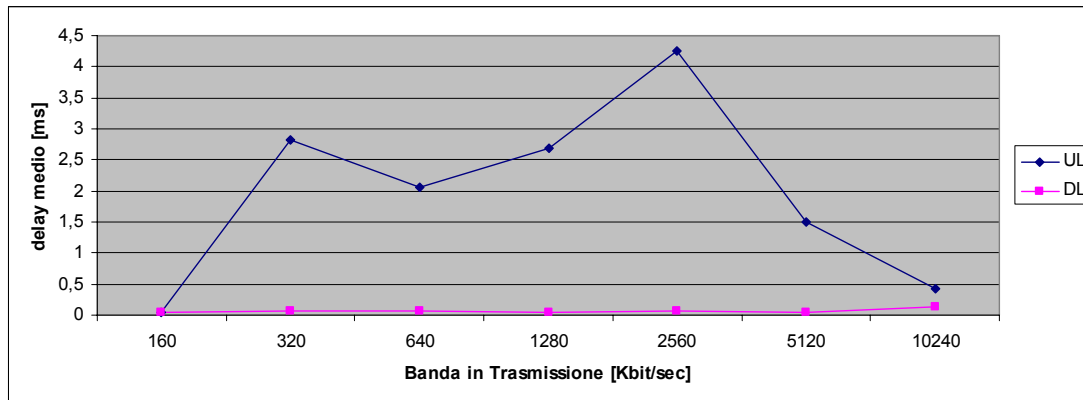
Delay al variare della banda in trasmissione

# Test di livello MAC (TORINO)

Tratta: BS Villa Gualino – SU AEM Martinetto



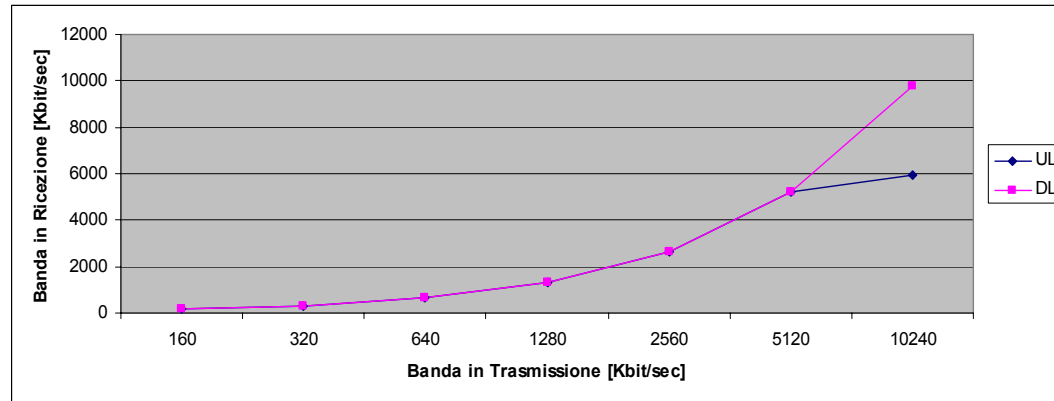
Throughput al variare della banda in trasmissione



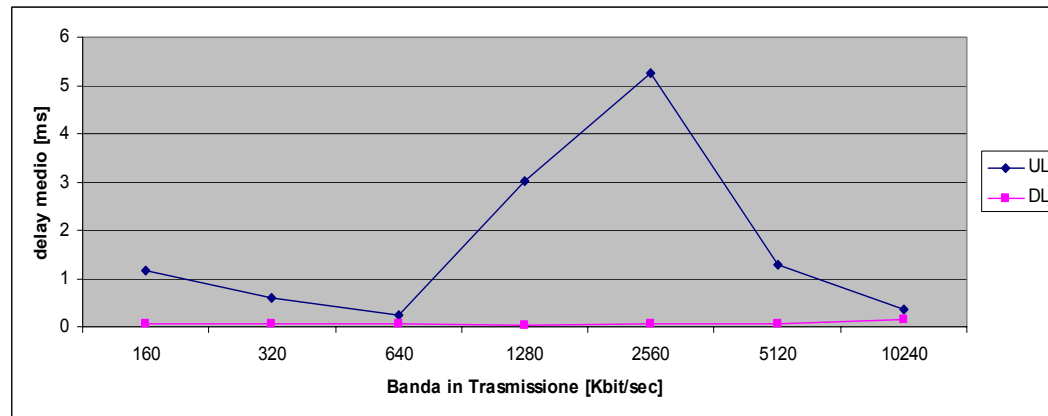
Delay al variare della banda in trasmissione

# Test di livello MAC (TORINO)

Tratta: BS Villa Gualino – SU Politecnico



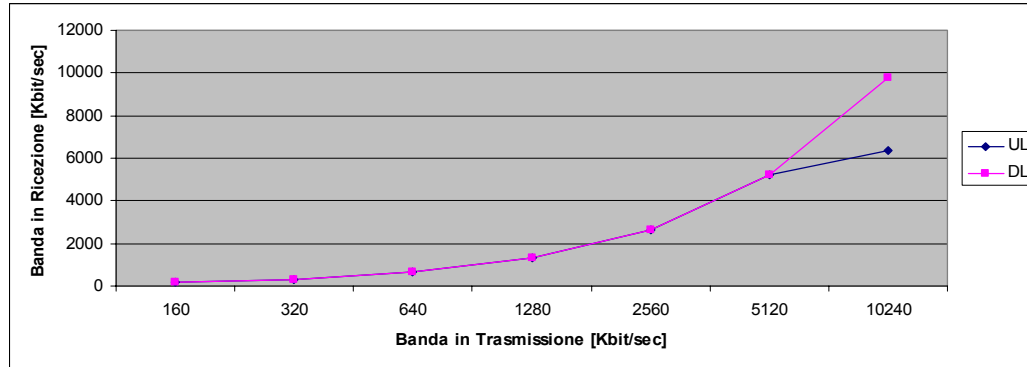
Throughput al variare della banda in trasmissione



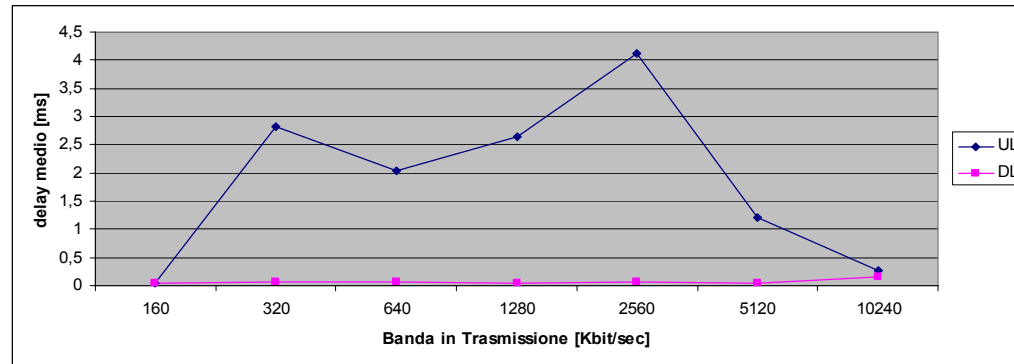
Delay al variare della banda in trasmissione

# Test di livello MAC (Castellamonte)

## Tratta Castellamonte – Canischio



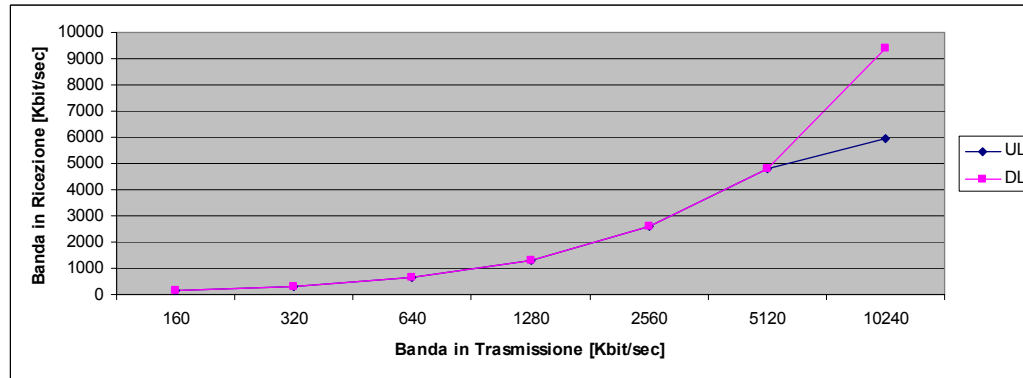
## Throughput al variare della banda in trasmissione



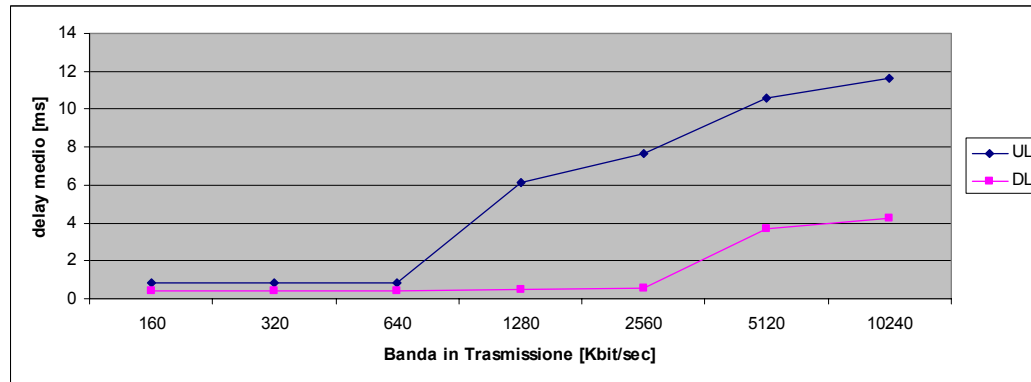
## Delay al variare della banda in trasmissione

# Test di livello MAC (Castellamonte)

## Tratta Castellamonte – Vauda



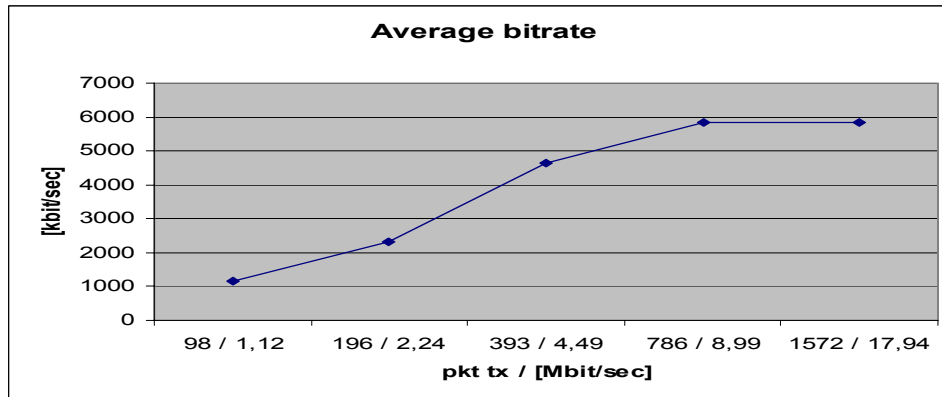
## Throughput al variare della banda in trasmissione



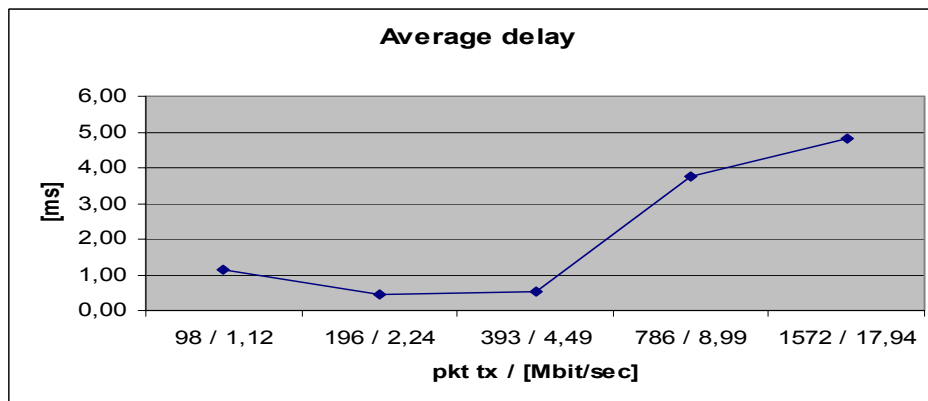
## Delay al variare della banda in trasmissione

# Test di livello MAC (Castellamonte)

Test con due SS attive contemporaneamente che trasmettono tra di loro:  
valutazione dei limiti del throughput e del ritardo.



**Throughput** al variare del numero di pkt e alla banda in trasmissione



**Delay** al variare del numero di pkt in trasmissione

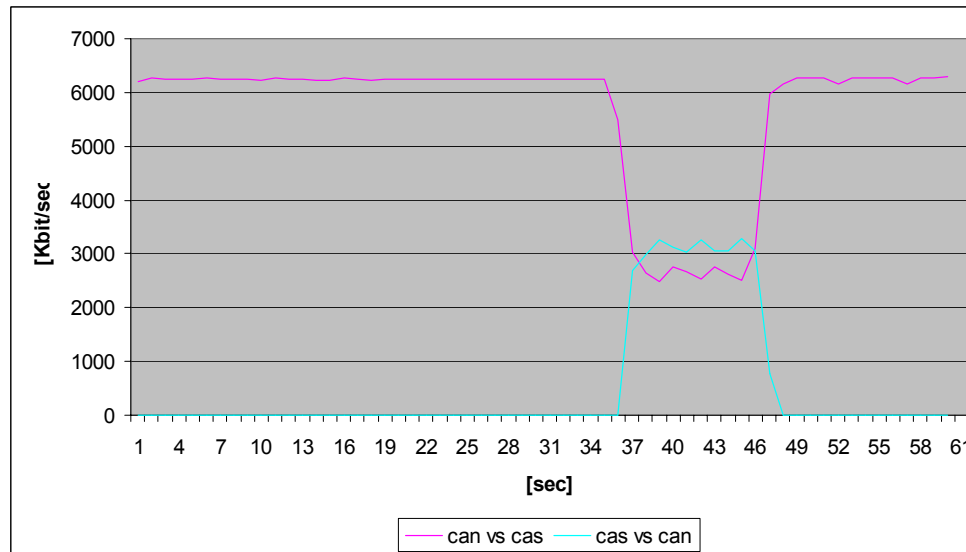
Tratta Vauda – Canischio

# Test di livello MAC (Castellamonte)

Due flussi bidirezionali sulla stessa SU:

1. SU  BS  SU che li ha generati

2. BS  SU  BS



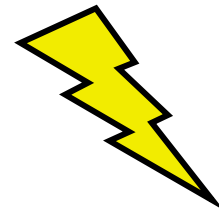
# Sommario dei risultati

SU	Distanza [m]	Guadagno di antenna [dB]	Potenza IF ricevuta alla SU [dBm]	Potenza RF ricevuta alla BS [dBm]	SNR alla SU [dB]	SNR alla BS [dB]	Picco DL [kbit/s]	Picco UL [kbit/s]
MAJORANA	8.859	23	-28	-72	28	26	9.779	5.949
BERTOLA	2.880	15	-24	-72	29	26	9.800	5.949
MARTINETTO	5.135	23	-26	-72	29	28	9.800	5.960
POLITECNICO	3.089	15	-28	-72	29	25	9.800	5.949
CANISCHIO	9.180	15	-45	-77	21	26	9.800	6.380
VAUDA	13.730	23	-35	-73	28	28	9.800	5.959

# Osservazioni finali

- **FUNZIONA!!**
- Installazione rapida e facilità di puntamento
- In città elevate prestazione in condizioni di visibilità (LOS)
- In ambito rurale elevato raggio di copertura (link massimo sperimentato >13,8 km) con buone prestazioni
- Il SISTEMA (pre-WiMAX) è stato validato nel suo complesso
- La soluzione adottata ben si presta a combattere il

**DIGITAL**



**DIVIDE**

# Attività future

*(all'arrivo degli apparati 802.16-2004)*

- Verifica della rispondenza allo standard
- Verifica del comportamento in presenza di:
  - *più SU attive contemporaneamente (interferenza su canali e/o aree attigue)*
  - *più BS attive contemporaneamente*
  - *in condizioni di NLOS*
  - *interferenza (e/o interoperabilità) trasversale*
- Verifica della copertura sul territorio
  - *in prossimità delle BS*
  - *in ambito urbano (mappa copertura, link “lunghi”)*
  - *all'interno degli edifici*

# Grazie

---

U.Rossi@sirti.it

*Hanno contribuito al raggiungimento dei risultati di questa presentazione:*

- **Per Sirti**: Claudio Ballocci, Veronica Bertini, Bruna Brunamonti, Roberto Careglio, Silvana Cecca, Diego Gottardi, Michele Iorfino
- **Per CREATE-NET**: Roberto Grasso, Elio Salvadori, Luigi Prisciandaro
- **Per CSP**: Stefano Annese, Roberto Borri, Matteo Gerola, Andrea Ghittino
- **Per ZTE**: Fabio Minuti, Liu Xincun (Sean), Li Yufeng (Lee)