

# Nuove tecnologie per reti di infrastruttura critica per telemetria / telecontrollo

**Marco Pangos**

**Direttore Regionale 4RF**

**Telefono +44 7418 455 392**

**[marco.pangos@4rf.com](mailto:marco.pangos@4rf.com)**

## Progressi nella tecnologia per radio a banda stretta

Siamo di fronte a una trasformazione nella tecnologia a banda stretta, portando più fornitori offrono un aumento significativo della capacità - via radio con modulazione QAM di nuova generazione, IP Avanzato, gestione del traffico e funzionalità di networking.

Ora sono in fase di implementazione le reti di area di campo (FAN) basate su IP nelle Utility in tutto il mondo.

Dopo anni di sviluppo e prove di campo abbiamo aggiunto significativi miglioramenti di sicurezza AES, autenticazione NIST, RADIUS AAA, ECC TLS, SSL, avvolgimento chiave OTAR con KEK.

Domanda ... perché sono tradizionalmente utilizzate le radio con licenza a banda stretta?

web Grid  
Standard Renewables  
Management the growth  
evolution security  
Cyber Metering  
Serial IP  
Smart TCP/IP

## Progressi nella tecnologia per radio a banda stretta

Siamo di fronte a una trasformazione nella tecnologia a banda stretta, portando più fornitori offrono un aumento significativo della capacità - via radio con modulazione QAM di nuova generazione, IP Avanzato, gestione del traffico e funzionalità di networking.

Ora sono in fase di implementazione le reti di area di campo (FAN) basate su IP nelle Utility in tutto il mondo.

Dopo anni di sviluppo e prove di campo abbiamo aggiunto significativi miglioramenti di sicurezza AES, autenticazione NIST, RADIUS AAA, ECC TLS, SSL, avvolgimento chiave OTAR con KEK.

Domanda ... perché sono tradizionalmente utilizzate le radio con licenza a banda stretta?

*Hanno provisto la migliore gamma,  
latenza, prestazioni NLOS,  
affidabilità di resilienza e  
robustezza*

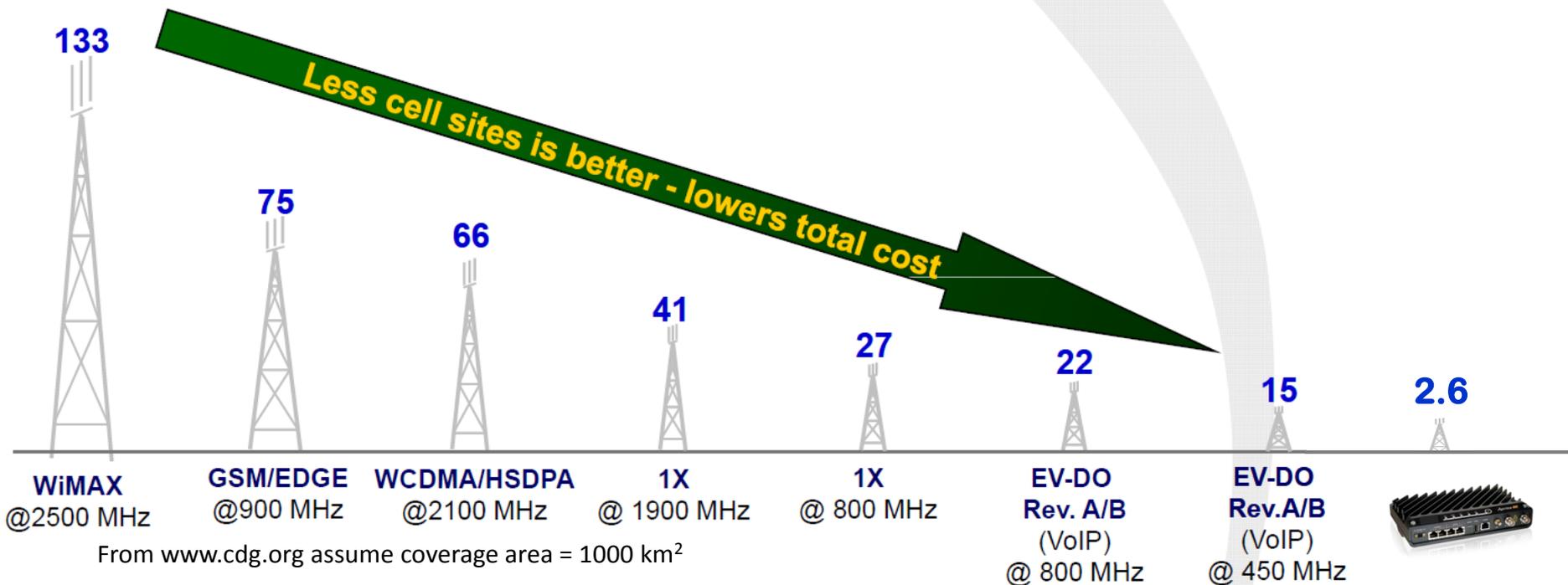
web Grid  
Standard Renewables  
Management the growth  
evolution security  
Cyber Metering  
Serial IP  
Smart TCP/IP

## Distanza – Comparazione di copertura fra reti cellulari e reti di banda stretta

Il Gruppo Sviluppo CDMA [www.cdg.org](http://www.cdg.org) ha messo in grafica il numero di cellule che bisogna per una copertura rurale.

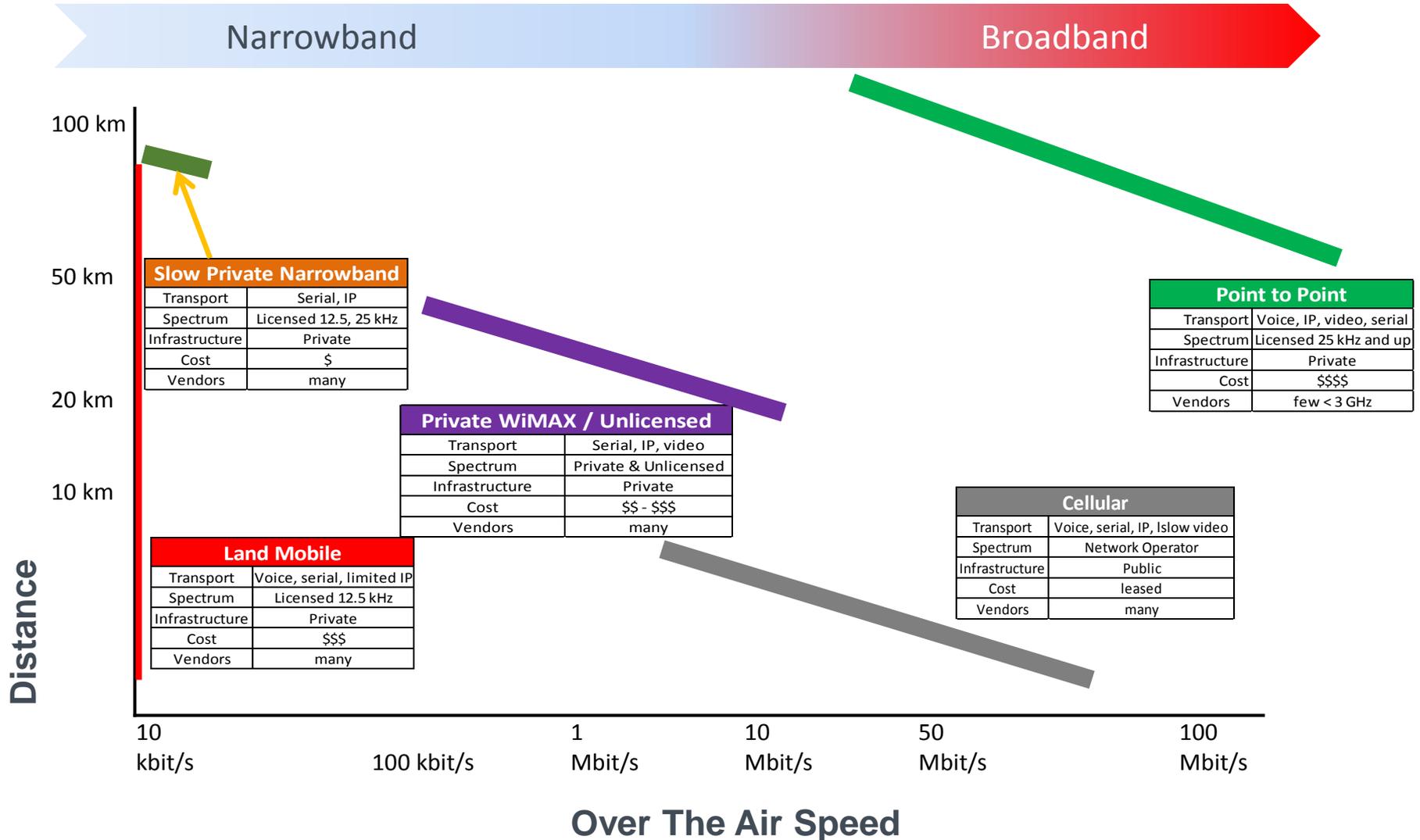
Le radio private di banda stretta forniscono facilmente 64 QAM su 1000 km<sup>2</sup> da una torre singola di 30 metri di altezza in suolo piano.

- 2.6 siti per 1000 km<sup>2</sup>, altre tecnologie sono comparate in questa grafica di quantità di siti



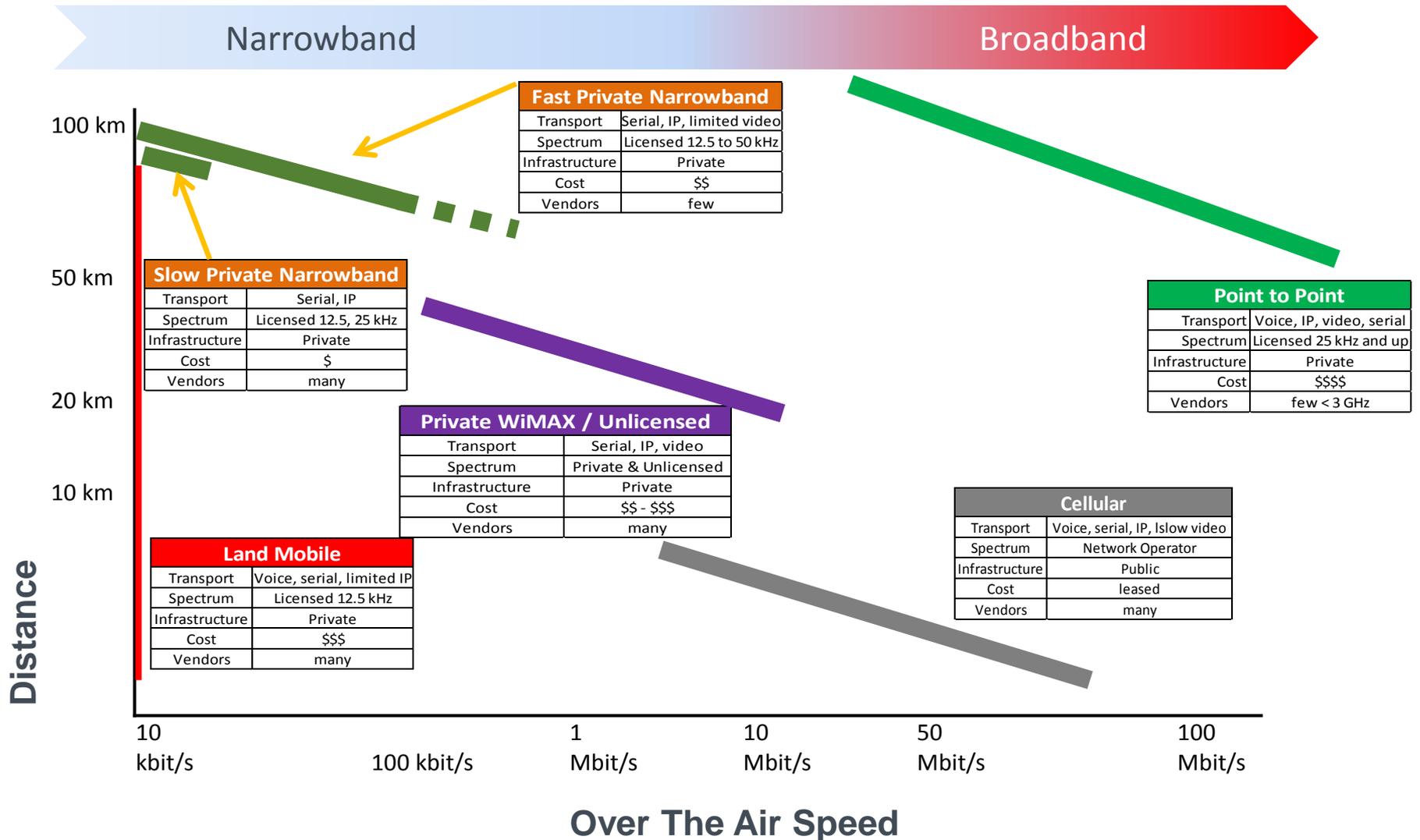
# Revisione – opzioni di tecnologie senza fili terrestri

TELECONTROLLO 2017  
RETI DI PUBBLICA UTILITÀ



# Revisione – opzioni di tecnologie senza fili terrestri

TELECONTROLLO 2017  
RETI DI PUBBLICA UTILITÀ



# Applicazioni in Utility Elettriche

**Adesso – Distribution Automation (DA)**  
**Prossimo – Distributed Generation (DG)**

Sectionalizer



Metering aggregation



Urban 30 km

Urban 20 km

Volt/Var



City 5 km



Suburban 40 km

Metro 10 km



Substation

Rural 60 km



Recloser

Transformer



# Radio SCADA del 21° Secolo

## Nuove tecnologie – nuove velocità

## Banda stretta privata re-inventata con alta velocita QAM

Bande di frequenza VHF e UHF, (altre frequenze <1GHz dove permesso)

Larghezza di Banda di 12.5 e 25 kHz (50kHz dove permesso)

Tassa di dati fino a 240 kbps, e maggiore con compressione

Approvazioni RED, ETSI, FCC

Sfrutta i canali a banda stretta per il FAN a banda larga



Recent digital radios

0.3 1.2 2.4 4.8 9.6 19.2 38.4 40 60 54 72 96 144 240 kbps

Old modem style

New generation QAM radios

Even more with compression  
and data management tools

## Confronto di guadagno del sistema - vecchio FSK vs nuove radio QAM

Guadagno del sistema a QPSK (20 kbps) 3 dB migliore rispetto alla radio CPFSK (9,6 kbps)

Guadagno del sistema a 64 QAM (60 kbps) uguale alla radio CPFSK (19,2 kbps)

Per la stessa velocità (20 kbps) un significativo vantaggio per il sistema

12.5 kHz	2 CPFSK	QPSK	16 QAM	64 QAM	3 CPFSK
Capacity	9.6 kbit/s	20 kbit/s	40 kbit/s	60 kbit/s	19.2 kbit/s
Transmit Power	37 dBm	37 dBm	35 dBm	34 dBm	37 dBm
Sensitivity	-112 dBm	-115 dBm	-110 dBm	-103 dBm	-100 dBm
System Gain	149 dB	152 dB	145 dB	137 dB	137 dB

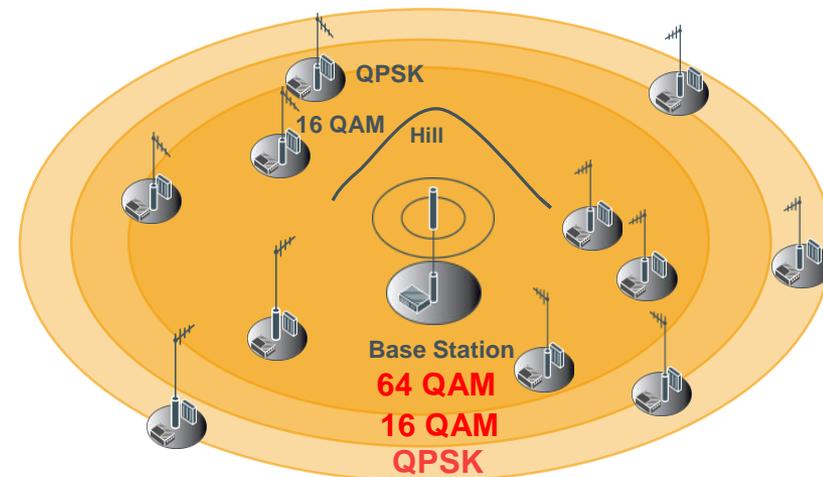
La modulazione QAM offre vantaggi di capacità e di guadagno del sistema / gamma

## ACM - un altro passo per utilizzare al meglio il canale

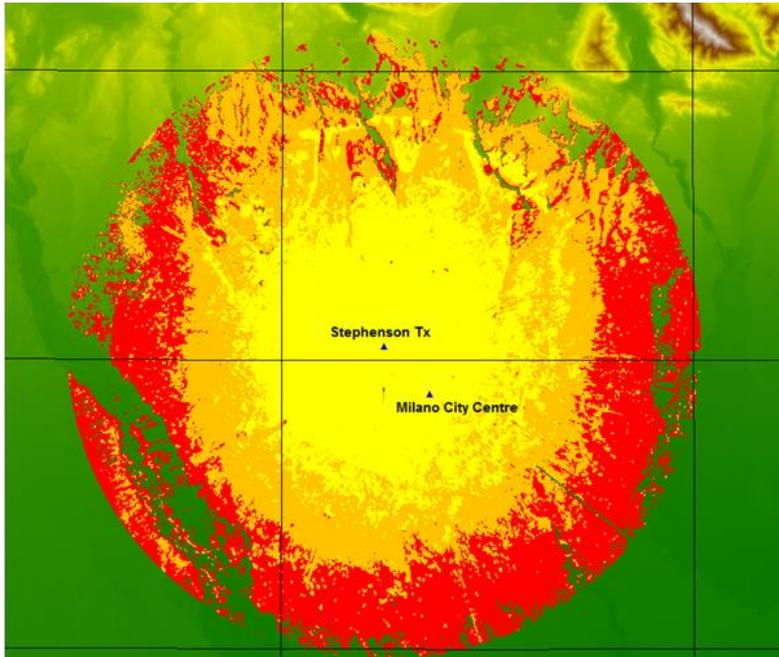
La capacità di fornire **modulazione e codifica adattativa** (ACM) è una nuova funzionalità chiave  
Consente il massimo utilizzo del canale, con elevata velocità per remoti vicini e connettività robusta per i remoti che stanno lontano da base

- Consente un ridotto fade margin operativo – pianificare con fade margin standard per QPSK robusto ma godere di tempo operative ad alta capacità 64 QAM
- Mantiene l'operazione di collegamento durante gli scenari di fading, multipath, e di interferenza

I messaggi Downlink (broadcast) sono regolati alla frequenza di modulazione più efficace per la rete  
Uplink dai remoti ha **modulazione e FEC regolata automaticamente**  
per ogni telecomando remoto.



## Copertura di esempio - città di Milano e Verona raggio di 30 km

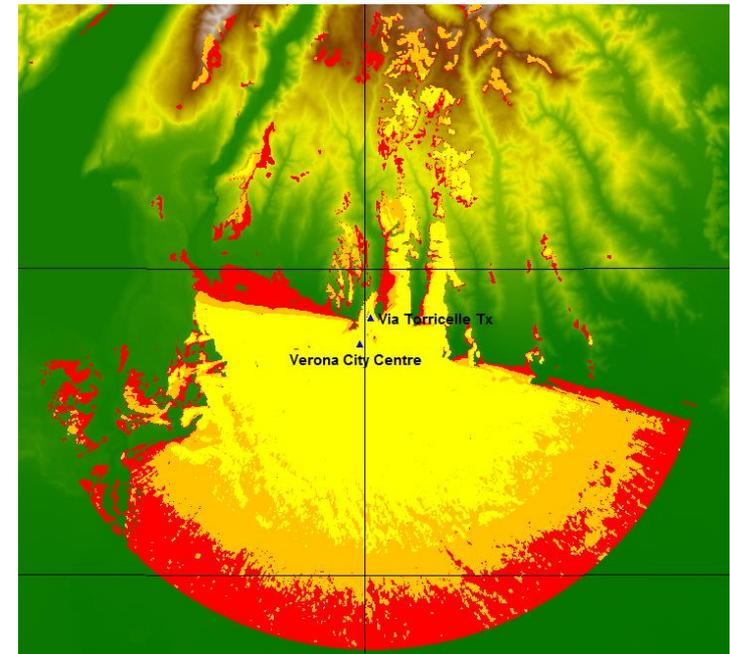


Tx on Hotel high-rise building 95m above ground level (agl) Co-linear omni antenna 5dBi  
Rx antenna at 6m agl (400MHz 6 element yagi 11dBi)

	120kbps (64QAM Rxer -99dBm)
	80kbps (16QAM Rxer -107dBm)
	40kbps (QPSK Rxer -112dBm)

Tx antenna on nearby hills to the north of the city, 10m agl Co-linear omni antenna 5dBi  
Rx antenna at 6m agl (400MHz 6 element yagi 11dBi)

	120kbps (64QAM Rxer -99dBm)
	80kbps (16QAM Rxer -107dBm)
	40kbps (QPSK Rxer -112dBm)



# Caratteristiche IP di nuova generazione e gestione del traffico - cosa serve?

## Transizione seriale a IP - non senza sfida

Poiché l'applicazione SCADA si sposta in IP, emergono numerose sfide tecniche

La necessità critica di comprendere il traffico su IP LAN come la maggior parte non è rilevante per i dispositivi FAN

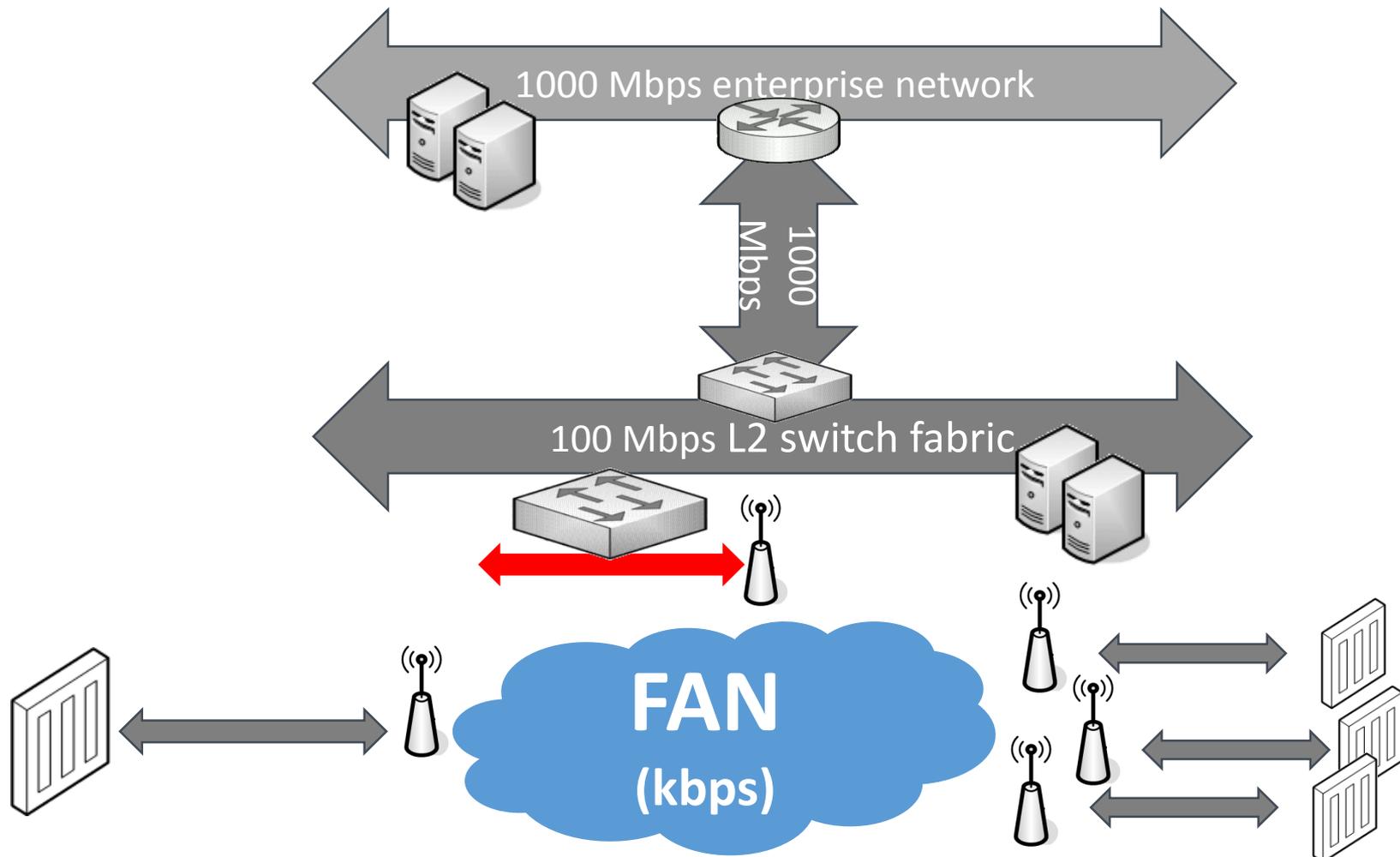
Guarda ai fornitori di radio FAN per i set di strumenti vitali, tra cui:

- RoHC robusta compressione intestazione IP - oltre alla compressione del payload
- Controllo QoS e gestione del traffico – priorità
- Filtraggio di protocolli IP non necessari
- Ridurre il polling SNMP attivo
- Supporto completo VLAN - compresa la manipolazione



Ethernet  
Management  
Protocols  
Security

## Panoramica del sistema di controllo industriale



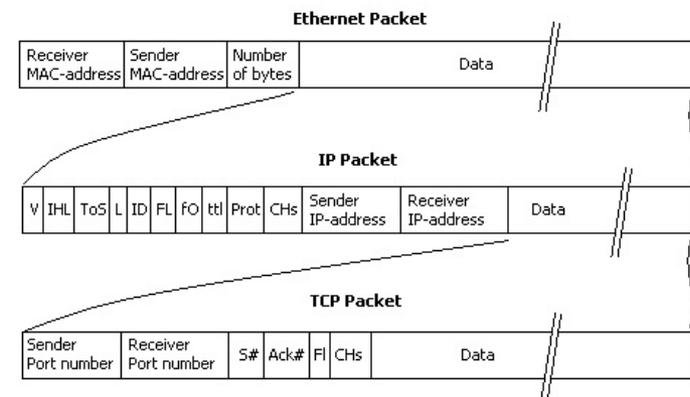
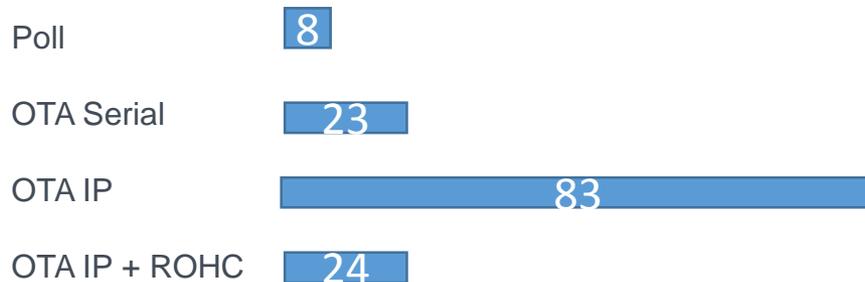
## Compressione

### Compressione Standard di Payload

- Un algoritmo Lempel–Ziv (LZ) è utilizzato per comprimere efficacemente fino al 50% del traffico con un'elevata percentuale di dati ripetitivi
- Sia il traffico seriale sia il traffico payload Ethernet / IP sono compressi

### Compressione di Intestazione Standard Robusta (ROHC)

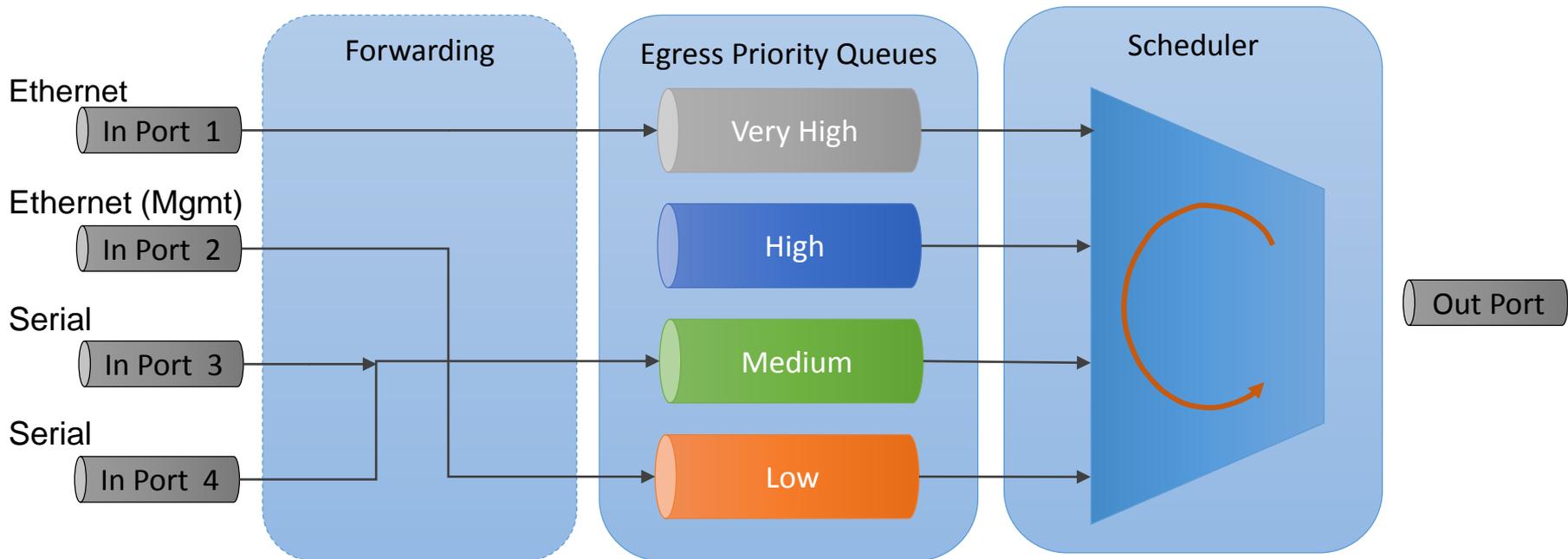
- Standard da RFC 4995, per comprimere le intestazioni L3/L4 IP, UDP, e TCP (28/40 bytes)
- Aumenta significativamente il throughput del traffico IP con compressione fino al 75%



## Priorità - Porta basica o tipo di traffico

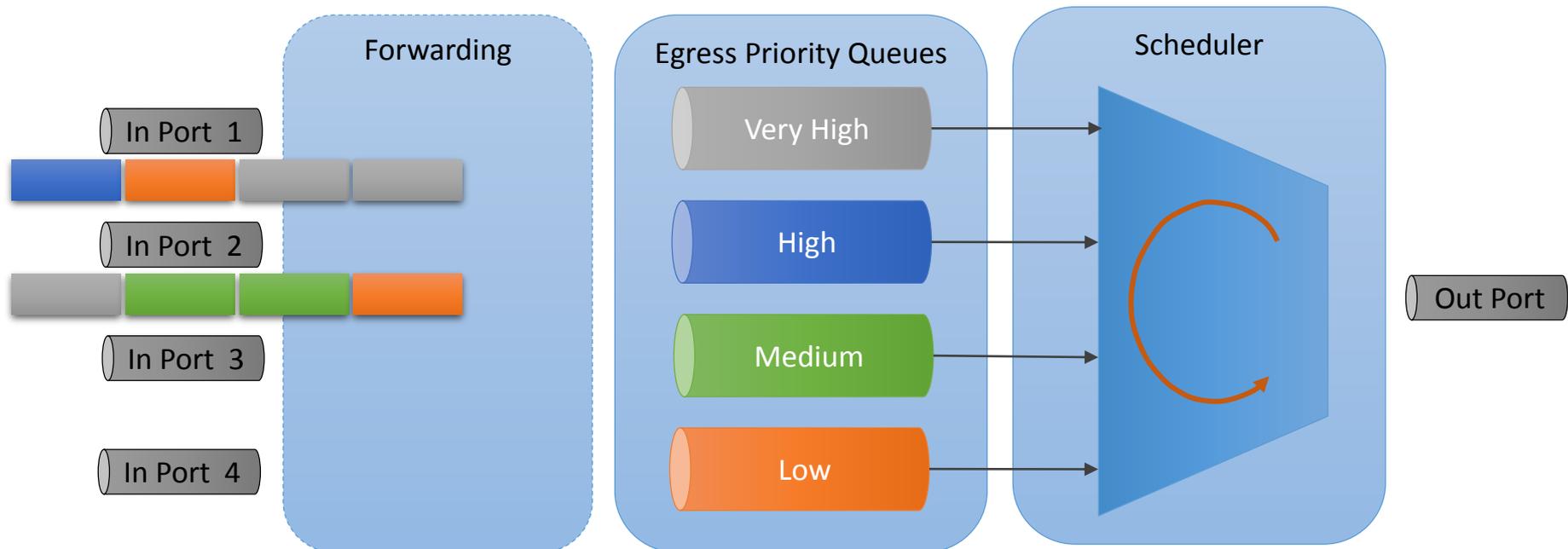
Priorità per tipo di dati di Ethernet, Gestione e Seriale

- La priorità del traffico seriale può essere impostata su altissima, alta, media e bassa. Ciò è relativo all'impostazione di priorità del traffico Ethernet
- La priorità del traffico Ethernet ha la stessa impostazione rispetto alla priorità del traffico seriale
- La priorità del traffico di gestione ha la stessa impostazione e relativa alla priorità del traffico Ethernet
- È possibile impostare la velocità di trasferimento dati di grandi dimensioni della massa (alta, media, bassa)



## Priorità (QoS) - Meccanismo IEEE P802.1p

- Ispezionare l'intestazione di priorità dei frame traffico Ethernet, il codice (PCP) o i servizi differenziati (DSCP). Priorità sul traffico aereo utilizzando code molto elevate, elevate, medie o basse.
  - Impostare le comunicazioni industriali a "Very High"
  - Imposta la gestione a "Low"



## Priorità Deep Packet - la classificazione del traffico

- La classificazione del traffico consente la dettagliata ispezione pacchetto a pacchetto per stabilire quale è il traffico critico di priorità utilizzando molteplici definizioni tra cui TCP / UDP Port, Vlan, tipo Ether, Source MAC o indirizzo IP
  - Ispezionare in dettaglio tutti i pacchetti e dare priorità alle regole multiple

The screenshot displays a network configuration interface for traffic classification. At the top, there are status indicators for Name, OK, MODE, AUX, TX, RX, and Status. Below this is a navigation menu with options: Terminal, Radio, Serial, Ethernet, IP, QoS, Security, Maintenance, Events, Software, and Monitoring. The 'QoS' section is active, showing 'Traffic Classification' settings.

**TRAFFIC CLASSIFICATION**

Select	Order	Profile Name	Assigned Priority	Assigned VLAN ID	Active
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Traffic Classification L2 Rule 1	Low	0	<input checked="" type="checkbox"/>

**ETHERNET PORT CRITERIA**

Ethernet Port: Any Port  
VLAN ID: 0

**PRIORITY CRITERIA**

Priority Type: None  
PCPDSCP Range: 0-63

**ETHERNET CRITERIA**

Source MAC Address: 00:00:00:00:00:00  
Source MAC Wildcard Mask: ff:ff:ff:ff:ff:ff  
Destination MAC Address: 00:00:00:00:00:00  
Destination MAC Wildcard Mask: ff:ff:ff:ff:ff:ff  
EtherType (HEX): 0

**IP CRITERIA**

Source IP Address: 0.0.0.0  
Source Wildcard Mask: 255.255.255.255  
Destination IP Address: 0.0.0.0  
Destination Wildcard Mask: 255.255.255.255  
IP Protocol Number: -1

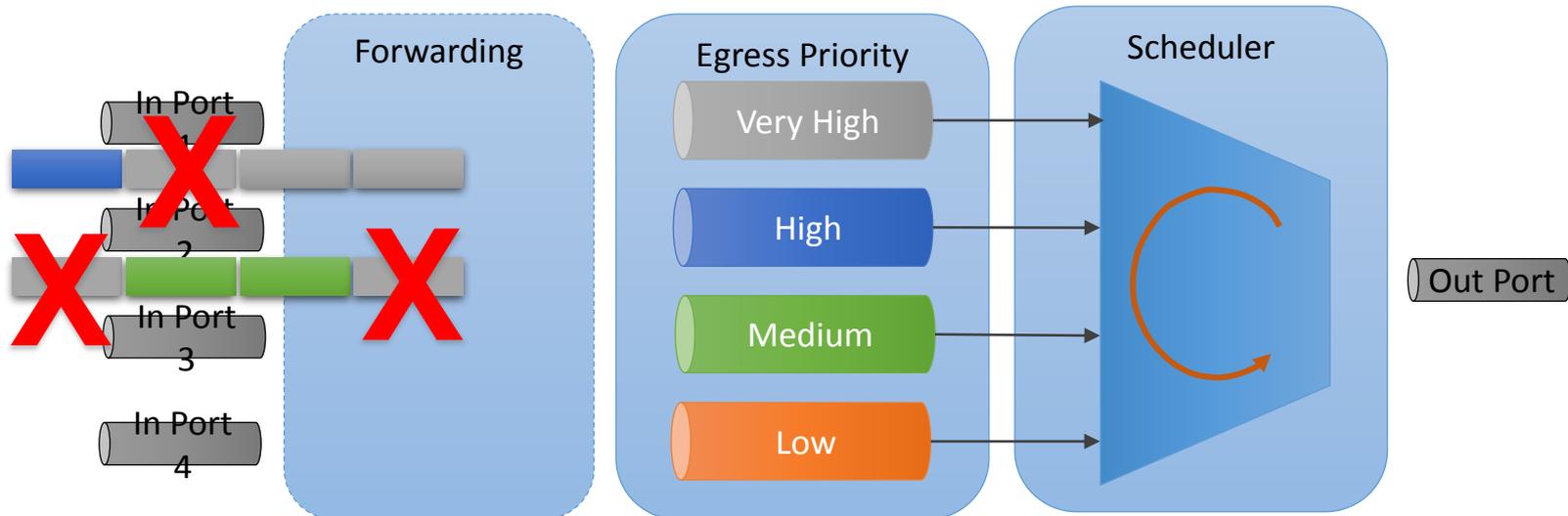
**TCP/UDP PORT CRITERIA**

Source Range: 1-65535  
Destination Range: 1-65535

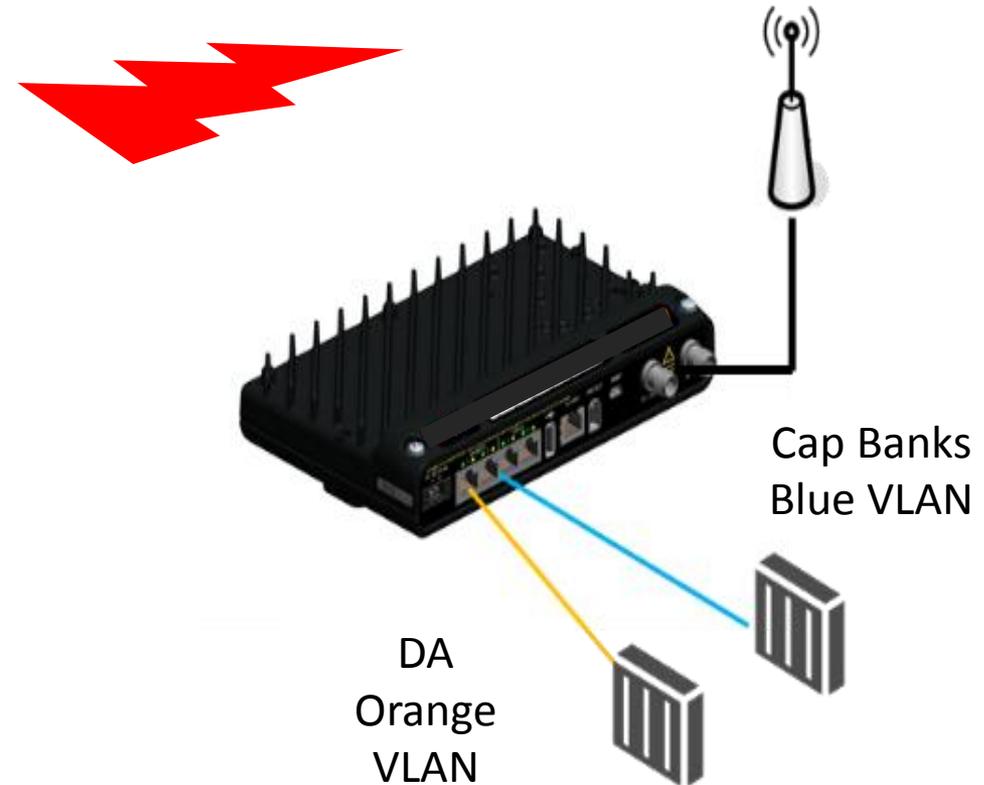
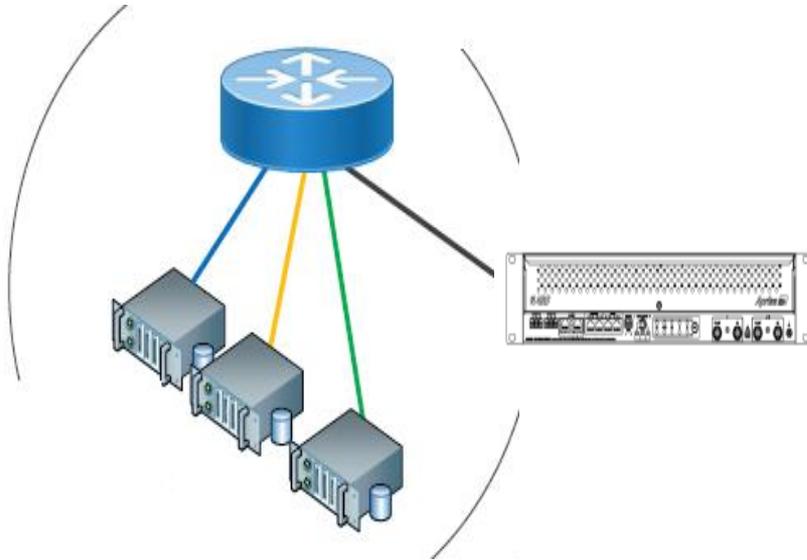
Buttons: Close, More options, Save, Cancel, Edit, Add, Delete, Previous, Next

## Strumenti di filtraggio - Livello 2 (L2) e livello 3 (L3)

- Utilizza filtri per rimuovere il traffico inutile
  - I filtri L2 sono generalmente "liste bianche", il traffico corrispondente verrà trasmesso tramite il collegamento radio
  - I filtri L3 possono essere tipicamente "lista nera" o "lista bianca" e impostati per passare o bloccare il traffico



## Supporto completo VLAN



Server di applicazioni

- Automazione di distribuzione
- Banche di capacitori per correzione del fator di potenza

Aggiungere e rimuovere i VLAN tag per supportare più tipi di RTU

## Advanced Gateway Router AGRM - mistura L2 e L3

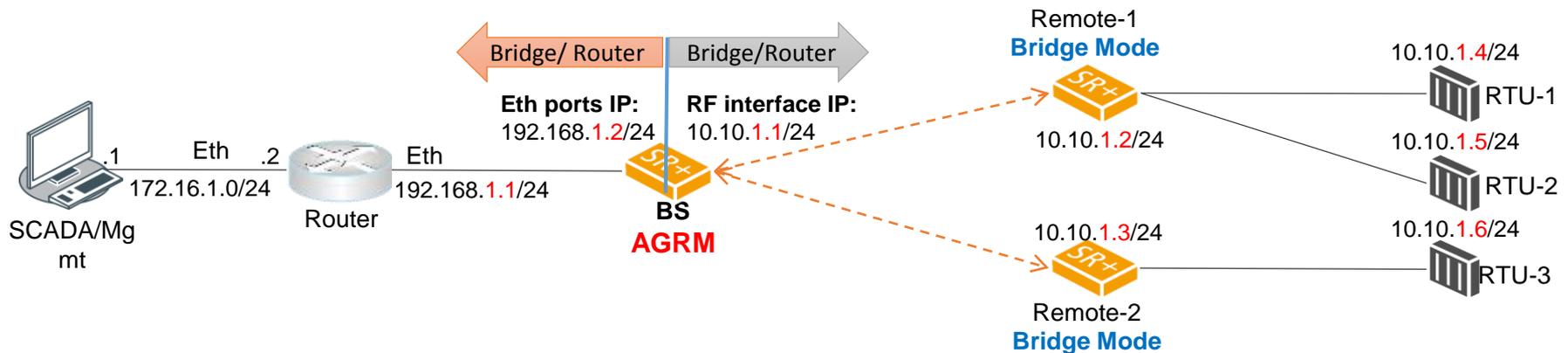
Le implementazioni FAN tradizionali basate su radio erano o completamente ponti Layer 2 o, più raramente, reti Layer 2 complete, soltanto le radio avanzate offrono entrambe le opzioni.

Tutte le porte Ethernet sono nella stessa sottorete e rispondono allo stesso indirizzo IP.

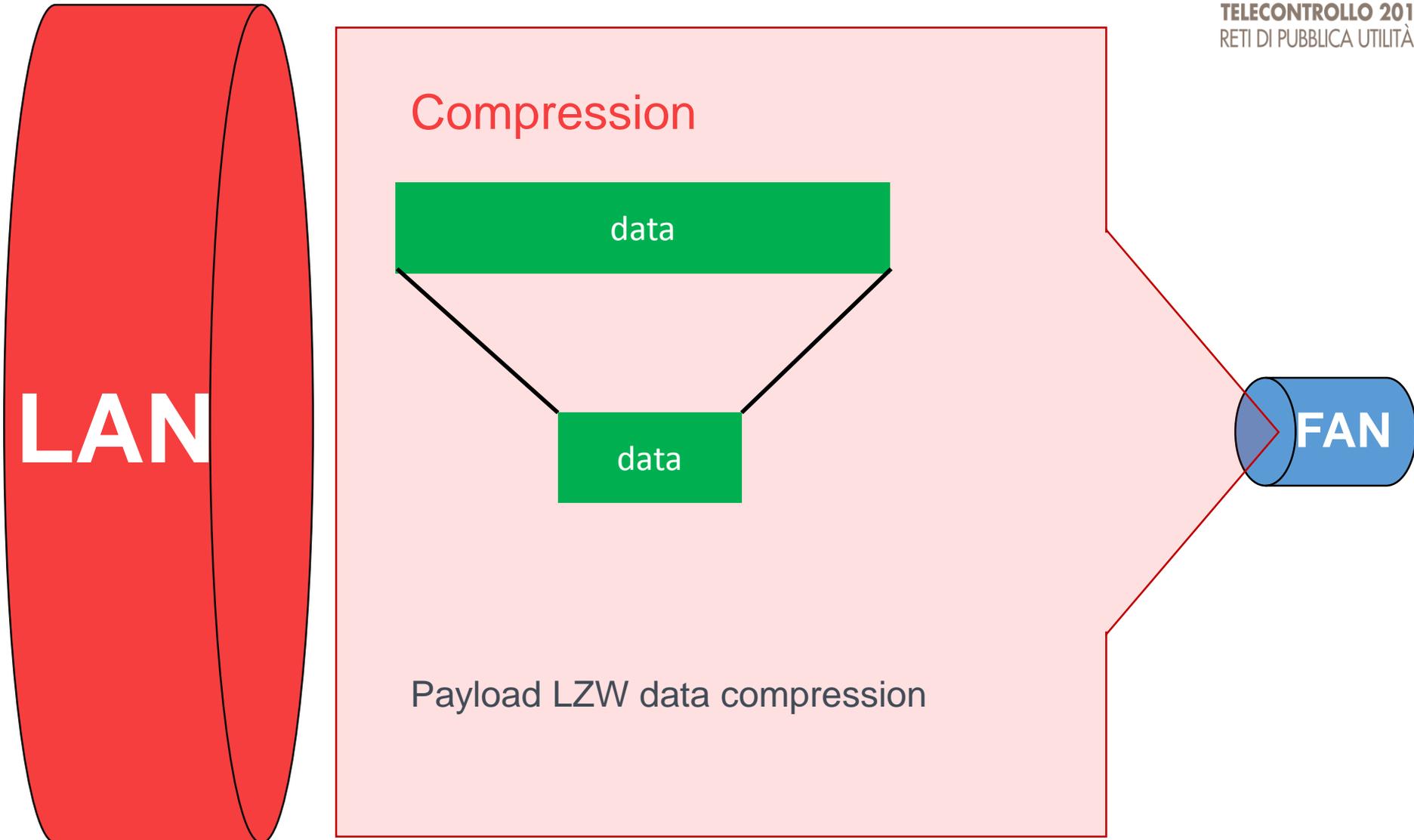
Il collegamento tra le porte Ethernet è commutato, la porta RF esiste in una sottorete diversa.

Configurazione IP RTU semplificata - I dispositivi RTU rimangono nella stessa sottorete del ponte L2:

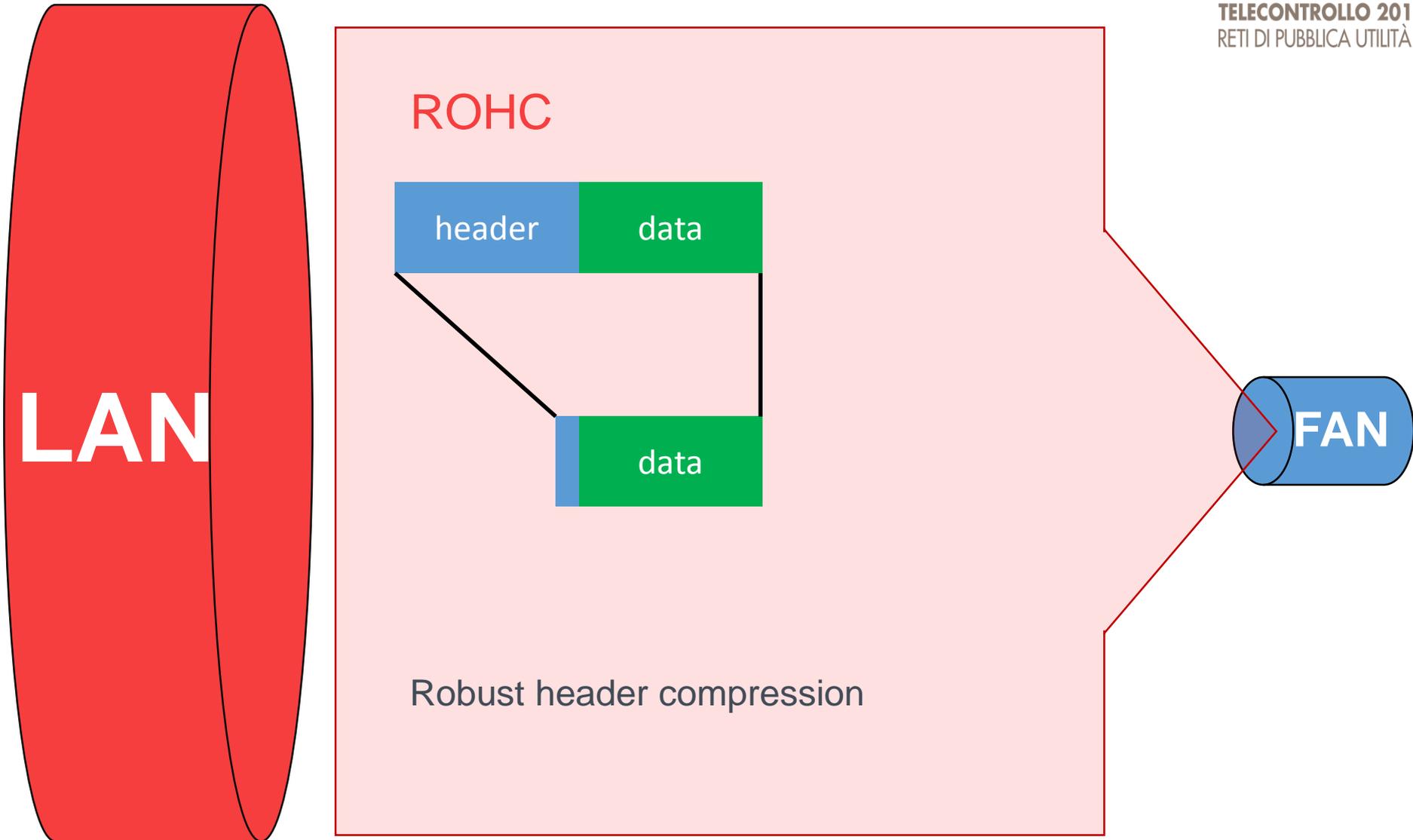
- Rende il collegamento backhaul FAN al master SCADA tramite la rete IP aziendale più facile
- Attiva la distribuzione di NAT (Network Address Translation)
- Ridurre il traffico OTA per l'efficienza



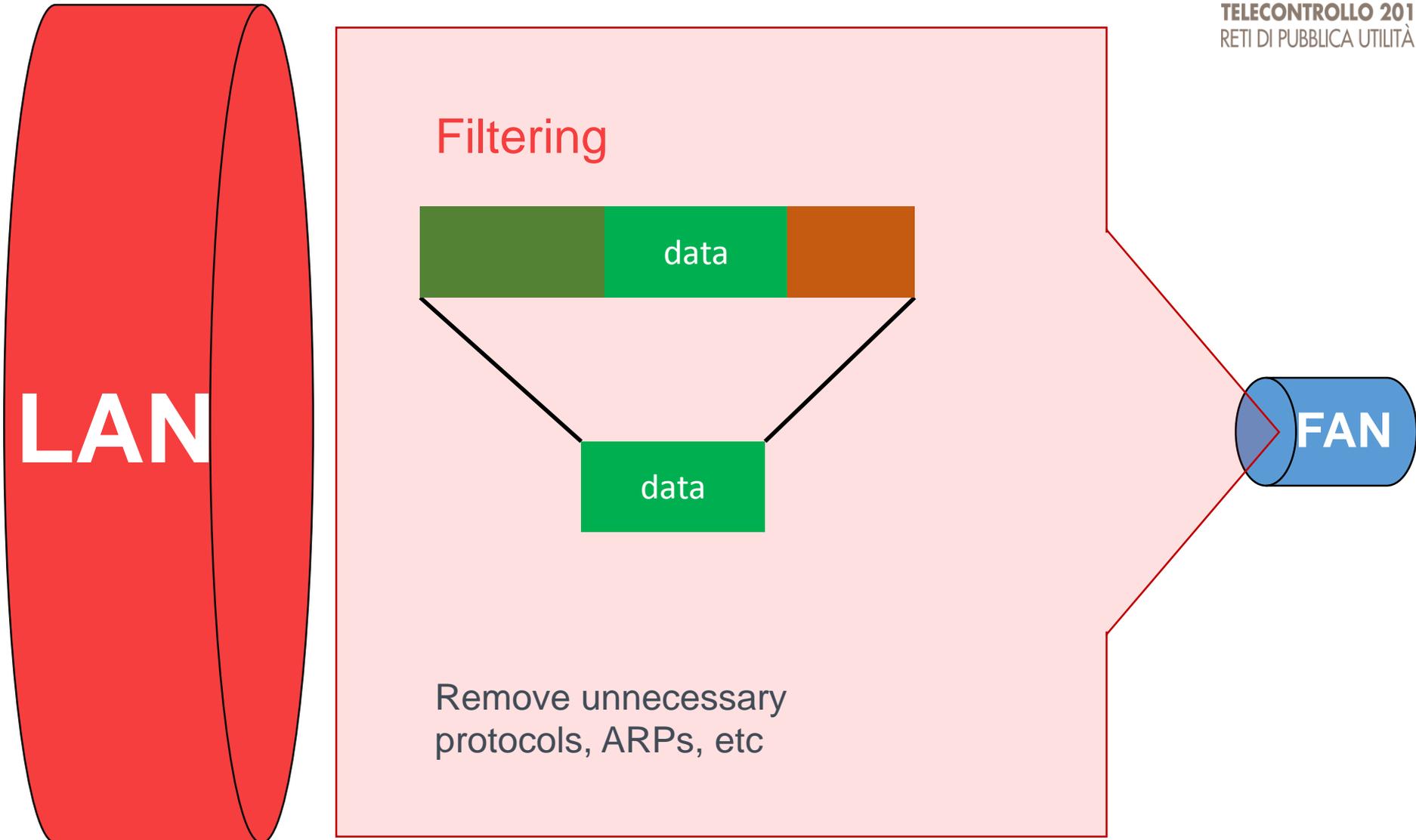
# Making the fat IP world fit into a narrowband FAN



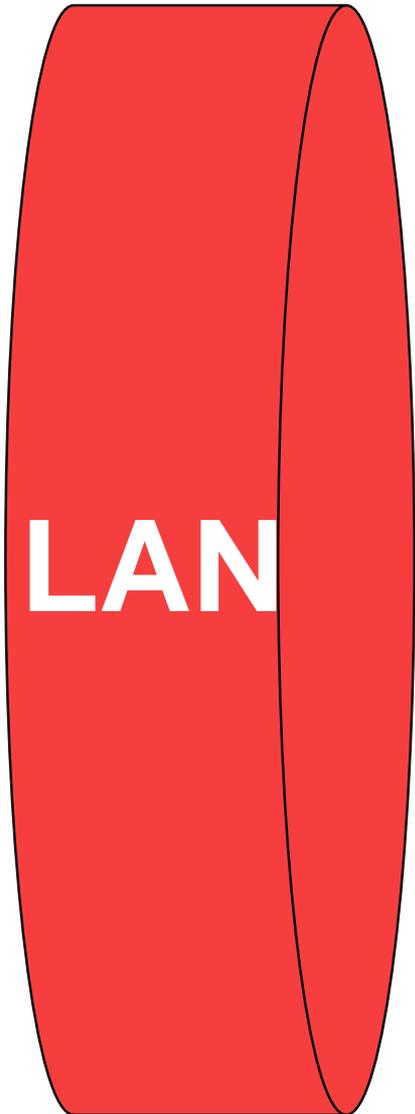
# Making the fat IP world fit into a narrowband FAN



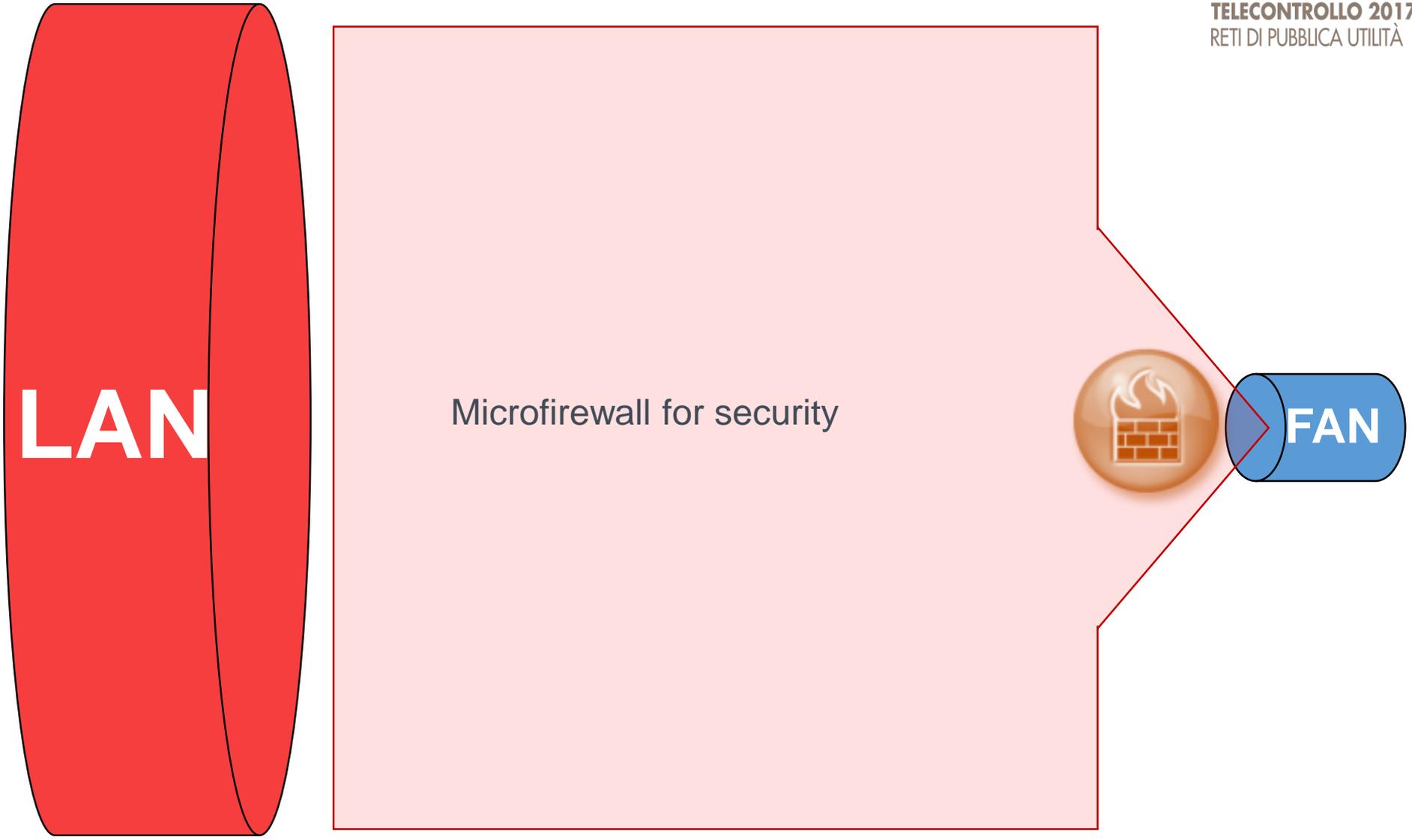
# Making the fat IP world fit into a narrowband FAN



# Making the fat IP world fit into a narrowband FAN



# Making the fat IP world fit into a narrowband FAN



# Making the fat IP world fit into a narrowband FAN



## Nuove tipologie – Ripetitori

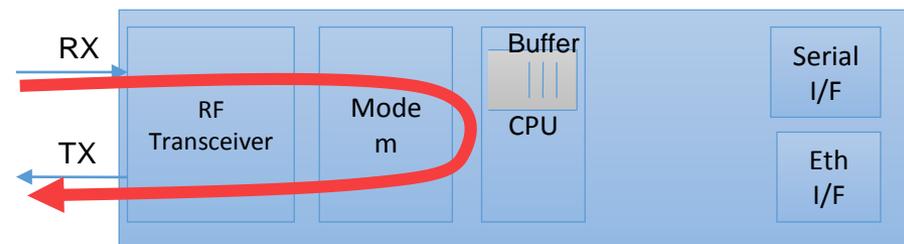
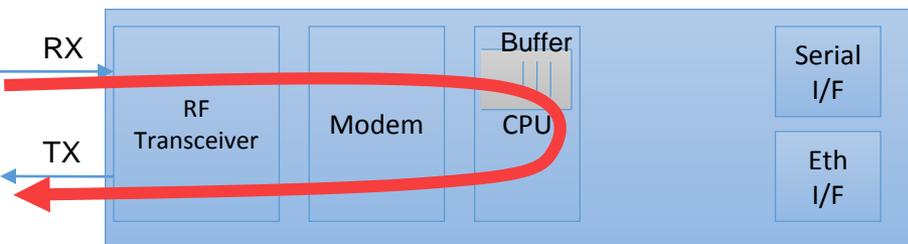
Le nuove modalità disponibili da ancora pochi fornitori includono modalità avanzate di ripetitore per migliorare l'operazione store and forward - utilizzando Full Duplex

- La modalità quasi trasparente sovrappone i pacchetti in entrata e in uscita

Con il modo ripetitore ARFD i pacchetti di dati cominciano a uscire un ripetitore prima che l'intero pacchetto sia stato ricevuto dal ripetitore

- Doppia il throughput rispetto al modo tradizionale di ripetitore store and forward
- Riduce la latenza sui pacchetti lunghi tramite un ripetitore e migliora le prestazioni nella modalità di copertura sovrapposta
- Consente alla base di funzionare come se il ripetitore fosse quasi trasparente

Ideale dove l'alto sito non ha backhaul



## Esempi di Store and forward vs cut through

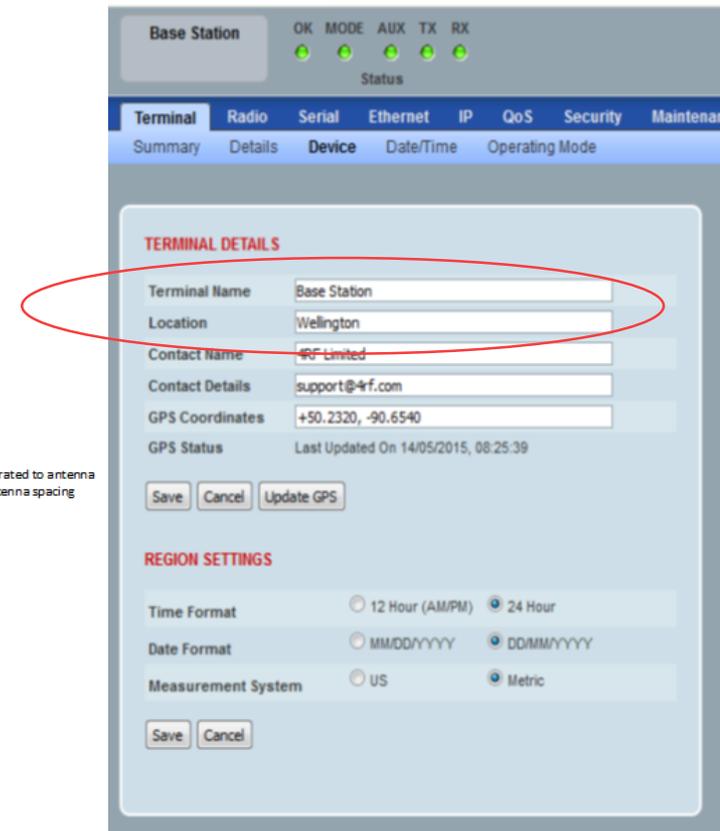
- Esempi di store and forward vs cut through
- Pacchetto 512 byte, base a remota via ripetitore

512 Byte Packet Size					
ETS I / 1.4.0.101 1	Latency (ms) - S&F 512 Byte	Throughput (Bits/s) - S&F	Latency (ms) - CT 512 Byte	Throughput (Bits/s) - CT	% of Throughput Improvement
B2R, 12.5 kHz, QPSK, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	468.6	8,032	258.5	13,528	68.4%
B2R, 12.5 kHz, 16QAM, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	257.7	14,104	142.3	22,040	56.3%
B2R, 12.5 kHz, 64QAM LO, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	201.1	17,080	119.1	25,704	50.5%
R2B, 12.5 kHz, QPSK, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	492.5	8,032	290.3	13,552	68.7%
R2B, 12.5 kHz, 16QAM, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	289.6	14,128	174.0	22,120	56.6%
R2B, 12.5 kHz, 64QAM LO, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	239.1	17,120	142.8	25,816	50.8%
B2R, 25 kHz, QPSK, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	241.3	15,848	139.7	26,544	67.5%
B2R, 25 kHz, 16QAM, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	130.1	27,560	81.0	42,688	54.9%
B2R, 25 kHz, 64QAM LO, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	104.9	33,320	65.9	49,640	49.0%
R2B, 25 kHz, QPSK, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	254.9	15,904	153.7	26,712	68.0%
R2B, 25 kHz, 16QAM, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	152.6	27,744	93.3	43,184	55.7%
R2B, 25 kHz, 64QAM LO, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	118.0	33,616	84.1	50,384	49.9%
B2R, 50 kHz, QPSK, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	135.4	27,992	78.1	45,112	61.2%
B2R, 50 kHz, 16QAM, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	75.3	48,008	42.2	73,304	52.7%
B2R, 50 kHz, 64QAM LO, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	58.2	57,544	40.5	85,832	49.2%
R2B, 50 kHz, QPSK, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	149.5	28,144	91.4	46,984	66.9%
R2B, 50 kHz, 16QAM, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	88.2	48,520	57.8	74,472	53.5%
R2B, 50 kHz, 64QAM LO, ACK OFF_ AR, AES 128_no security,	74.2	58,216	53.2	89,104	53.1%

## Opzioni GPS fisse e portatili

L'opzione GPS connesso USB è ora disponibile per l'aggiornamento della posizione per verificare il campo

- Ricevitore GPS USB per uso permanente
- Le unità GPS NMEA a mano possono essere utilizzate per l'aggiornamento temporaneo della posizione
- Strumento ideale per il controllo del sito



## Spettro?

In molti luoghi globalmente fette di spettro stanno diventando disponibili per le Utility

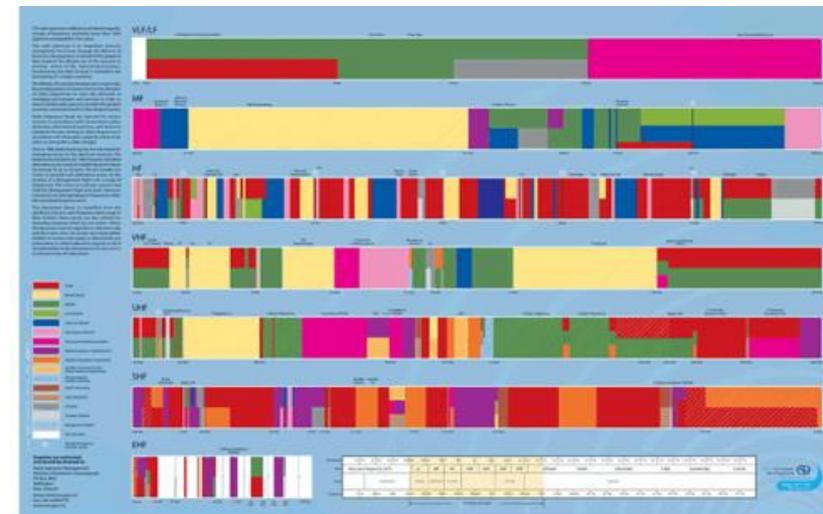
Gli operatori di telecomunicazioni, in genere, bisognano di grande fette "multiple o  $n \times$  MHz"

Le Utility possono distribuire FAN con piccole fette spesso inferiori a 1 MHz

Le radio di nuova generazione a banda stretta garantiscono il throughput e le caratteristiche richieste per il FAN con requisiti minimi di spettro

### In Italia

- UHF (400-470) MHz ampiamente usato
- 220 (217-218) MHz in gran parte inutilizzato
- 300 (320 – 400) MHz riservato
- VHF (135-175) MHz utilizzato in gran parte



# Sicurezza

## Tendenze del mondo reale per la rete di area di campo FAN

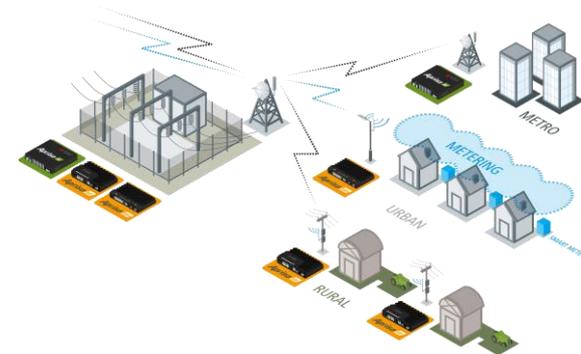
La radio a banda stretta privata è una tecnologia chiave per le reti di campo SCADA di Utility che affrontano le esigenze di affidabilità, ridondanza e resilienza

I prodotti IP SCADA portano nuovi protocolli, sicurezza e esigenze di gestione

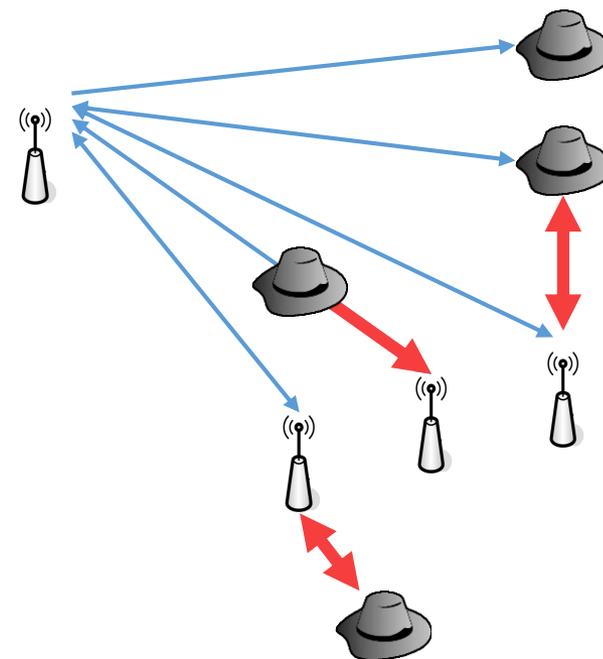
L'utilizzo di IP qui non è lo stesso di "Internet" ma condivide gli stessi protocolli

**Necessità di un attento approccio alla sicurezza - i pilastri sono**

- **Disponibilità** - impedisce la negazione del servizio
- **Integrità** - impedisce la modifica
- **Confidenzialità** - impedisce l'accesso ai contenuti
- **Non-rinuncia** - impedisce la negazione di un'azione

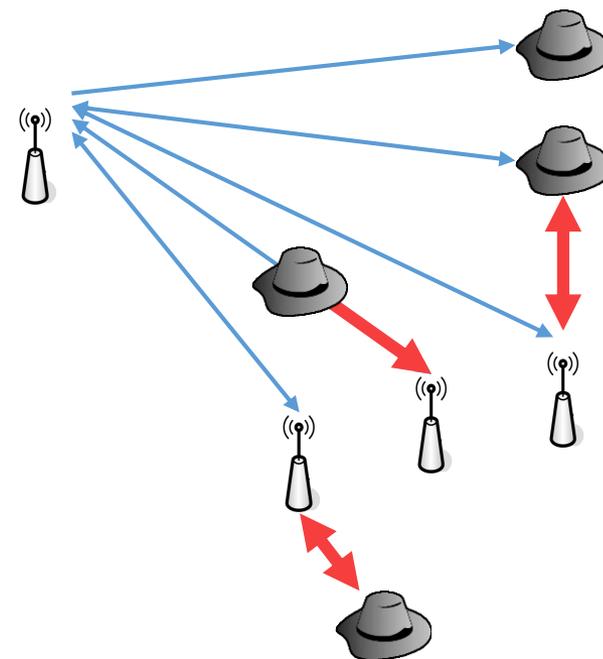


# Potenziali vettori di minaccia - wireless



# Potenziali vettori di minaccia - wireless

Wireless denial of service – negazione di servizio

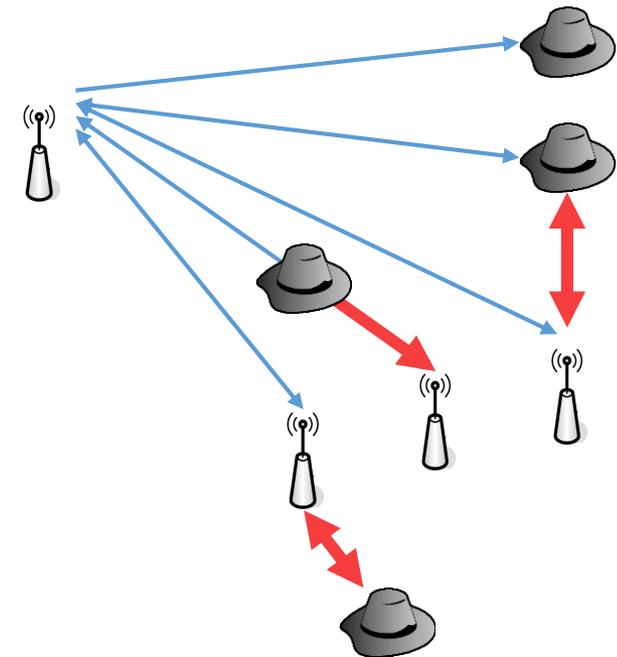


## Potenziali vettori di minaccia - wireless

Wireless denial of service – negazione di servizio

- Robusto livello fisico wireless - sovraccarico e inondazioni

Uomo nel mezzo



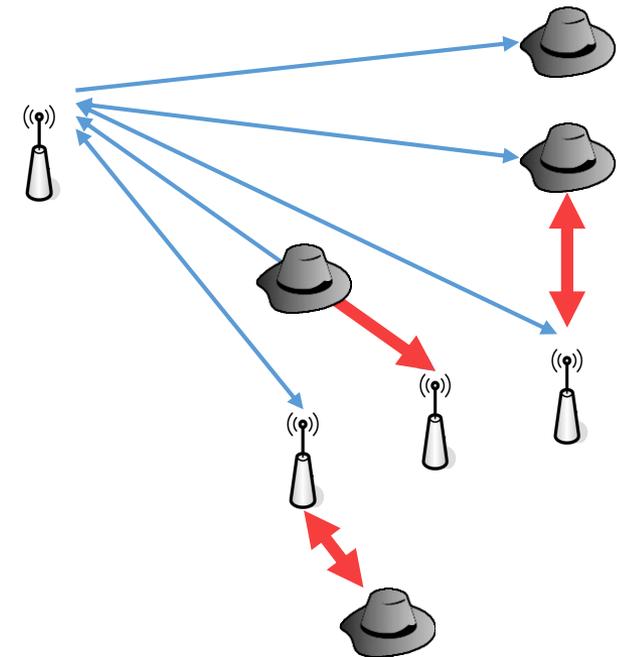
## Potenziali vettori di minaccia - wireless

Wireless denial of service – negazione di servizio

- Robusto livello fisico wireless - sovraccarico e inondazioni

Uomo nel mezzo

- Crittografia senza aiuto, necessità di autenticazione



## Potenziali vettori di minaccia - wireless

Wireless denial of service – negazione di servizio

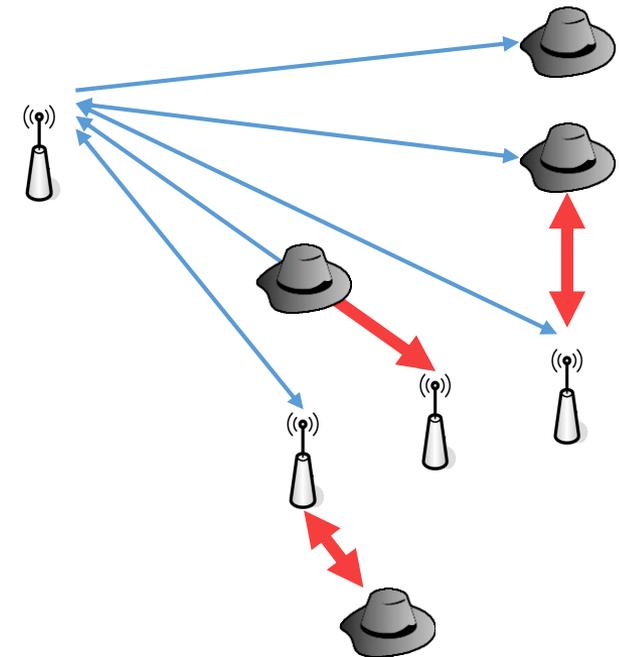
- Robusto livello fisico wireless - sovraccarico e inondazioni

Uomo nel mezzo

- Crittografia senza aiuto, necessità di autenticazione

Gestione

- La funzionalità di gestione può essere utilizzata come backdoor nella rete



## Potenziali vettori di minaccia - wireless

Wireless denial of service – negazione di servizio

- Robusto livello fisico wireless - sovraccarico e inondazioni

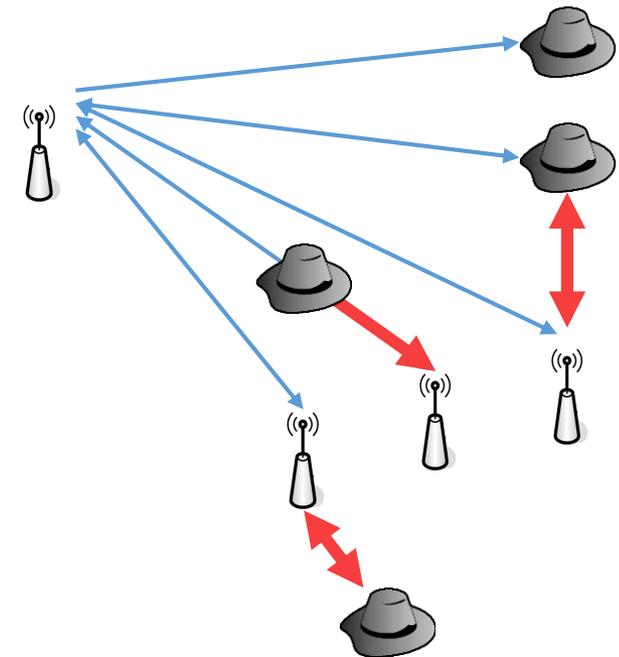
Uomo nel mezzo

- Crittografia senza aiuto, necessità di autenticazione

Gestione

- La funzionalità di gestione può essere utilizzata come backdoor nella rete

- Modifiche di configurazione



## Potenziali vettori di minaccia - wireless

Wireless denial of service – negazione di servizio

- Robusto livello fisico wireless - sovraccarico e inondazioni

Uomo nel mezzo

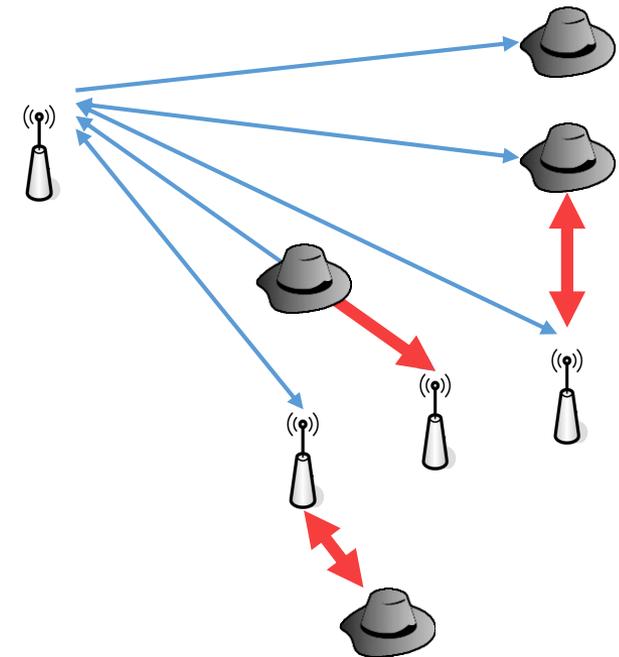
- Crittografia senza aiuto, necessità di autenticazione

Gestione

- La funzionalità di gestione può essere utilizzata come backdoor nella rete

- Modifiche di configurazione

Eavesdropping



## Potenziali vettori di minaccia - wireless

Wireless denial of service – negazione di servizio

- Robusto livello fisico wireless - sovraccarico e inondazioni

Uomo nel mezzo

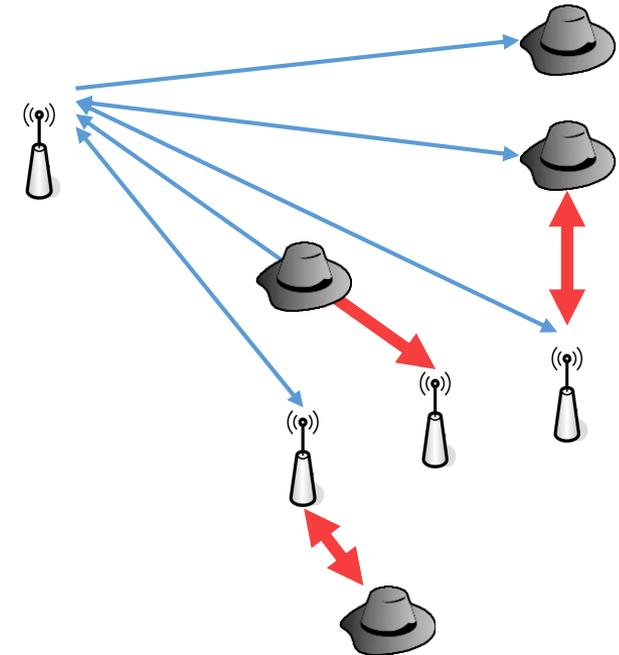
- Crittografia senza aiuto, necessità di autenticazione

Gestione

- La funzionalità di gestione può essere utilizzata come backdoor nella rete

- Modifiche di configurazione

Eavesdropping



La crittografia AES non è sufficiente!

## Riepilogo della sfida di sicurezza

I più recenti protocolli di protezione e protezione over-the-air ora supportati

- Sicurezza **SNMP v3**
- Crittografia / **autenticazione**
- Over-the-air re-keying con il **KEK**
- HTTPS TLS 1.2 **ECC** (codici RSA sostituiti)

Gestione Accesso Controllo, audit, e **RADIUS**

Dissativa I protocolli di gestione non protetti

- Telnet, vecchie version SNMPv1 e v2

Protezione fisica della porta – crittografia o disabilitazione della porta

Considerazione di mezzi fisici per rilevare le intrusioni di apparecchiature fisiche

- Uso di Sigili FIPS 140-1 L2

Approfondire la protezione della protezione informatica utilizzando le raccomandazioni e gli standard di sicurezza di NERC CIP, NIST, FIPS, IETF, CPNI ecc.



# Uso di radio di nuova generazione

## Urbano di alta densità e rurale di lunga distanza

Le reti possono richiedere requisiti specifici ora affrontati con le radio QAM di nuova generazione

- Throughput
- Latenza
- Densità

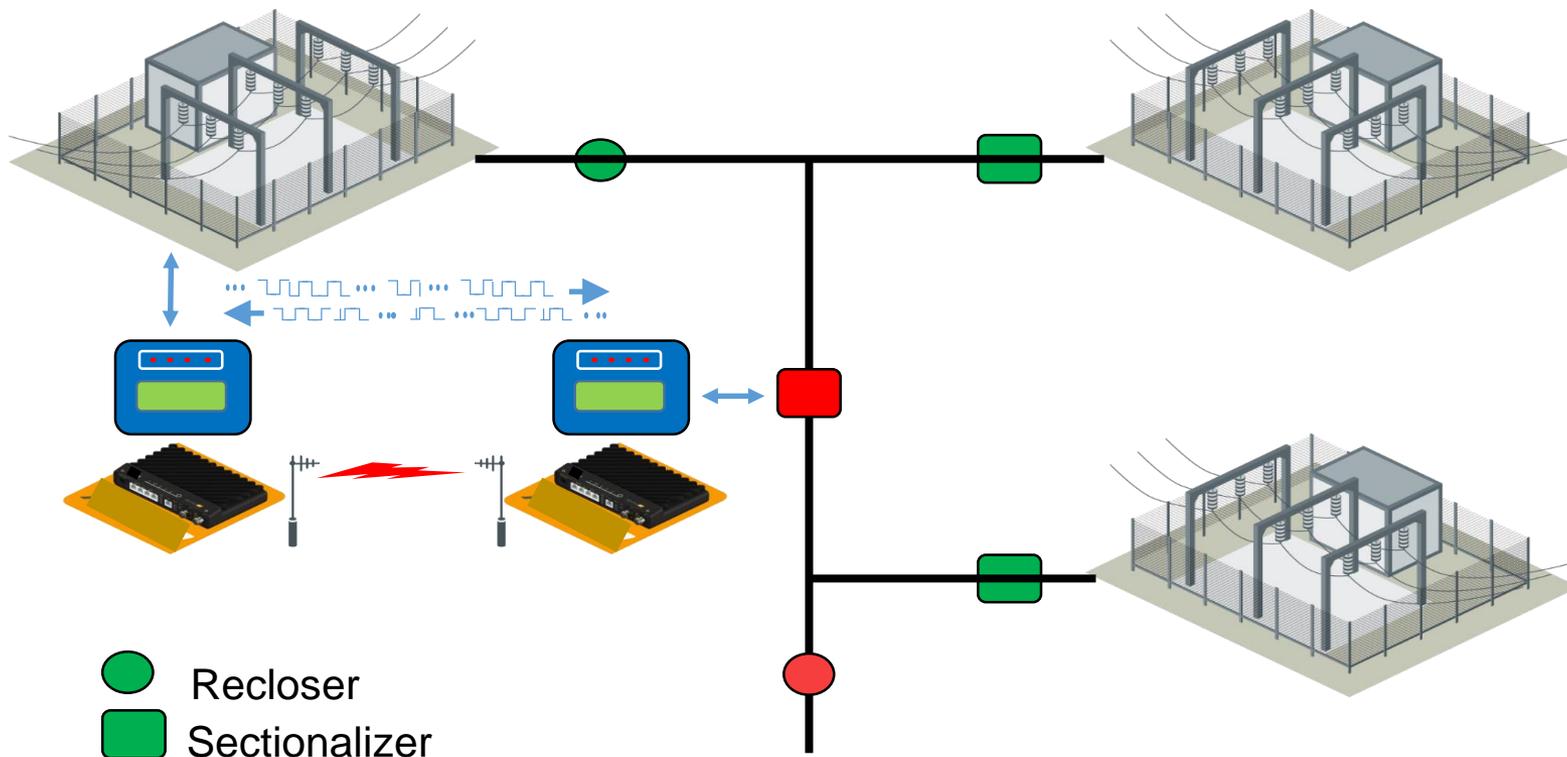
Le bande chiave sub 1 GHz per SCADA hanno molte caratteristiche comuni

- Buona propagazione e frequenza di riuso



## Bassa latenza – supportando Mirrored Bits®

La nuova radio QAM a banda stretta con licenza può supportare il protocollo Mirrored Bits® in operazione standard half duplex



Mirrored Bits® is a registered trademark of Schweitzer Engineering Laboratories, Inc

## Mirrored Bits - che cosa è?

Mirrored Bits® è un protocollo elaborato da Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.

- Il protocollo consente applicazioni di trasferimento bit di punto a punto in **protezione** (bus di protezione, blocco, sblocco, permesso e trasferimento) e **l'automazione** (sistemi di sezione, ripristino e interblocco)
- Il protocollo è spesso descritto come una tecnologia di comunicazione di **relay-to-relay**

Come viene normalmente trasportato il protocollo?

- Sono stati utilizzati RS-232, fibra, microonde, e radio senza licenza Part 15 ed il protocollo prevede full-duplex o l'emulazione di comunicazioni full-duplex

Perché le soluzioni licenziate non sono state pratiche in passato?

- Gli antichi disegni di radio SCADA in banda con licenza non erano semplicemente abbastanza veloci per soddisfare i requisiti di tempistica stretta del protocollo

## Pianificazione di rete ad alta densità - utilizzando uno spettro di 1 MHz

5000 dispositivi primari - DA reclosers, sottostazioni e banchi di protezione / capacitori

50000 dispositivi secondari - tipicamente generazione distribuita

Limitazioni sulla quantità massima degli elementi per base con requisiti di tempo polling stretti

Le antenne settoriali utilizzate con canali da 12,5, 25 o 50 kHz e un'ampia pianificazione RF

Dimensioni flessibili dei canali e un'ampia chiave di riutilizzo della frequenza per la progettazione della rete

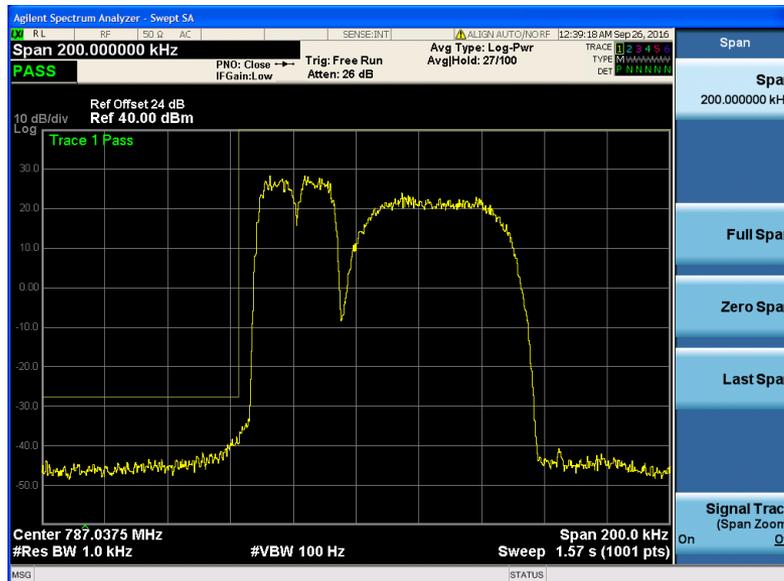


Table 6 - Data throughput and latency table

With ROHC Compression Enabled

Number of Remote Ends	Data Length	Latency		Aggregate Sector Data Throughput (kbps)	Remote Data Throughput (kbps)	Radio Throughput (kbps)	Data Overhead (kbps)
		One-way Data to Remote	Base to Remote				
3	Min (64 bytes)	10.3	18	57	57	151	
150	Min (64 bytes)	10.3	18	57	57	151	
Max (576)	Min (64 bytes)	10.3	18	57	57	151	
3	Med (296 bytes)	19.7	27.5	120	120	88	
150	Med (296 bytes)	19.7	27.5	120	120	88	
Max (412)	Med (296 bytes)	19.7	27.5	120	120	88	
3	Max (1518 bytes)	67.5	75.4	178	178	30	
150	Max (1518 bytes)	67.5	75.4	178	178	30	
Max (168)	Max (1518 bytes)	67.5	75.4	178	178	30	

## Alta densità

Stazioni di base settoriale, con pannelli a 120°

Plot del migliore servitore, più di 55,000 dispositivi possono funzionare insieme con uno spettro <1Mhz



Base stations  
with three  
sector  
coverage

Best server  
plots identifies  
base station

## Sommario - la radio privata è ora la nuova 'banda larga'

- I sistemi SCADA IP con nuove esigenze di protocollo, sicurezza e gestione stanno aspettando le aspettative per la capacità del sistema radio digitale
- I sistemi radiofonici a banda stretta IP ben progettati offrono miglioramenti pratici di smart-grid pratici
- La tecnologia QAM aumenta notevolmente la capacità ma c'è molto di più a una buona radio
  - Filtraggio per ridurre il traffico radio OTA
  - Utilizza la giusta combinazione di routing L3 e ponti L2 per ridurre il traffico OTA
  - Uso efficiente del canale per aumentare il throughput
- Le implementazioni di Utilities del mondo reale mostrano, che le reti "grasse" FAN di banda estretta possono soddisfare le attese di velocità di banda larga di oggi
  - Esistono reti QAM implementati di grandi dimensioni
  - Già possiamo vedere funzionando reti IP a banda estretta in scala
- **L'esperienza conta**

web Grid  
Standard Renewables  
Management the growth  
evolution security  
Cyber Metering  
Serial IP TCP/IP  
Smart

**Grazie!**

**Marco Pangos**  
[marco.pangos@4rf.com](mailto:marco.pangos@4rf.com)