

# Tecnologie e reti di comunicazione di bordo treno

## **Redattori**

Ing. Antonio Ghelardini

Ing. Alessandro Valentini

Ing. Giulio Ferri

Ing. Paolo Masini

Workshop: Tecnologie per la comunicazione  
e la trasmissione di energia a bordo treno  
Politecnico di Milano, 18 Maggio 2018

# Sommario

---

- Rete treno
  - Aspetti critici
  - Requisiti
  - Tolleranza al guasto
  - Switch virtuale
  - Link virtuale
  - Apparati e server
  - Servizi di networking
  - Accesso ai servizi tramite Wi-Fi di bordo
- Internet on Board
  - Connessione terra-treno
  - Sistema di captazione
- Passenger information System (PIS) - Infotainment
- TVCC
  - Requisiti e impatti
  - Architettura con monitoraggio

# Rete treno - Aspetti critici

---

- Ambiente di bordo treno
- Quale topologia di rete?
- Requisiti latenza rete e jitter
- Requisiti per i cablaggi e connettori
- Requisiti per le connessioni cassa-cassa

# Rete treno - Requisiti

---

## Tecnologia Ethernet (requisiti Layer 2)

- Tecnologia ethernet STANDARD → Fully switched network
- Dorsale di treno: 1 GbE → 10 GbE
- Utilizzo di IEEE802.3ad - Link Aggregation (LACP)
- Rete Veicolo: FE → 1 GbE
- Virtual Lan: IEEE802.1p
- QoS: IEEE802.1q
- Protocollo SNMPv3
- Tolleranza al guasto
- Tempo di convergenza della rete in caso di guasto: 0,5 sec.
- Tempo di ripristino applicativo in caso di guasto: 2 sec

# Requisiti cablaggi e connettori

---

- UTP o STP? → Cavi SFTP AWG23
- Cavi e connettori Cat. 7A: no Rj-45 → connettori Tera
- Canali certificati secondo la ISO/IEC 11801 Classe Fa
- Bretelle a due coppie certificate secondo la TIA 1005 Cat. 6a
- EN 45545 (fuoco e fumi)

# Requisiti connessioni cassa-cassa

---

- Cavi SFTP AWG23 molto flessibili
- Contatti Cat. 7A
- Canali certificati secondo la ISO/IEC 11801 Classe Fa
- EN 45545 (fuoco e fumi)
- Connettori IP 67 (resistente all'acqua)
- Prova di flessione-torsione: almeno 20000 cicli

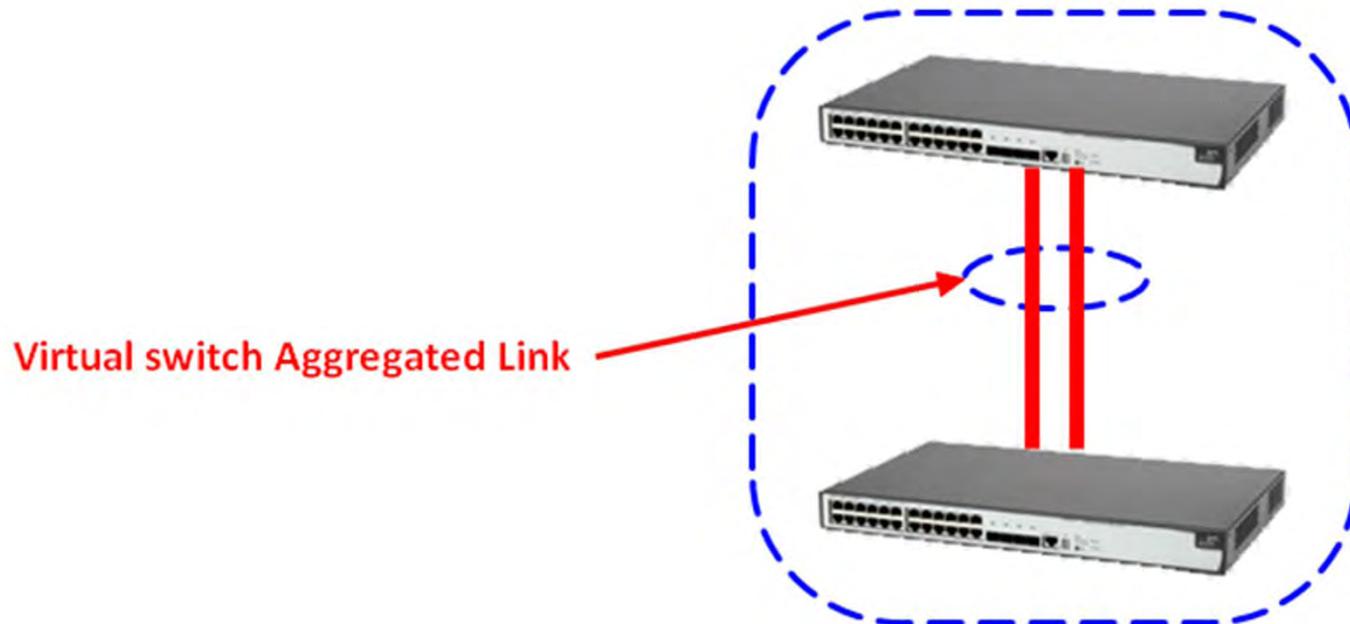
# Rete treno - Tolleranza al guasto

---

- Switch virtuali
- Link virtuali tra gli apparati
- Uso di VLAN esclusive per ogni servizio
- Dispositivi *fully managed*
- Servizi *fault-tolerant*
- Indirizzamento dinamico IPv4 (Option 82)
- Risoluzione dei nomi “Internet-like”
- → Manutenzione di tipo Plug & Play

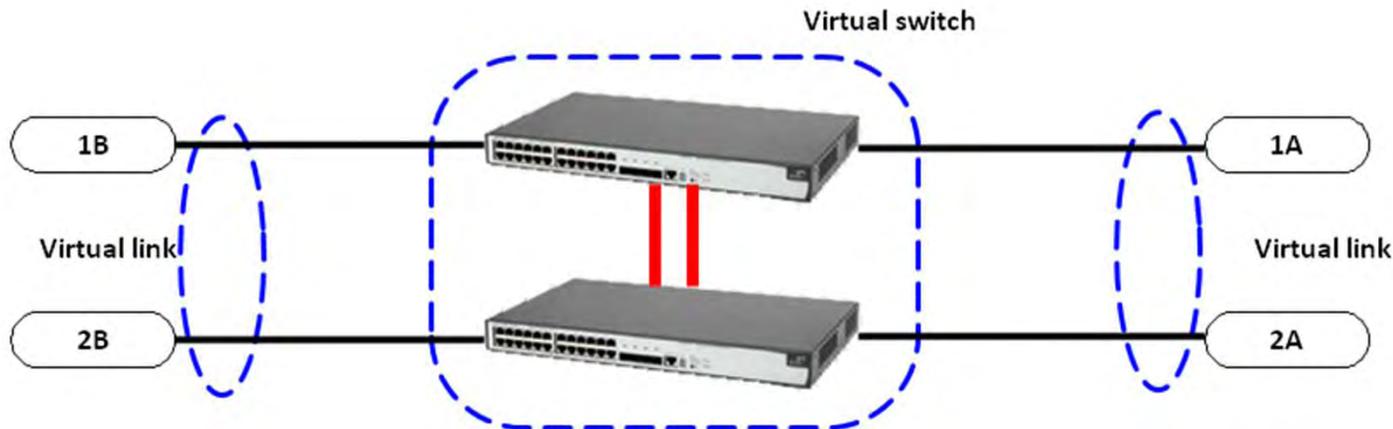
# Rete treno - Switch virtuale

- La rete Ethernet vede un Unico Switch (switch virtuale) composto da due Switch fisici (aumento di disponibilità).
- Lo Switch virtuale offre by-design un miglioramento di 20 volte nei tempi di Failover/Ripristino della rete rispetto alle architetture Ring ed allo stesso tempo elimina quasi tutti i protocolli di ridondanza proprietari layer 2 e layer 3



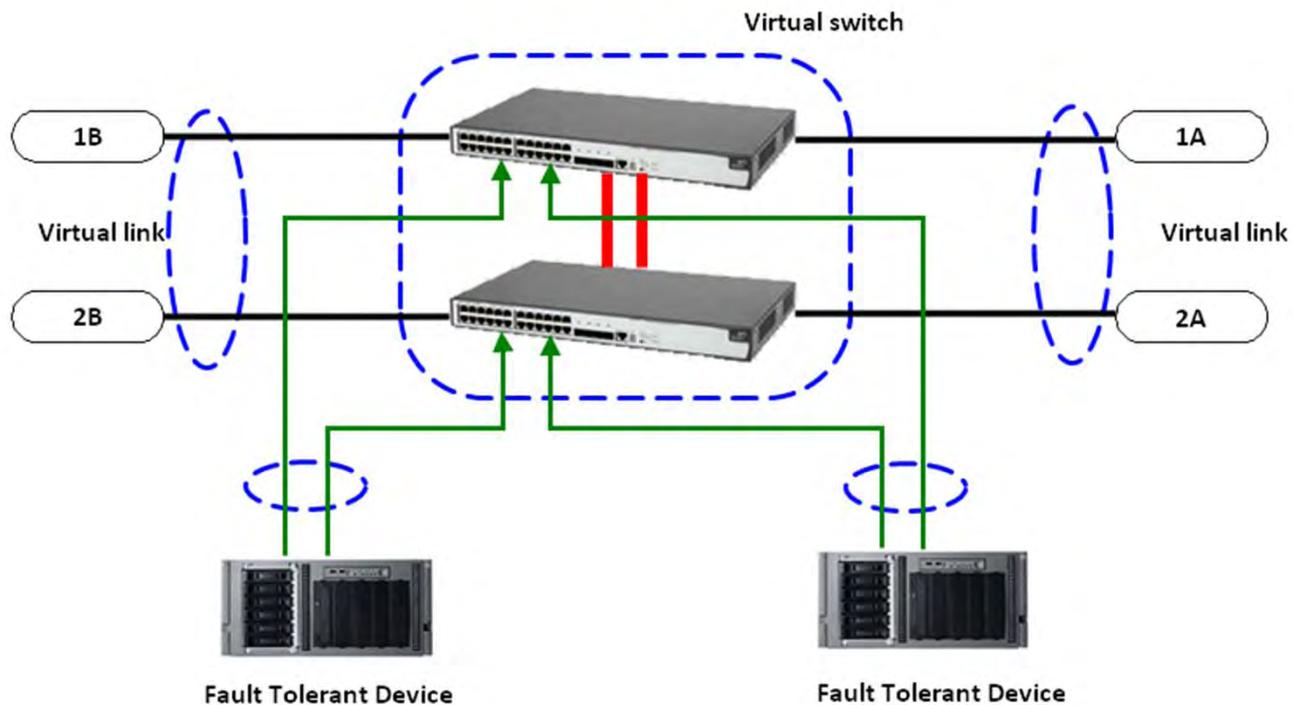
# Rete treno - Link virtuale

- L'uso dei link virtuali formati da almeno due link fisici (basati su LACP) incrementa sia le prestazioni che la disponibilità dei dispositivi connessi
- Il tempo di ripristino dei link virtuali è minore di 10ms
- Il tempo di ripristino a livello applicativo è inferiore a 500ms (adatto per applicazioni di streaming video in tempo reale)



# Rete treno - Apparati e server

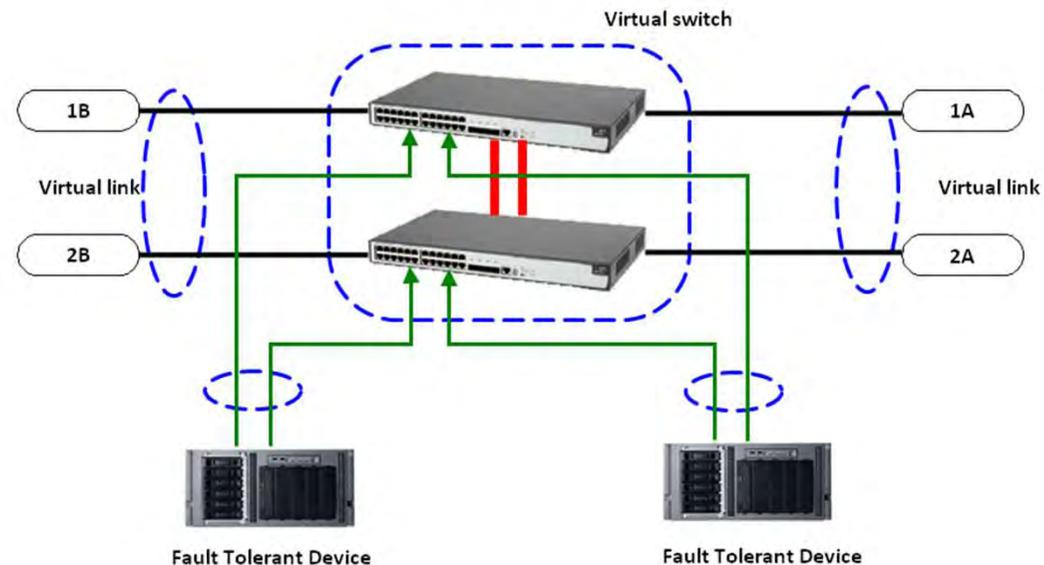
## Apparati fault-tolerant



# Rete treno - Servizi di networking

## Servizi *fault-tolerant*

- VLAN
- NTP server – Synchronization between devices and services
- DHCP Server (Option 82)
- Local D-DNS server
- Services Discovery and Registration Mechanisms
- SNMP v3 server



# Accesso ai servizi di bordo: Wi-Fi

---

- **Access Point IEEE802.11ac wave2**

In ciascuna carrozza è installato un AP in grado di negoziare connessioni Wi-Fi almeno a 350Mbps.

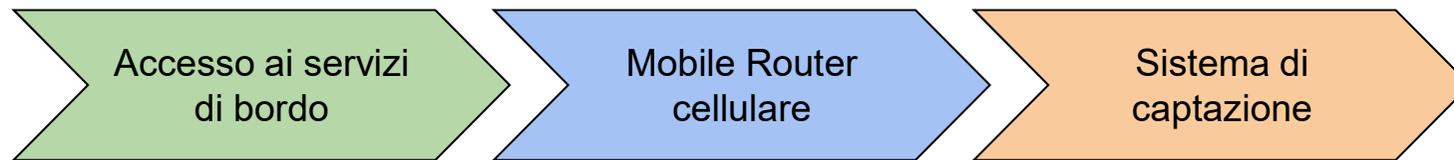
- **Controller Wi-Fi**

Sul treno è presente un apparato che consente ai dispositivi connessi in Wi-Fi di fare hand-over tra le varie carrozze, garantendo la continuità e la capacità della connessione.

# Internet on Board (IoB)

## Catena di accesso al servizio internet

1. Accesso ai servizi di bordo tramite WLAN - LAN di bordo)
2. Connessione terra-treno: Mobile Router Cellulare
3. Sistema di captazione

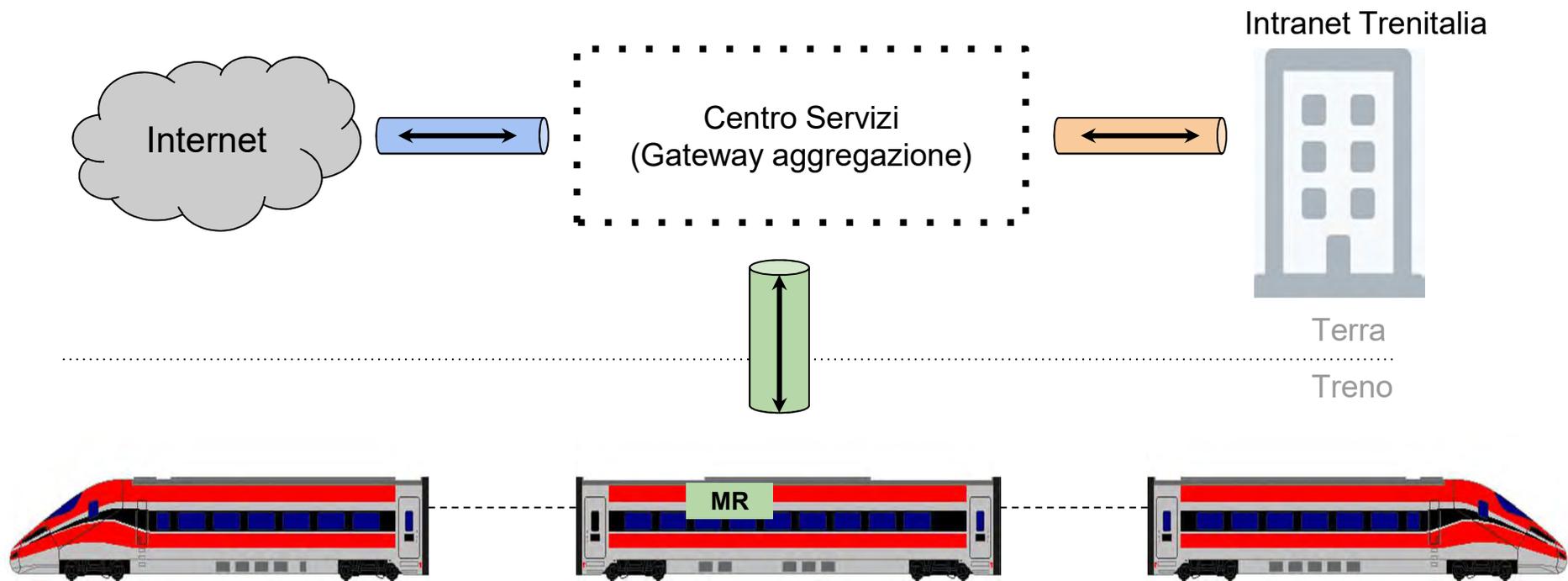


### Problematiche tecniche e fisiche delle connessioni radiomobili:

- Situazione di mobilità estrema (300 km/h, effetto doppler, hand-over)
- Copertura radiomobile **variabile** per definizione, nel tempo e nello spazio
- Capacità della rete di terra variabile in spazio (*back-hauling*)

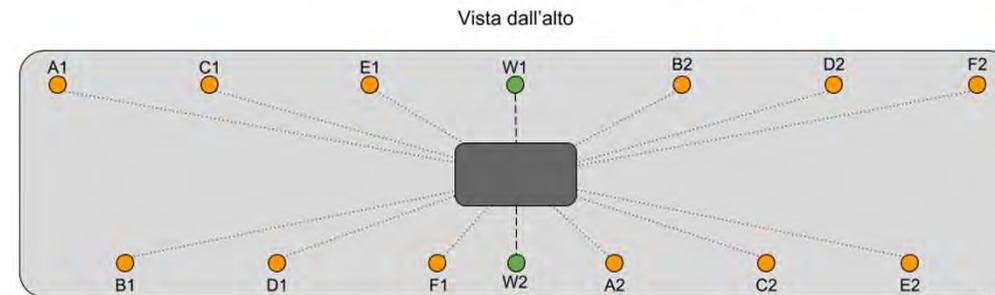
# IoB - Connessione terra-treno: Mobile Router

- Mobile Router multi-modem
- SIM dati dei 3 operatori nazionali per massimizzare la disponibilità della copertura radiomobile
- Aggregazione dei flussi per massimizzare il throughput



# Internet On Board - Sistema di captazione cellulare

- Sull'imperiale di una carrozza sono state installate 12 antenne cellulari multibanda che afferiscono ad un Mobile Router multi-modem.
- Modem cellulari LTE Advanced-PRO: Ogni modem è in grado di negoziare connessioni radio MIMO ed è in grado di aggregare la capacità trasmissiva su tutte le bande cellulari disponibili (Carrier Aggregation)



Vista sezione frontale

# Infotainment

## Dispositivi e funzionalità

- Monitor informativi
  - Percorso cartografico
  - Fermate e orari
  - Puntualità
  - Coincidenze con le stazioni in approccio (M53)
  - News
  - Ripresa live tracciato
  - Promozioni
- Portale di bordo

SERVIZIO	DESCRIZIONE
INTERNET WIFI	Servizio di connessione internet tramite rete WIFI di treno
CINEMA & TV	Offerta di 25 film italiani e stranieri e Programmi TV. 5 Film disponibili in doppia lingua Ita-Eng
MUSICA	120 brani musicali Italiani e stranieri organizzati in playlist
NEWS ANSA (VIDEO E TESTUALI)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Contributi video ad aggiornamento orario organizzati in TG e approfondimenti tematici</li><li>▪ Fino a 50 news testuali al giorno erogate tramite ticker scorrevole</li></ul>
INFORMAZIONI DI VIAGGIO	Informazioni sull'andamento del viaggio (puntualità, coincidenze, meteo)

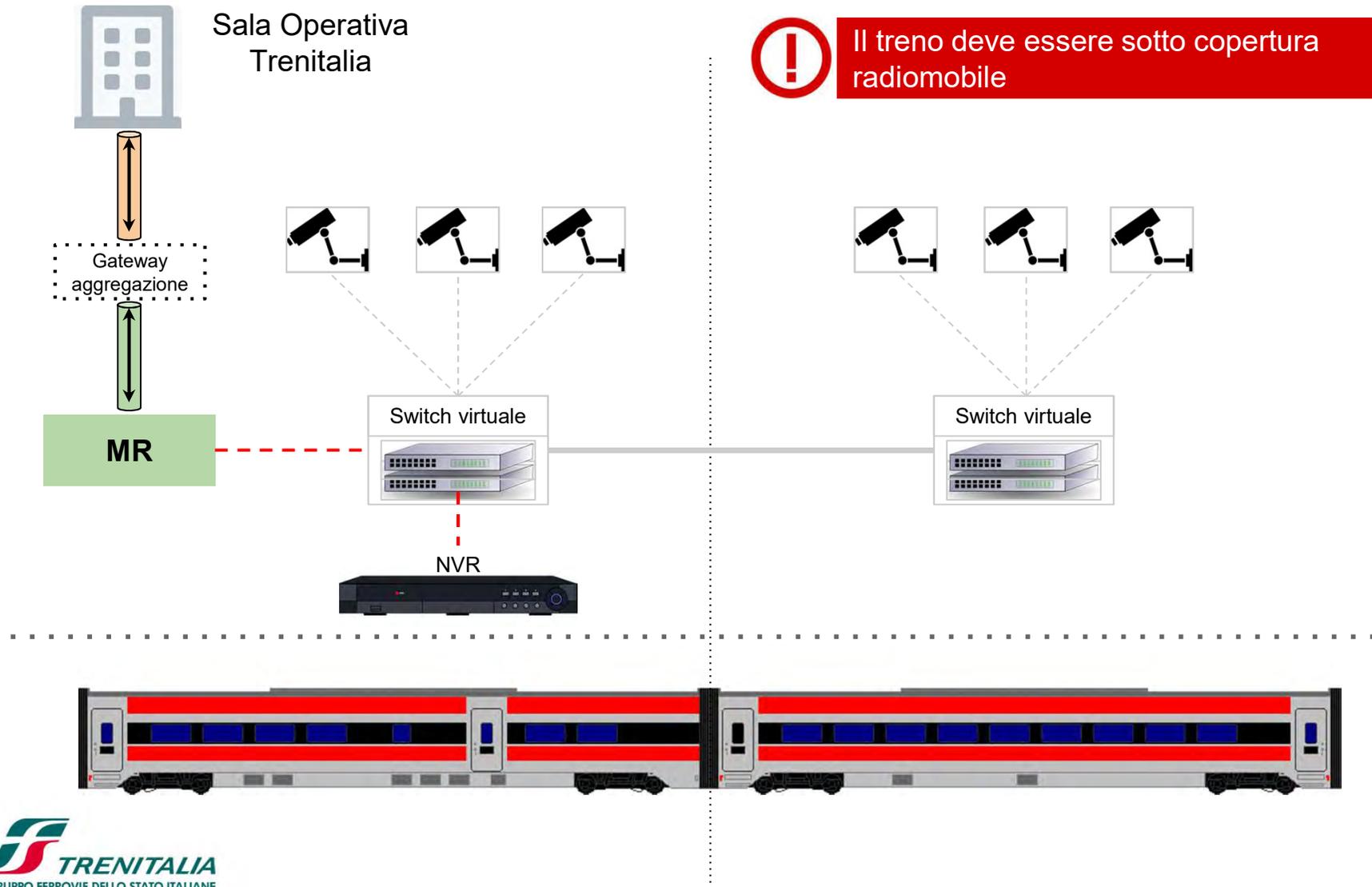


# TVCC - Requisiti → Impatti

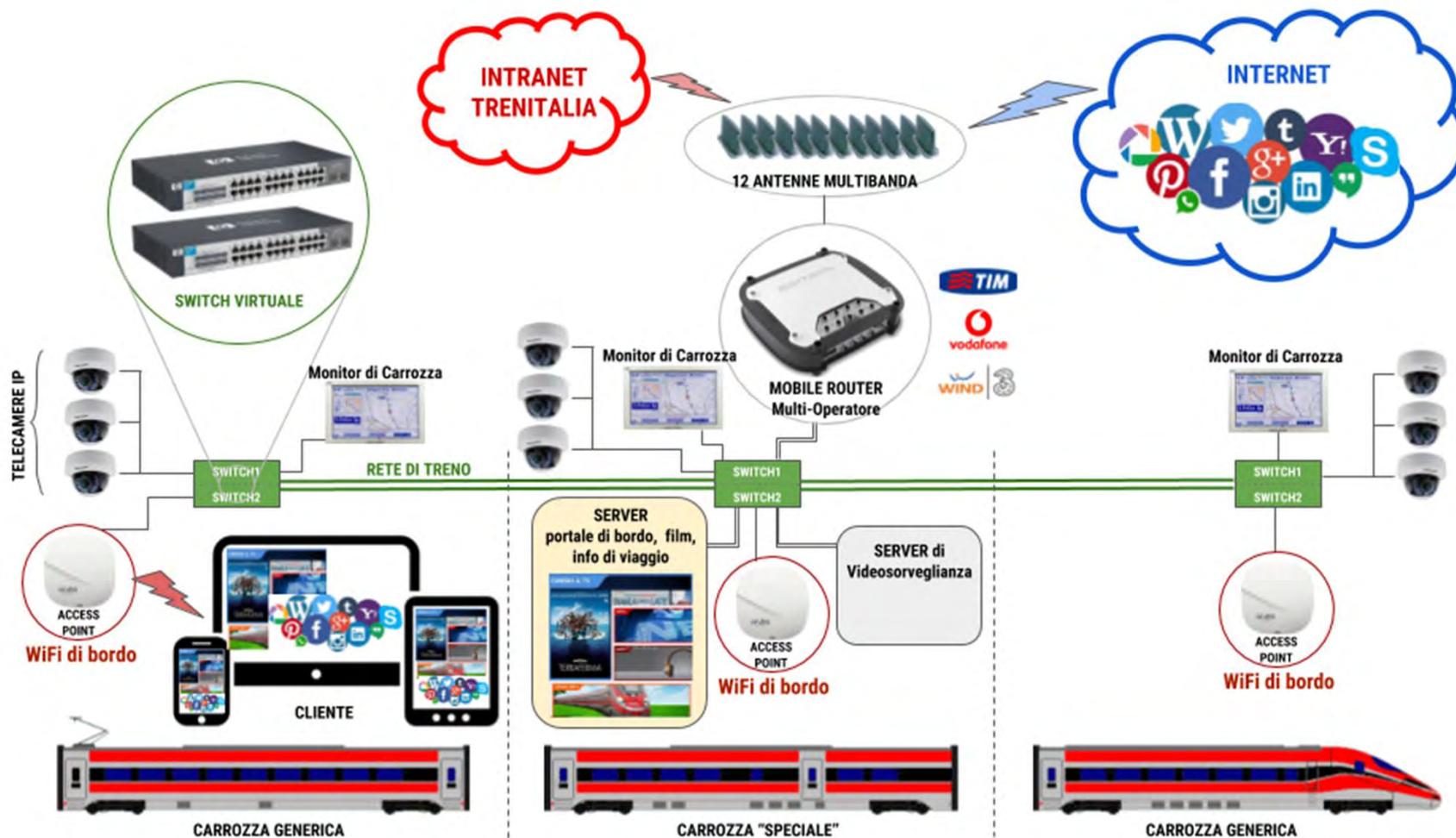
- Copertura completa delle aree passeggeri (salone e vestiboli) + apparati sensibili (quadri elettrici, freni di emergenza ecc.) → Num. di telecamere
- Riconoscibilità dei volti → Posizionamento e risoluzione telecamere
- Documentazione dei movimenti → Frame rate di registrazione
- 100h di registrazione → Capacità storage
- Protezione dei dati di registrazione → Ridondanza NVR/Protezioni meccaniche

- Telecamere IP
- Risoluzione e frame rate: 1920x1080@30fps (telecamere direttive)
- Risoluzione e frame rate: 3840x2160@30fps (telecamere *fish-eye*)
- Codifica hardware H.265
- Almeno 2 flussi indipendenti

# TVCC – Architettura con monitoraggio



# Sistema PIS completo



# Specifiche Tecniche di riferimento

## Trenitalia - Direzione Tecnica Ingegneria Rotabili e Tecnologie di Base

- ST376575 Esp.04 (**Passenger Information System**)
- ST376571 Esp.02 (**Videosorveglianza**)
- ST376922 Esp.01 (**Telecamere frontali**)

# Domande e risposte

## RELATORE

Ing. Antonio Ghelardini  
([a.ghelardini@trenitalia.it](mailto:a.ghelardini@trenitalia.it))