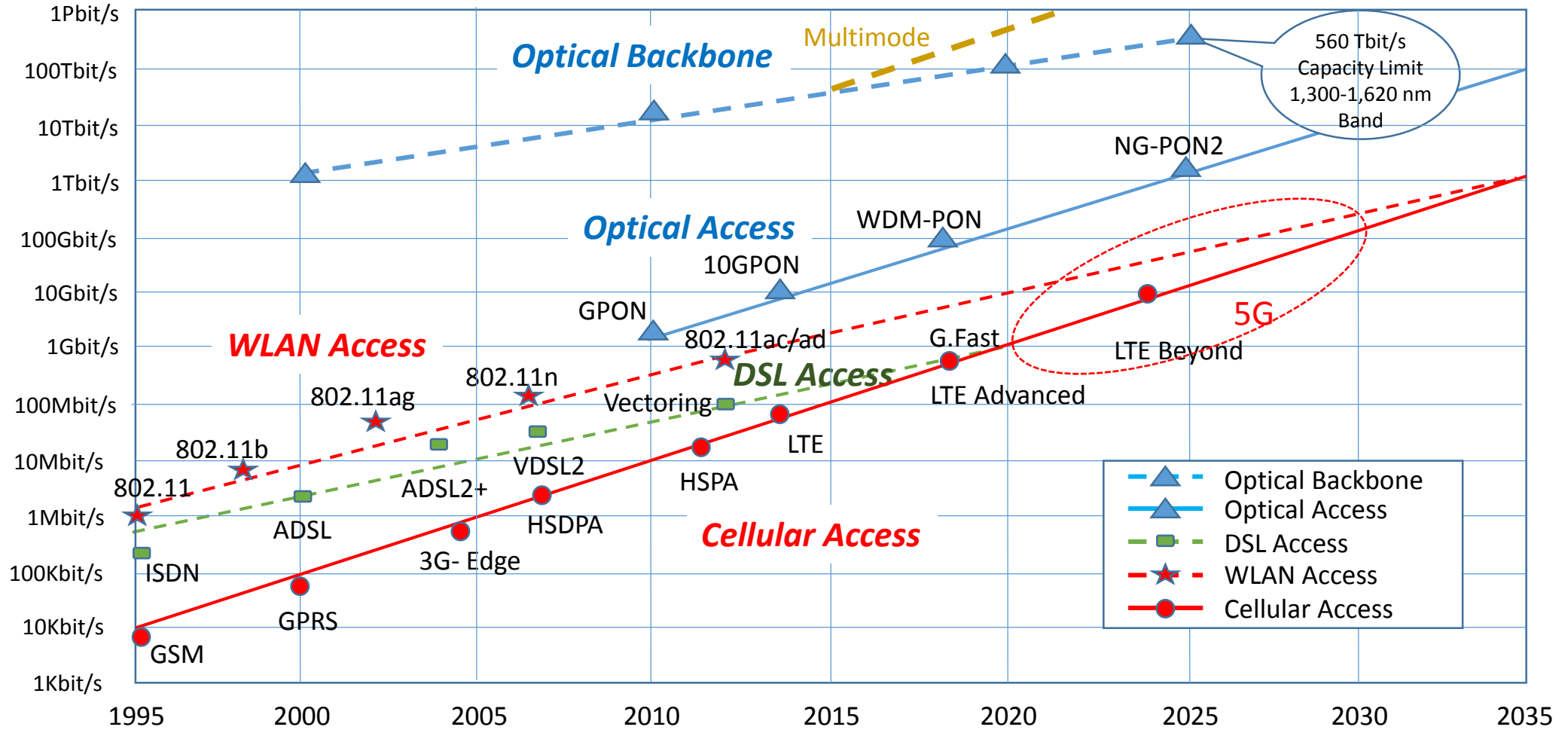




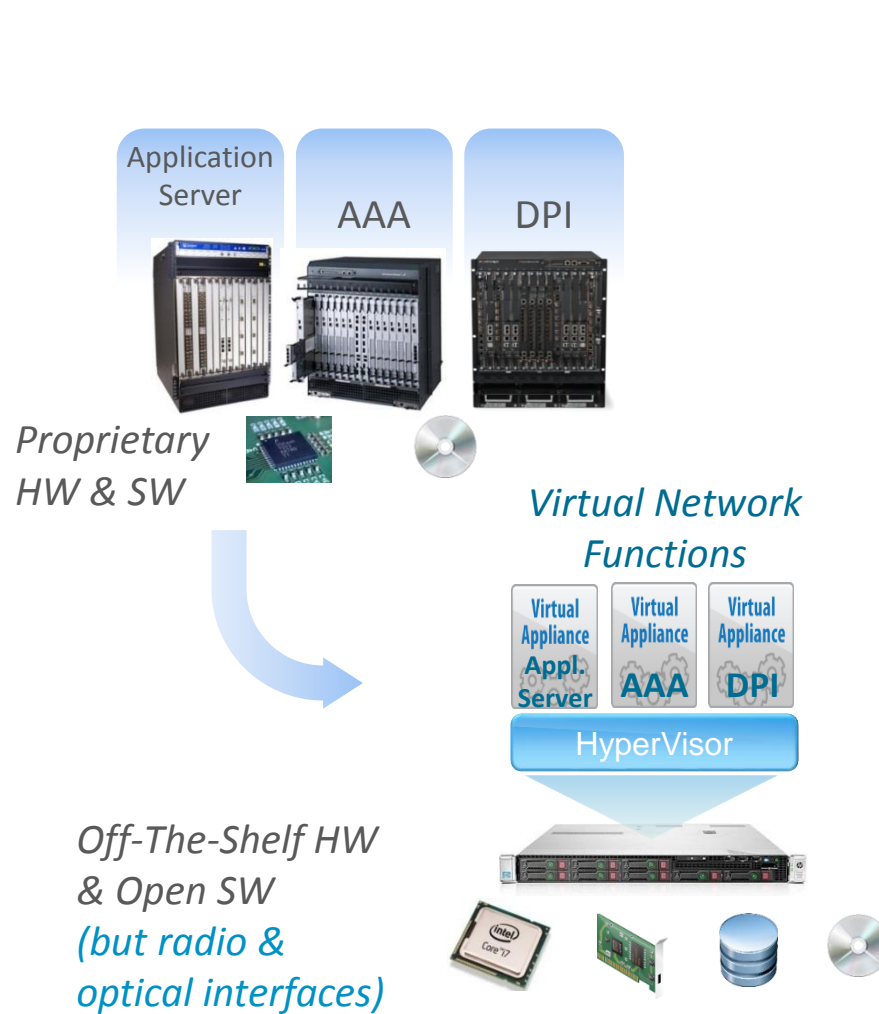
Market Entry Benchmark of Wired and Wireless Technologies with Projections



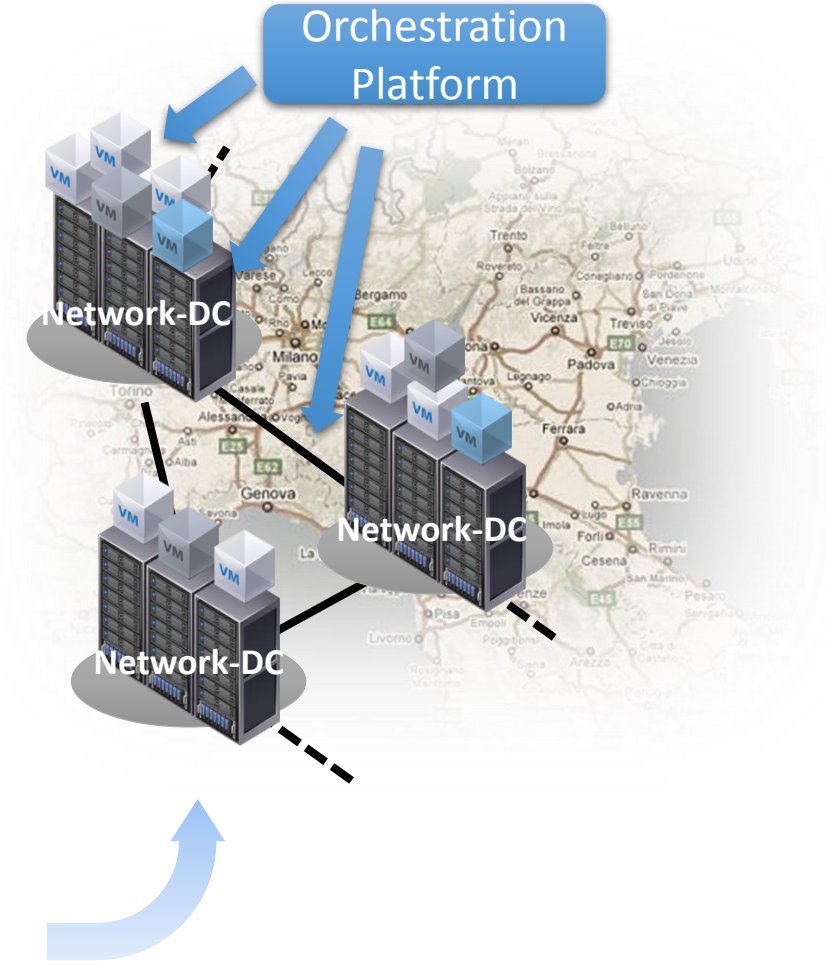
Source: M. Dècina, 2014, based on data by Bell Labs, G. Fettweis, and others



Network Function Virtualization



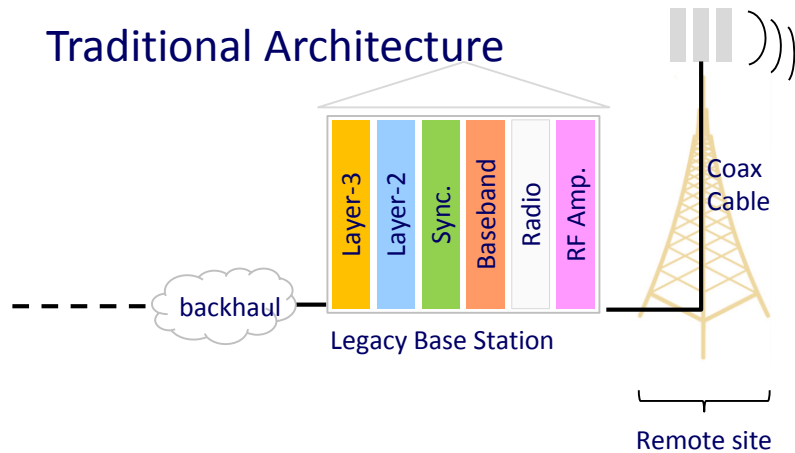
Cloud Computing:
Network Virtualization



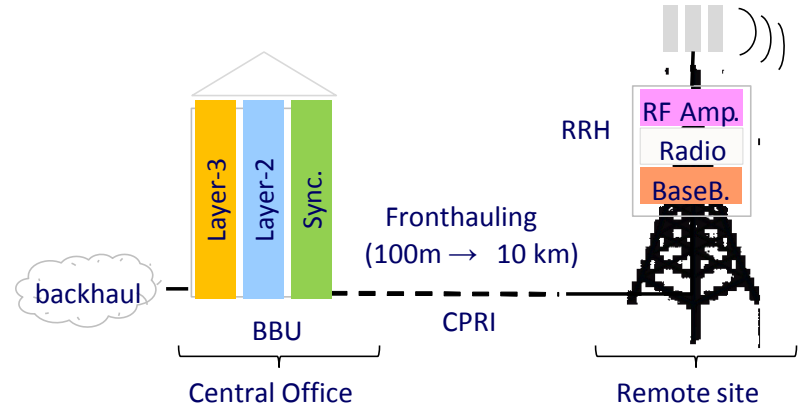


Cloud RAN Architecture: Fronthauling & Backhauling

Traditional Architecture

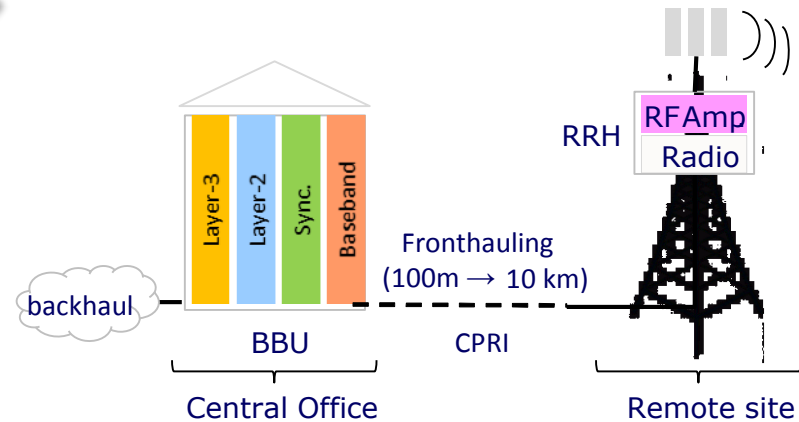


*Edge Computing:
BTS Virtualization,
Hetnets, ...*



Distributed Architecture
(partial centralization)

CPRI (Common Public Radio Interface)



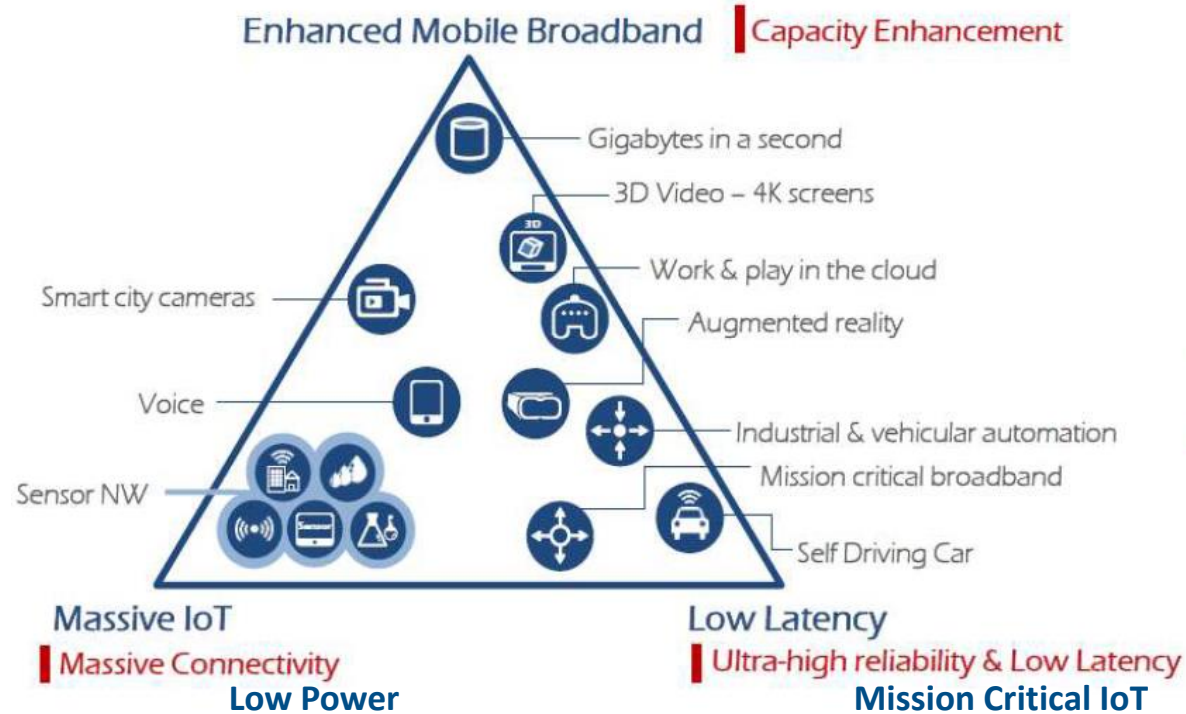
Distributed Architecture
(full centralization)



5G Application Clusters



... to a “G” for multiple use cases



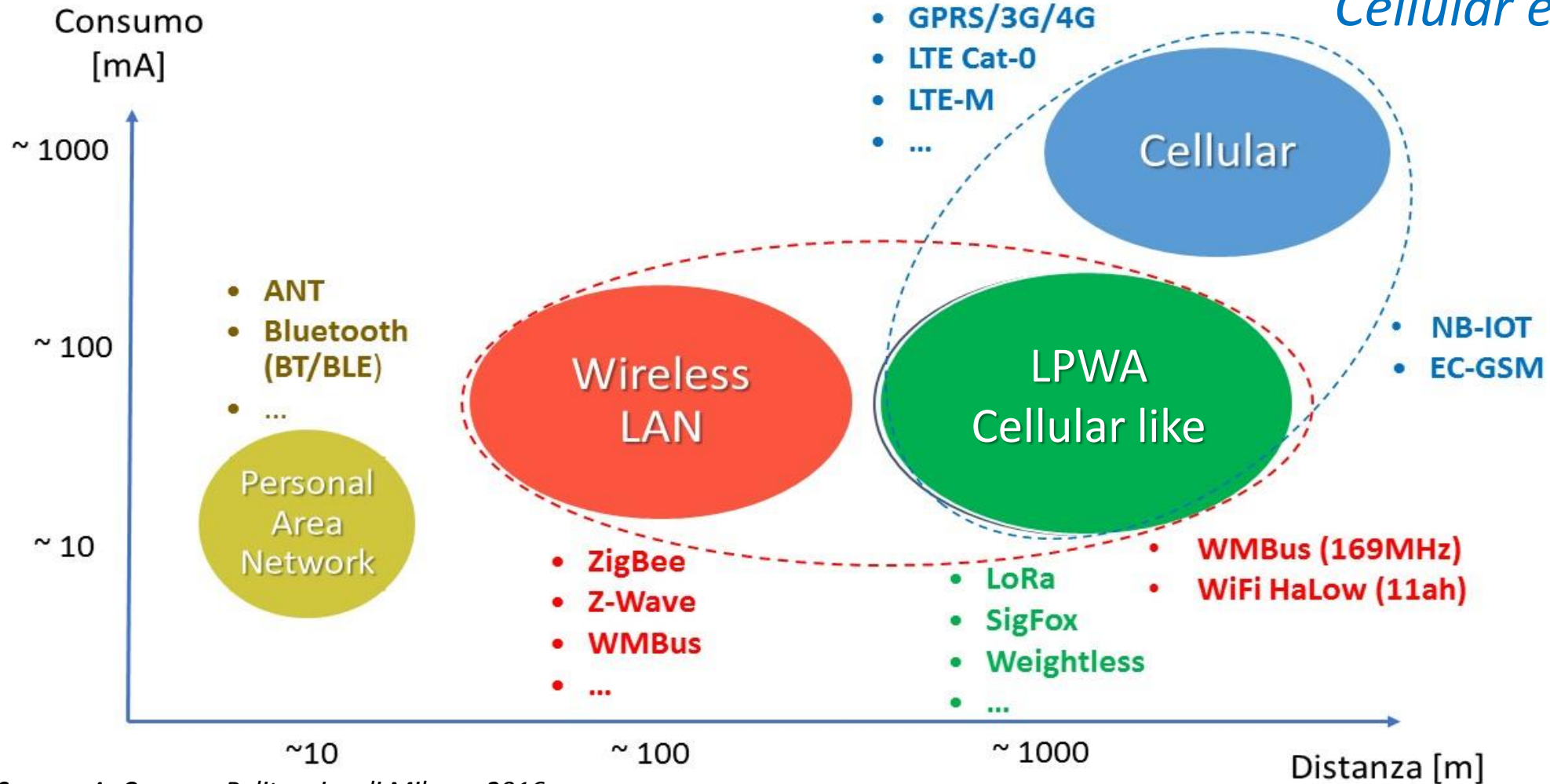
- A ‘system of systems’ fulfilling a wide variety of use cases
- New radio (e.g. mm-based)
- New core network integrating diverse access tech (hetnets)
- Flexible network that adapts to the service (virtualization).

Source: ITU-R WP5D/TEMP/548-E: IMT Vision - "Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond", February 2015



IoT Communications Protocols

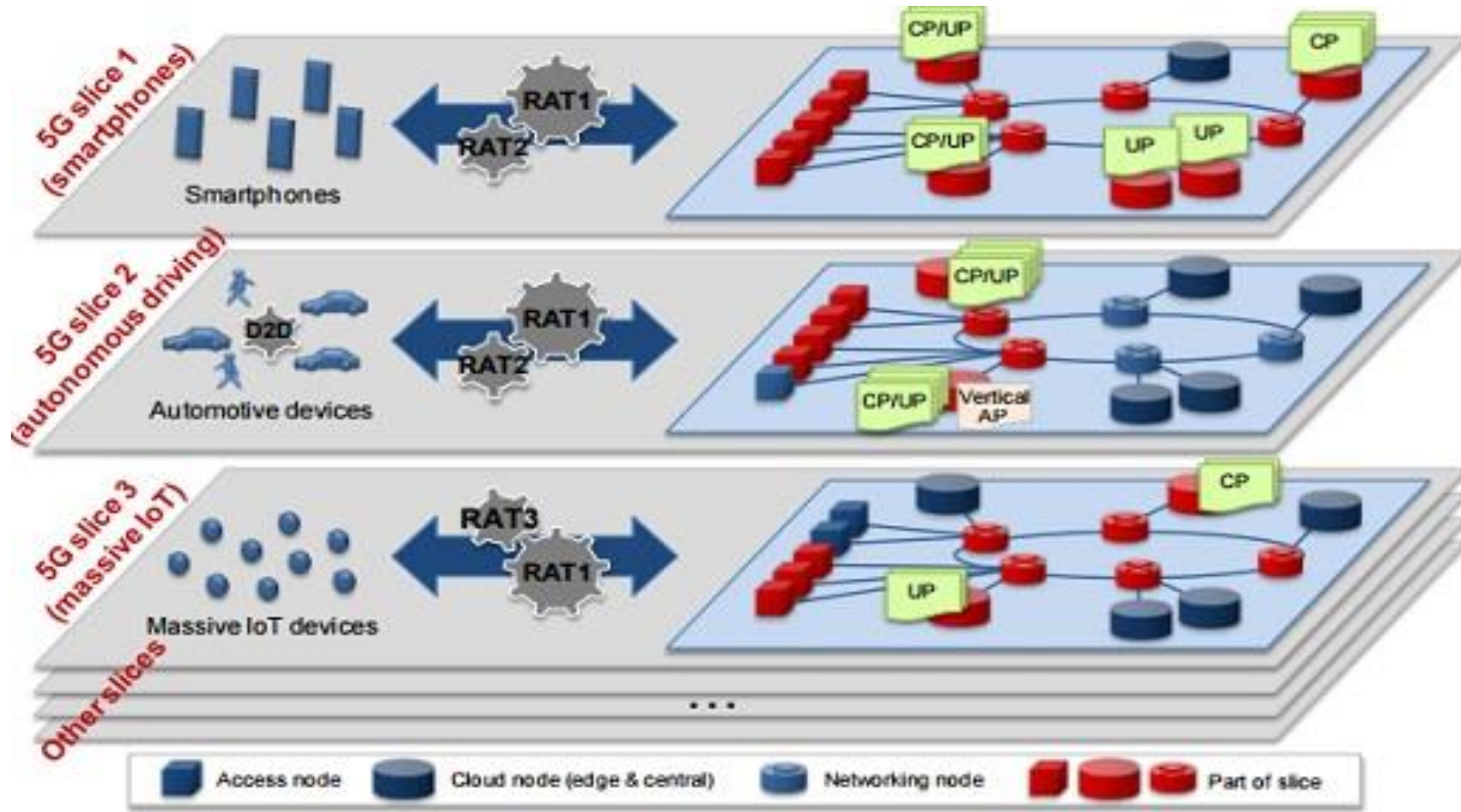
Cellular eats IoT!



Source: A. Capone, Politecnico di Milano, 2016



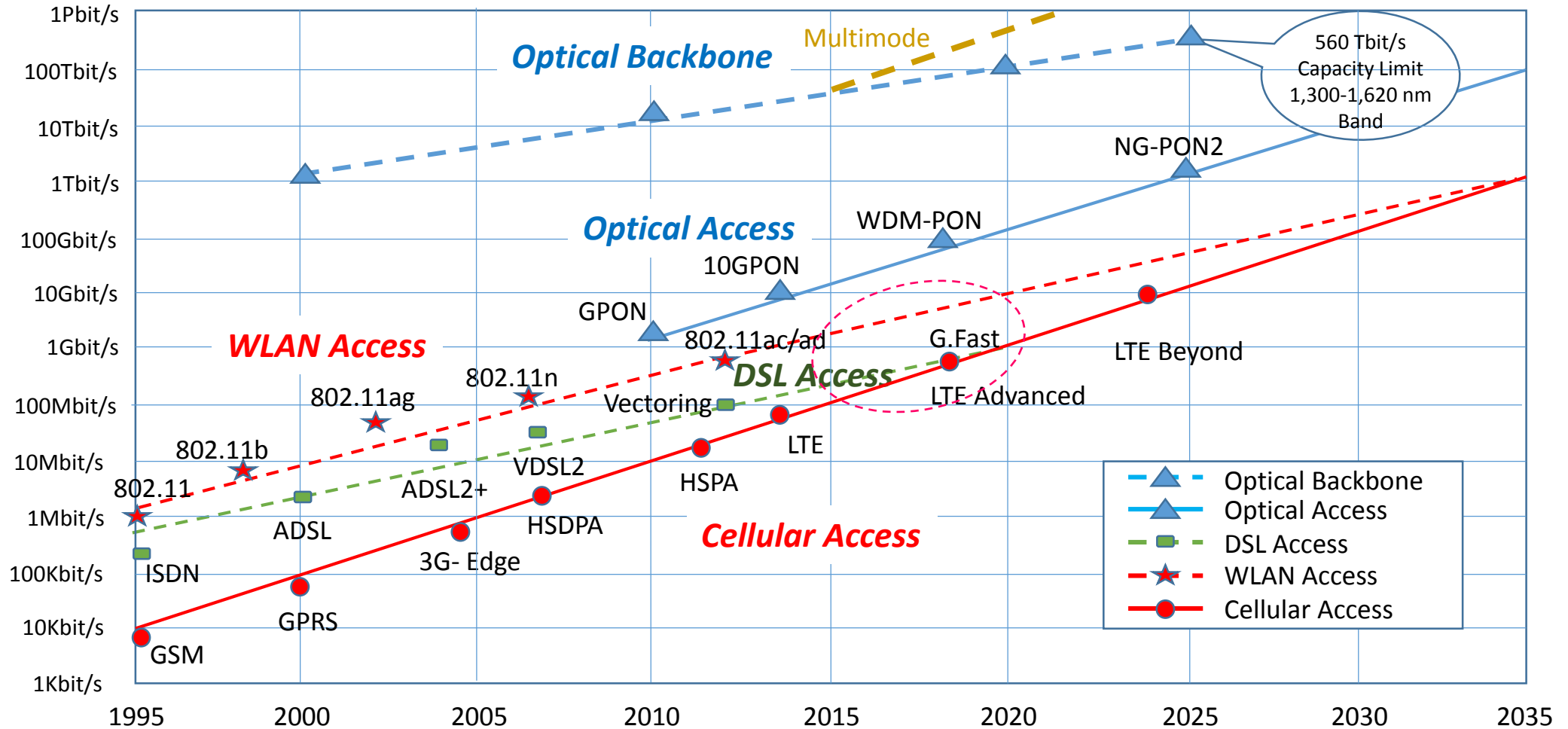
5G Network Slicing



Source: NGMN 5G White Paper, 2016



Market Entry Benchmark of Wired and Wireless Technologies with Projections

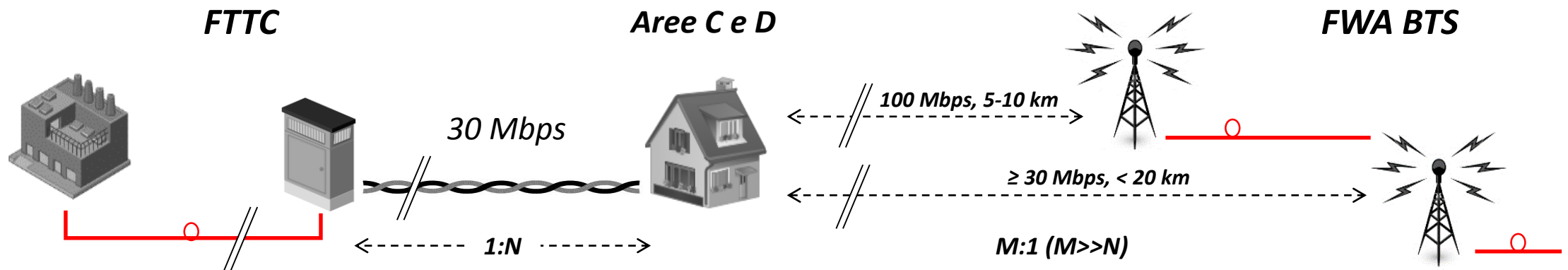


Source: M. Dècina, 2014, based on data by Bell Labs, G. Fettweis, and others



Il ruolo del FWA nelle aree C e D

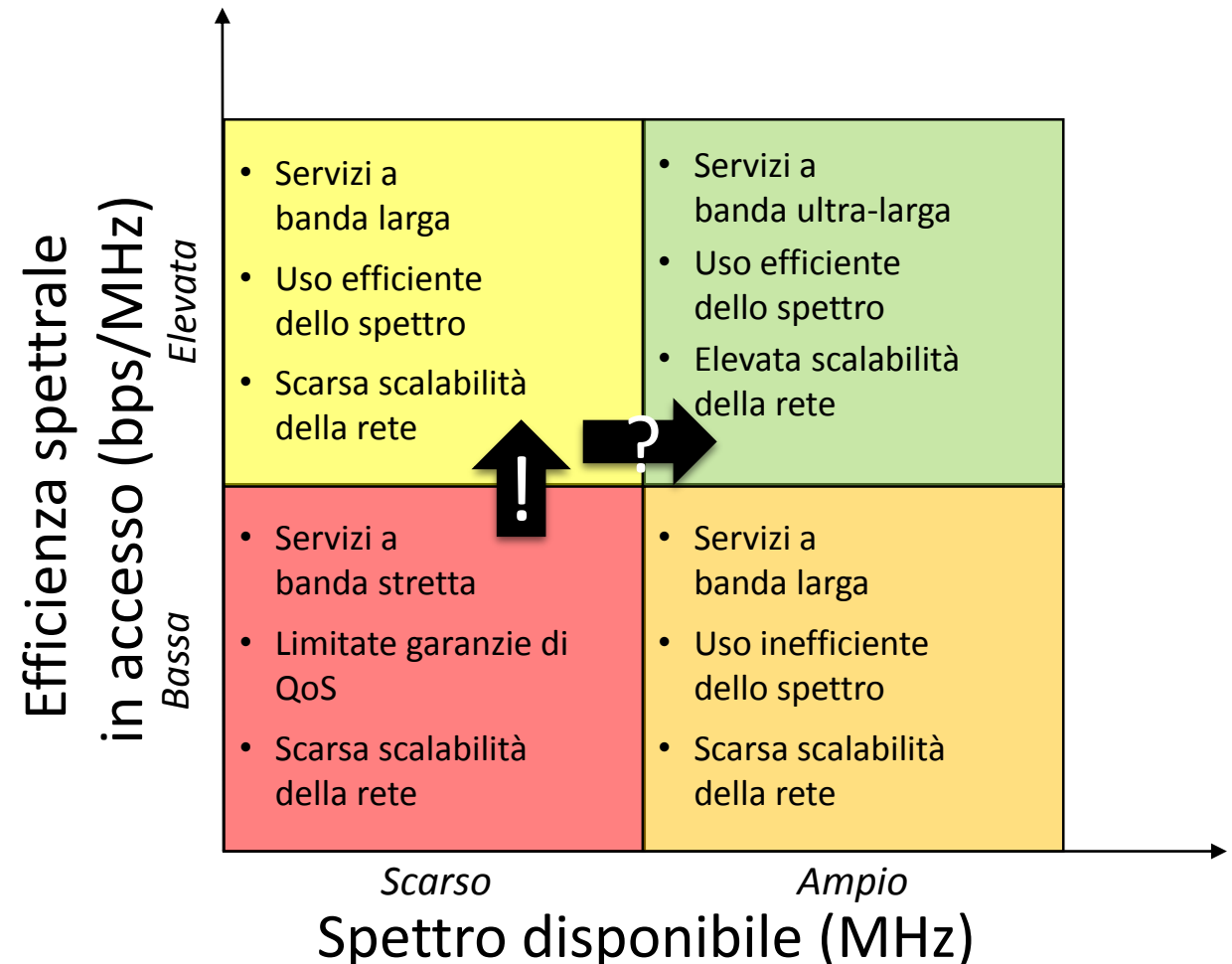
- Nelle aree C e D, il 30 % e il 100% delle UI, rispettivamente, vanno coperte con tecnologia FTTH, e cioè con tecnologia FTTC oppure FWA. Per FTTC potranno essere utilizzate le nuove tecnologie VDSL a 35 MHz e il vectoring
- Nelle aree C e D, FWA è una soluzione efficace perché fornisce 30+ Mbps là dove la rete in rame è troppo lunga o carente
- Nelle aree C e D, FWA è una soluzione economica perché, a parità di popolazione coperta e connessa, richiede di riligare in fibra meno nodi di rete (le BTS FWA invece dei cabinet, $M \gg N$)
- Nelle aree C e D, c'è un elevato numero di UI disabitate. FWA permette di coprire il territorio evitando i costi di "passare" anche le UI disabitate
- Nelle aree C e D, FWA permette di coprire le case sparse senza costi aggiuntivi





Abilitare l'FWA per la banda ultralarga

- Per le soluzioni FWA punto-multipunto le caratteristiche principali che determinano le performance erogate alla clientela sono lo spettro in frequenza disponibile in accesso e l'efficienza spettrale (bps/MHz)
- Lo spettro attualmente a disposizione del mercato è ormai insufficiente per sostenere la crescita delle soluzioni FWA
- Senza l'allocazione di ulteriore spettro, gli operatori possono implementare soluzioni sempre più efficienti in termini di efficienza spettrale, ma rimangono limitati in termini di scalabilità della propria rete
- Con uno spettro ampio e con soluzioni efficienti si possono erogare servizi a banda ultra larga anche con le tecnologie FWA

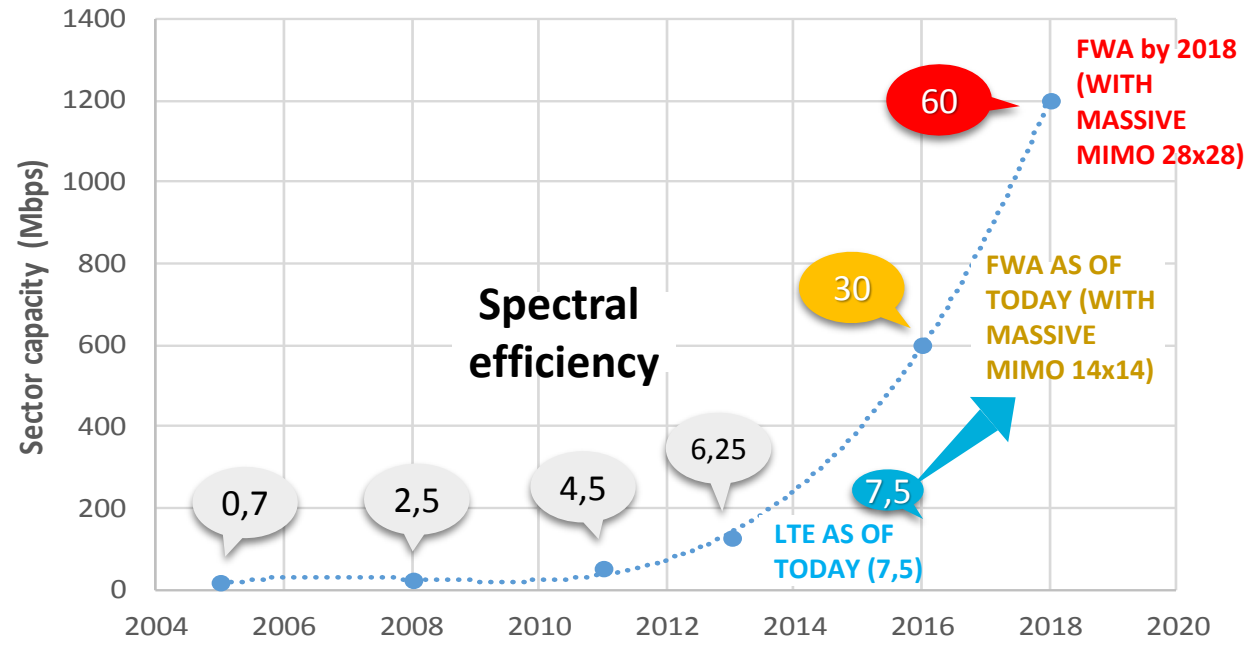




Capacità delle soluzioni FWA

- Le soluzioni FWA punto-multipunto disponibili sul mercato hanno un'efficienza spettrale che può arrivare fino a 30 bps/Hz, grazie all'applicazione del paradigma del Massive User – Multiple Input Multiple Output (Massive MIMO)
- Le soluzioni LTE mobili sono in ritardo rispetto al FWA per ciò che riguarda il MU-MIMO,
- Per gli operatori mobili il problema dell'efficienza spettrale si pone con minore urgenza tenuto conto dell'ampio spettro già a loro disposizione e della possibilità di fare *carrier aggregation* a 2 - 4 canali.

20 MHz-channel capacity (Mbps)
for real-world FWA networks⁽¹⁾



3GPP LTE release roadmap⁽²⁾
(at specification time)



⁽¹⁾ Dati su efficienza spettrale FWA. **Cambium Networks**

⁽²⁾ Fonte: **Qualcomm**

FD-MIMO
(16x16)

FD-MIMO
(> 16x16)



Spettro disponibile?

Più di un 1 GHz di banda, potenzialmente disponibile per applicazioni FWA di servizi BUL

Spettro (MHz)	Ampiezza (MHz)	Descrizione	Note
2.300 - 2.400	100	<ul style="list-style-type: none">• Banda LSA per antonomasia• MiSE e FUB hanno avviato da tempo una sperimentazione, al momento focalizzata solo su sharing backhauling radio vs. accesso	<ul style="list-style-type: none">• Occorre allargare sperimentazione e possibilità di utilizzo a FWA
3.400 – 3.600	200	<ul style="list-style-type: none">• Allocata a pochi operatori• Scarsamente utilizzata nelle aree C/D	<ul style="list-style-type: none">• Occorre garantire l'uso efficiente
3.600 – 3.700	100	<ul style="list-style-type: none">• Banda utilizzata solo da < 200 ponti radio su tutto il territorio nazionale	<ul style="list-style-type: none">• L'Italia avrebbe dovuto assegnare questa banda già dal 2012 (procedura di pilot in sospenso)• Banda funzionale per la Strategia Italiana BUL (come riconosciuto da PCM e AGCom)
3.700 – 3.800	100	<ul style="list-style-type: none">• Banda non utilizzata	<ul style="list-style-type: none">• AGCom ha pubblicato linee guida a dicembre 2015
3.800 – 4.200	200	<ul style="list-style-type: none">• Ex banda accoppiata in FDD a 3.6-3.8GHz• Risulta inutilizzata	<ul style="list-style-type: none">• Occorre avviare le procedure per la messa a disposizione del mercato
5.470 – 5.725	255	<ul style="list-style-type: none">• Banda non licenziata dedicata a RLAN• Condivisa tra tutti gli operatori FWA	<ul style="list-style-type: none">• Spettro ormai insufficiente per far fronte alla crescita della clientela
5.725 – 5.875	150	<ul style="list-style-type: none">• Attualmente assegnata alla Difesa con scarse utilizzazioni• Limitrofa alla banda a 5GHz non licenziata oggi utilizzata da FWA	<ul style="list-style-type: none">• Da rendere disponibile alle applicazioni RLAN in modalità non licenziata



Servizi FWA wholesale nelle aree C e D

- Possibilità di coprire le case sparse senza costi aggiuntivi
- Servizi *wholesale* attivi con garanzia del servizio e possibilità di differenziazione tra operatori.

