

IL SATELLITE E LE RETI 5G

autori: Giovanni Nicolai, Antonio Saitto, Roberto Piermarini¹

co-autori: Giovanni Gasbarrone, Michele Luglio, Nicola Blefari Melazzi, Alessandro Vanelli Coralli, Antonio Franchi, Alberto Tuozi, Fortunato Santucci, Marco Brancati, Stefano Ciccotti, Luca Monti

Workshop 3 Luglio – Il Satellite e le Reti 5G – presso ASI Via del Politecnico -Tor Vergata - Roma
organizzato da Ordine Ingegneri Provincia di Roma e Agenzia Spaziale Italiana

Obiettivi del Workshop

La nostra società sta diventando sempre più connessa e una quantità enorme di dati è condivisa in tutto il mondo. Il concetto di 'Big Data' è un tema ricorrente. I nuovi satelliti HTS (High Throughput Satellite) utilizzati per le comunicazioni in remote sensing, navigazione e la ricerca scientifica stanno generando un diluvio di informazioni per una varietà di applicazioni. Attualmente, il design dei satelliti ha un modello determinato, basato su tecnologie già esistenti e collaudate come ad esempio le esigenze di carico utile, peso, volume e potenza disponibile. Il ruolo del satellite è sempre stato fondamentale nelle connessioni di Backhauling PP ad alta bit rate, nelle Reti di TLC di Emergenza, nella distribuzione TV o nelle Reti Dati con tecnologie DVB S o DVB S2X e nella copertura Multibeam che ha dato origine ai Satelliti HTS.

L'Agenzia Spaziale Europea (ESA) ha lanciato un'iniziativa per supportare aziende Europee nella realizzazione di reti 5G basate sull'integrazione di reti terrestri e reti satellitari. L'iniziativa è partita nel 2018 e durerà almeno fino al 2022, si chiama 'Space for 5G' e punterà inizialmente alla sperimentazione di reti ad altissimo potenziale per settori cosiddetti 'verticali', come trasporti, media, entertainment e pubblica sicurezza.

Il problema più grande dell'integrazione con la Rete 5G sembrerebbe la latenza della connessione ma, anche se con satelliti GEO è dell'ordine dei 600 msec per trasmissioni bidirezionali, i satelliti GEO hanno un ruolo importante in un sistema integrato 5G perché hanno caratteristiche di vasta copertura e fornitura di alta capacità. I satelliti GEO, infatti, sono utilmente integrati in un architettura 5G sia per connessioni di backhaul che per applicazioni Multicast che non sono «delay sensitive». I LEO, d'altro canto, presentano una latenza più bassa e quindi applicabili per servizi interattivi o che richiedono basso ritardo. Quindi l'integrazione con la Rete 5G, per servizi interattivi con l'utenza, è applicabile a costellazioni di satelliti LEO (tipo Nano o Microsat) il cui ritardo tipico è dell'ordine di 20-30 msec. considerando anche il ritardo dell'elaborazione dei dati.

Il Workshop organizzato dalla Commissione Aerospazio dell'Ordine Ingegneri Roma con la Collaborazione dell'Agenzia Spaziale Italiana ASI ha fatto incontrare sia il mondo della Ricerca, sia quello dell'Industria che il mondo degli Operatori per approfondire i suddetti temi e analizzare la possibilità che il Satellite possa essere parte integrante della Rete 5G dal momento che la soluzione satellitare fornisce: a) connettività everywhere con caratteristiche diverse al variare della tipologia di satelliti; b) grandi volumi di dati relativi all'osservazione del territorio; c) cybersecurity, grazie alla possibilità di molteplici sistemi di protezione dati; d) resilienza, dato che non dipendono da reti terrestri. Sia la connettività, sia la fornitura di servizi ad alta velocità in vaste aree geografiche, sia il grande volume di dati possono essere integrati e resi fruibili agli utilizzatori tramite la Rete 5G interconnessa con dei Centri Servizio Rete.

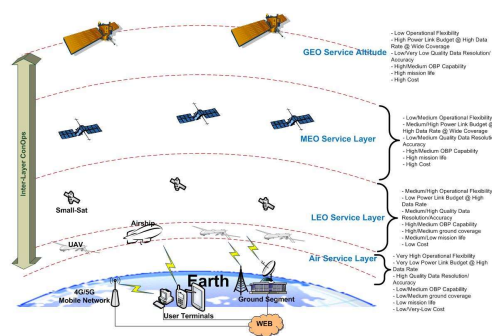
1. IL SATELLITE E LE RETI 5G - INTRODUZIONE

L'integrazione della Rete Satellite con quella Terrestre 5G può creare diverse opportunità di Servizio ed Applicazioni mirate all'Utenza mobile. Lo schema architetturale di tale rete è costituito da costellazioni di Nano/Micro Sat LEO che sono interconnessi sia con le Gateway Terrestri 5G che con i satelliti GEO o MEO mediante collegamenti ISL (Inter Satellite Link). I dati raccolti dai Nano/Micro Sat possono essere ri-trasmessi verso le gateway terrestri o verso satelliti MEO o GEO via ISL. Si deve evidenziare che il segmento spaziale LEO, con costellazioni a 500-600 Km, è sorgente di dati ad elevato valore aggiunto e che la rete 5G è un'ottima rete di trasporto per questi dati se i Nano/Micro Satelliti sono provvisti di cella 5G a bordo per applicazioni tipo multicast (Fronthauling). Le Gateway Terrestri possono essere interconnesse a Centri Servizi collegati alla Rete Mobile 5G (vedi Figura 1).

I mercati Verticali possono prevedere questa integrazione con la Rete 5G in quanto grossi contenuti di dati (Big Data)

potranno essere trasferiti mediante satelliti GEO HTS a terra e messi a disposizione della Rete 5G mediante dei Centri Servizio connessi alla Rete. Questo tipo di servizio non si rivolge all'utenza in quanto la latenza è alta per trasmissioni bidirezionali.

L'utente invece potrà anche essere direttamente connesso ai contenuti dei Nano/Micro Sat LEO se provvisti questi LEO di cella 5G a bordo.



¹ recentemente scomparso

Figura 1- Architettura di Rete Multi Layer

Le trasmissioni multicast non sono «Delay Sensitive». I contenuti del Cluster LEO inoltre potranno essere trasferiti mediante l'ecosistema Nano/MicroSat LEO dove l'industria privata, che comprende produttori e lanciatori satellitari come Space X di Elon Musk (60 Nanosat lanciati 2 mesi fa), One Web di Greg Wyler (6 Minisat in orbita) e Virgin Galactica di Richard Branson, è molto attiva.

L'idea di Space X e One Web è spedire in orbita nano/micro satelliti (i primi lanciati a Giugno 2019 e Marzo 2019 rispettivamente) puntando a connettere a internet tutte le scuole del mondo entro il 2025. Nei cinque anni successivi l'obiettivo sarà quello di annullare il cosiddetto *digital divide*, fornendo cioè a tutti gli abitanti del pianeta l'accesso alla rete.

Questa Rete Internet si potrà connettere con la Rete 5G sia direttamente verso l'utenza (con cella 5G a bordo) sia verso i Centri Servizi collegati alla Rete Mobile 5G mediante una infrastruttura a terra di stazioni interconnesse.

La Roadmap di integrazione del Satellite nella Rete Terrestre 5G, illustrata in Figura 2, spiega l'importanza e la necessità per il satellite di procedere di pari passo con la Roadmap 5G terrestre.

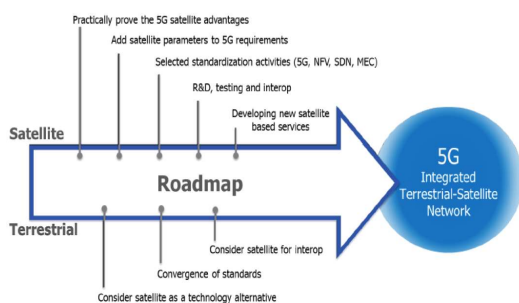


Figura 2- Road Map di Integrazione Satellite-Rete Terrestre

2. IL RUOLO DELLE TELCO E INDUSTRIA 4.0

I nuovi scenari di investimento e opportunità per gli ingegneri sono legati allo sviluppo delle tecnologie LTE e 5G nel mobile, oltre che nella infrastruttura in fibra ottica e Cloud, con l'affermarsi delle architetture di Software Defined Network nelle reti, la cui sicurezza e resilienza sono al centro degli investimenti. I nuovi business model rispondono alla crescente domanda di mercato per "ultra-broadband-enabled mobile data applications" che sono centrali nei mercati verticali delle industry Finance, Tourism, Public Sector, Automotive, Energy, PA-eDefence. L'industria delle telecomunicazioni ha fornito tutti i building block delle infrastrutture: rete di accesso a larga banda fissa e mobile, l'infrastruttura core, l'interconnessione e le piattaforme applicative in Cloud. Tutto il processo di trasformazione digitale dipenderà dalla telecommunication industry che sta abilitando i cambiamenti anche nell'organizzazione del lavoro come nel caso dello smart working.

Gli operatori tendono a differenziarsi sia nei modelli di

business che nei servizi offerti alla clientela business e consumer.

Tutto sta cambiando nell'industria delle TLC con un'accelerazione senza precedenti che si sta concretizzando con il 5G. Il 5G non è solo un'evoluzione dell'attuale 4G – LTE ma si presenta come un salto di paradigma che porterà all'apertura di nuovi scenari e allo sviluppo di servizi e modelli di business nei mercati verticali. Infatti il 5G, oltre ad aumentare la capacità (evoluzione) modifica completamente la modalità di gestione della rete (rivoluzione) grazie all'applicazione delle tecnologie di softwarizzazione, slice, MEC, virtualizzazione, SDN, ecc.

La nuova rete mobile 5G aumenterà le velocità di connessione integrando più modalità d'accesso, di gran lunga superiori rispetto al 4G, e garantirà tempi di latenza bassissimi, e in considerazione delle alte prestazioni abiliterà la connessione dei dispositivi wireless e dei sensori nell'architettura IOT. La rete 5G è pensata nella sua evoluzione per i nuovi scenari di cyber security offrendo resilienza e mitigando i tentativi di violazione della infrastruttura di telecomunicazione mobile. Con queste caratteristiche il 5G porterà alla nascita di servizi che cambieranno il modo di vivere, produrre, lavorare e muoversi delle persone.

Le telecomunicazioni e il mondo Internet stanno rapidamente convergendo verso uno scenario ALL-IP, in cui servizi, applicazioni e contenuti saranno forniti esclusivamente su reti IP fisse e mobili.

Le reti IP Ultrabroadband (UBB) fisse (ad esempio Fiber To The Cab, Fiber To The Distribution point, Fiber To The Home) e mobili (LTE) hanno consentito di aumentare in modo significativo la velocità dell'accesso (cioè il "bit rate" = 'velocità' del canale di comunicazione) alla rete IP degli Operatori di telecomunicazione e ad Internet, che, da circa 10 Mb/s per le reti Broad Band, può oggi raggiungere 100-500 Mb/s per le reti UBB.

Quando però si considerano i Servizi Applicativi, cioè i Servizi utilizzati dagli End User (ad esempio browsing, video streaming, file transfer, gaming, servizi cloud), i principali indicatori delle prestazioni (Key Performance Indicators), ossia:

- la velocità dei Servizi Applicativi (il Throughput);
- il tempo necessario per iniziare ad utilizzare un servizio (il Download Time);

non hanno avuto un incremento altrettanto importante.

I nuovi modi di comunicare, di persone e aziende, e l'esplosione delle applicazioni rese disponibili in modo intuitivo tramite il modello degli "app store", causano non solo una continua crescita del traffico dati, ma anche variazioni nel mix delle tipologie di traffico e più stringenti requisiti di qualità end-to-end.

Il processo di trasformazione Industria 4.0 va comunque collocato come un tassello del più generale processo di cambiamento tecnologico che toccherà, settore dopo settore, tutti i segmenti dell'economia: dalla Pubblica

Amministrazione all'alimentare e all'energia, dal turismo alla farmaceutica. Un percorso di trasformazione che sarà caratterizzato da un importante processo di deflazione tecnologica, connesso inevitabilmente alla progressiva smaterializzazione dei processi produttivi e dei prodotti. Dal 2000, l'Europa ha sperimentato una significativa deindustrializzazione. Ad esempio, il contributo della produzione al PIL europeo è diminuito dal 18,5% nel 2000 al 15% nel 2012 e 3,8 milioni di posti di lavoro sono andati persi tra il 2008 e il 2012 in questo settore. (Fonte: World Bank)

L'industria è centrale per l'economia europea. Contribuisce alla prosperità dei cittadini e offre posti di lavoro a 36 milioni di persone – cioè uno su cinque in Europa. In particolare, il settore manifatturiero è estremamente importante per il suo ruolo nel guidare la produttività e l'innovazione.

Oltre l'80% delle esportazioni dell'UE è generato dall'industria (Fonte: Eurostat — Extra-EU trade in manufactured goods — April 2017). La digitalizzazione dell'Industria porta competitività e sviluppo economico, per questo è al centro dei piani d'azione della Comunità Europea.

3. 5G E SATELLITE – ASPETTI TECNOLOGICI E DI RICERCA

3.1 Il 5G e il pieno uso della componente Satellitare

La Generazione 5G fornisce larghezza di banda più ampia, consumo energetico ridotto e la possibilità di gestire miliardi di connessioni. Le principali prestazioni sono:

- **fornitura di servizi di elaborazione e archiviazione**, computer distribuito, con processi e applicazioni creati dinamicamente, spostati e cancellati;
- **esplosione di comunicazioni IoT e M2M**, con effettiva autenticazione, denominazione, indirizzamento, routing e funzioni correlate per un vasto numero e tipologia di terminali;
- **Settori Verticali** con satelliti GEO (Automotive, Industria 4.0, Intrattenimento, Energia e Salute), servizi di trasporto e calcolo come computer distribuiti virtuali sotto SLA complessi;
- **Connettività Estesa** fonia/dati all'utenza con satelliti LEO provvisti di celle 3GPP a bordo di **micro satelliti**.

Le principali caratteristiche tecniche si possono così riassumere:

- Volume di dati mobili 1000 volte superiore per area geografica;
- da 10 a 100 volte più dispositivi connessi;
- Bit rate dati utente tipica da 10 a 100 volte più alta;
- Consumo energetico 10 volte inferiore;
- Latenza end-to-end inferiore ai 5ms;
- Precisione della posizione inferiore ai 3m;
- Velocità mezzi in movimento fino a 500 km/h;
- Accesso 5G onnipresente, comprese aree a bassa densità;

- Possibilità di personalizzare la Rete per diverse tipologie di Utenti (Network Slicing).

I motivi per utilizzare il Satellite per offrire servizi di telecomunicazioni sono quindi illustrati in Figura 3. Dalla figura si evince che nella futura rete 5G, alla luce dei servizi che ad oggi generano la gran parte del traffico, il satellite può contribuire a fare rispettare i requisiti anche in termini di ritardo.



Figura 3- Motivi per Utilizzare il Satellite (fonte corso Internet via Satellite tenuto dal prof. Luglio)

Diversi progetti sono stati sviluppati nell'ambito dei programmi Artes dell'ESA ed in particolare i seguenti sono condotti dall'unità di ricerca dell'Università di Tor Vergata del consorzio Nitel:

- Progetto VIBES: Virtualised Network Functions (VNFs) for Broadband Satellite Networks;
- Progetto SHINE: Secure Hybrid In Network Environment;

al fine di dimostrare la fattibilità di realizzazione della tecnologia radio terrestre 3GPP anche su satellite con i seguenti scopi:

- Sviluppare un dimostratore da utilizzare per validare l'uso della componente satellitare nella rete 5G;
- Dimostrare l'adattamento agli scenari satellite della tecnologia 3GPP dei sistemi 5G con le piattaforme HW e SW sviluppate per la rete terrestre.

3.2 Standardizzazione 3GPP NR NTN

In merito alla standardizzazione 3GPP in ambito ITU per i Nuovi Standard Radio NR che comprendano il satellite la situazione è quella illustrata in

Figura 4 dove si vede che il completamento della sperimentazione della Release 17 relativa ai "New Radio Components" quali le "Non Terrestrial Network NTN" che comprendono il Satellite è prevista per la fine del 2020 mentre la standardizzazione per la fine del 2021. Questa criticità dovrà essere affrontata industrialmente in modo adeguato affinché le piattaforme HW e SW 3GPP per le Reti NTN siano pronte per la fine del 2020.

Le Reti Non Terrestri NTN previste per la suddetta standardizzazione sono quelle mostrate in Figura 5.



Figura 4- Stato della Sperimentazione 3GPP NTN in ITU

Platforms	Altitude range	Orbit
Low-Earth Orbit (LEO) satellite	300 – 1500 km	Circular around the earth
Medium-Earth Orbit (MEO) satellite	7000 – 25000 km	
Geostationary Earth Orbit (GEO) satellite	35 786 km	fixed in terms of elevation/azimuth with respect to a given earth point
UAS platform (including HAPS)	8 – 50 km (20 km for HAPS)	

Figura 5- Reti Non Terrestri previste nello standard

Le possibili architetture del 3GPP NR NTN sono quelle mostrate in Figura 6 per un payload trasparente e in Figura 7 per un payload rigenerativo.

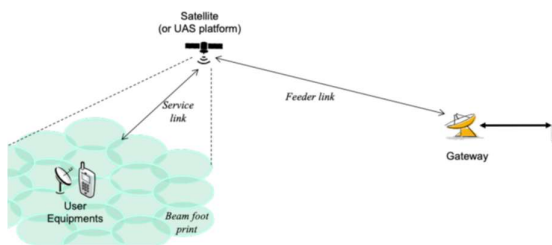


Figura 6- Architettura 3GPP NR NTN per Payload Trasparente (fonte Unibo)

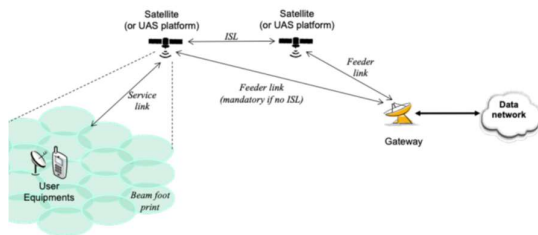


Figura 7- Architettura 3GPP NR NTN per Payload Rigenerativo (fonte Unibo)

4. PROGRAMMI E PROGETTI INTERNAZIONALI

4.1 Piano Strategico dell' European Space Agency (ESA) sullo sviluppo del 5G su satellite

Con l'Integrazione del Satellite e in genere delle Reti NTN, il 5G fornirà una connettività tale da abilitare le piattaforme digitali a raccogliere e distribuire dati da molteplici sorgenti, dovunque (vedi Figura 8). Lo Spazio quindi è una parte importante della connettività

5G poiché fornisce i seguenti aspetti chiave :

- Copertura completa
- Alta velocità dei dati
- Capacità
- Resilienza
- Sicurezza



Figura 8- Connettività Satellite nel 5G

È quindi importante una forte integrazione tra tutti i player del mercato 5G come mostrato in Figura 9.

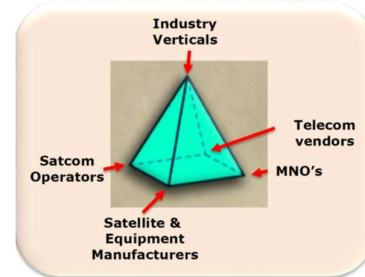


Figura 9- Player del Mercato 5G (fonte ESA)

Il piano strategico dell'ESA per lo sviluppo del 5G esteso al Satellite e alle Reti NTN è quello illustrato nella Figura 10 per la fornitura dei seguenti principali servizi con lo Sviluppo di Tecnologia, Applicazioni e Prove Pilota.

5G id	Activity name	#	Flagship Missions
1	PRO Promote 5G	1	Maritime
2	GTB Global 5G Testbeds	2	Aviation
3	TEC Fundamental 5G technology Devs	3	Autonomous Vehicles
4	TM 5G Techno Missions	4	Public Safety
5	SM 5G Service Missions	5	High Speed Trains
6	BA 5G Business Applications	6	Media and Broadcasting
7	RP 5G Regional Partnerships	7	Sunrise Phase 2
8	IRS Institution/Regulation/Standards	8	LEO 5G
		9	GEO 5G
		10	Global Testbeds and Ground Segment

Figura 10- Piano Strategico dell'ESA

Sono stati individuati più di 10 settori per la creazione di programmi flagship che sviluppino reti integrate 5G e

forniscano molteplici applicazioni in ciascun settore. Tra questi settori, aperti a tutte le industrie negli Stati Membri ESA, l'Italia ha già dimostrato interesse nei seguenti settori:

- Servizio Marittimo (vedi Figura 11): discussioni in corso con operatori marittimi TIM;
- Servizio per Treni ad Alta Velocità (vedi Figura 12): discussioni in corso con Telespazio, TIM, RFI;
- Media and Broadcasting (vedi Figura 13): discussioni in corso con Telespazio, RAI, EBU.

Al momento ESA ha avviato iniziative per la sperimentazione in alcune città italiane per applicazioni 5G integrate allo Spazio:

- Cooperazione con Roma Capitale;
- Cooperazione con la città dell'Aquila.

A riguardo verranno emessi ad ottobre 2019 dei bandi Artes per lo sviluppo delle applicazioni nelle suddette città italiane.

L'iniziativa ESA Space for 5G intende supportare lo sviluppo di reti satellitari integrate, sviluppo di tecnologie 5G satellitari, prodotti e terminali utenti per la fornitura di servizi 5G, supportare la standardizzazione di reti NTN nello standard 5G e una serie di dimostrazioni di servizi e applicazioni in tutti i mercati verticali 5G di interesse.

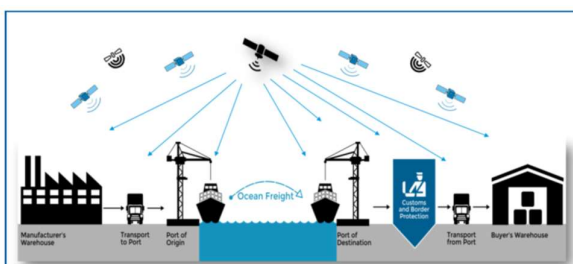


Figura 11- Servizio Marittimo

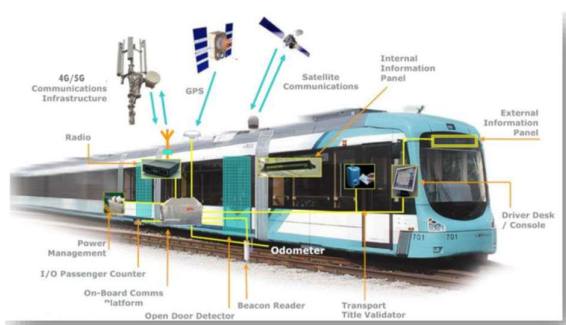


Figura 12- Servizio Treni Alta Velocità



Figura 13- Servizio Data e Broadcasting

4.2 Attività Agenzia Spaziale Italiana (ASI) su satellite e 5G

Con le premesse che:

- L'architettura fisica del 5G dovrà essere multi-livello e multi-tecnologia;
- I satelliti costituiscono un pool di risorse completamente integrato;
- Ciascun Livello è complementare e/o di back-up agli altri;
- La Rete Virtuale 5G dovrà ottimizzare dinamicamente i collegamenti e le prestazioni;
- La condivisione di diversi canali assicurerà al tempo la continuità dei dati e dei collegamenti;

L'Agenzia Spaziale Italiana prevede che il Satellite nell'Ecosistema 5G, rispetto alla Rete Terrestre, potrà fornire le seguenti prestazioni:

- **Copertura:** Il Satellite è il mezzo più efficace per raggiungere aree geografiche escluse dalla copertura del 5G terrestre;
- **Capacità:** Il Satellite GEO fornirà una bit rate mobile più alta per **servizi broadcast** soddisfacendo le aspettative del cliente.

In merito alla **Latenza**, che potrebbe essere critica per alcuni servizi interattivi su satelliti GEO, le Costellazioni di nano/micro satelliti LEO o VLEO potranno fornire una bassa latenza per servizi interattivi fonia dati. In tal modo molte tipologie di servizio 5G possono essere efficacemente supportate dal satellite (vedi Figura 14).

Nell'era 5G il Satellite non è soltanto un contenitore di contenuti (**gap filler**) ma fornisce un significativo contributo alla definizione e realizzazione di Fette di Rete (Network Slicing) per accomodare simultaneamente, sopra una infrastruttura di Rete Comune, una larga varietà di servizi che potranno essere richiesti.

Inoltre il Software Defined Radio (SDR) e la Network Function Virtualization (NFV) sono le tecnologie chiave per supportare facilmente l'integrazione del Satellite nel dominio 5G.

Service Category	Deployment Scenarios
Multimedia	Mobile Broadcast, Content Caching, Broadcast to Home
Broadband	Mobile broadband to users and vehicles, Fixed Broadband to homes and enterprises, <i>Connectivity Everywhere, Backhaul Connectivity</i> , Broadband to moving platforms- flights, ships etc.
Machine Type Communication	Fleet Tracking, Asset Management, Wide area Sensor management
Critical Communication	<i>Disaster Management</i> , Air Traffic Management, <i>Reliable Communications</i>
Vehicular Communication	<i>Connected vehicles</i> , eCalls and Emergency notifications

Figura 14- Tipologia di Servizi 5G su satellite

Il Satellite può quindi migliorare l'architettura 5G per i seguenti aspetti:

- **Edge Delivery:** i fornitori di contenuti possono utilizzare le risorse di archiviazione e elaborazione virtualizzate sul lato server locale per distribuire i loro contenuti tramite Satellite;
- **Aggregazione Multi-Link:** è necessario uno scenario ibrido satellitare/terrestre multiplo per supportare meglio i servizi 5G;
- **Resilienza** migliorata per scenari di emergenza.

L'Italia e l'Agenzia spaziale italiana stanno contribuendo alla sperimentazione e all'implementazione del 5G con diverse iniziative:

- **La Space Economy** come quadro per promuovere i servizi spaziali nell'economia innovativa sostenibile, compreso il 5G;
- Il **Partenariato** pubblico-privato **Ital-GovSatCom** per aprire la strada all'UE GovSatCom e alle comunicazioni istituzionali utilizzando la capacità satellitare disponibile (AthenaFidus);
- **La Sperimentazione 5G** in diverse città in Italia per servizi satellitari con banchi di prova (Roma, L'Aquila, Torino, Matera, Milano, Prato, Bari);
- **L'Identificazione di "Centri di eccellenza"** (quali p.e. l'Università dell'Aquila) e l'iniziativa specifica del 5G, è essenziale per migliorare la collaborazione tra industria e centri di ricerca;
- **La Cooperazione** con le principali parti interessate dei futuri servizi 5G/satellitari utilizzando i banchi di prova (ferrovia, strada, UAV, patrimonio culturale, smartcity).

L'ASI accoglie con favore le iniziative dell'ESA sul 5G e incoraggia gli scambi e il coordinamento a livello europeo e internazionale così come è pronto a supportare e collaborare a livello di ESA (programma strategico Line 5G Artes) e a livello UE per iniziative volte a promuovere i servizi spaziali pienamente integrati all'interno del dominio 5G soprattutto per i seguenti aspetti:

- La miscelazione di informazioni da GNSS / 5G ideale per un posizionamento robusto / preciso in ambienti difficili come canyon urbani;
- Le comunicazioni via satellite e la navigazione che svolgono un ruolo importante per i futuri sistemi di trasporto cooperativo e intelligente.

4.3 Opportunità di sviluppo mediante tecnologie satellitari e 5G nel contesto di sperimentazione dell'Aquila

L'Università e le istituzioni locali hanno promosso con successo L'Aquila come una delle 5 città selezionate dal MiSE per le prove del 5G in Italia per i seguenti progetti:

- INCIPICT per il patrimonio culturale e il monitoraggio strutturale di edifici e infrastrutture (vedi Figura 15);
- EMERGE per Sistemi di trasporto intelligenti (vedi Figura 16).

Le applicazioni pilota INCIPICT guidate dall'Università dell'Aquila sono:

- Monitoraggio dello stato strutturale - Acquisizione dei dati dei sensori attraverso l'IoT - Estrazione delle informazioni sugli edifici;
- Gestione energetica dell'edificio - Approccio basato sui dati applicato all'automazione e al controllo dell'edificio ;
- ICT per i beni culturali - Applicazioni di realtà aumentata e realtà virtuale basate su dispositivi mobili e Tecniche di modellazione 3D con Fruizione dei contenuti personalizzata e contestualizzata.



Figura 15- Copertura Wireless INCIPICT dell'Aquila (fonte Univaq)

Gli obiettivi del progetto **EMERGE** (i partners del progetto sono Radiolabs, Leonardo, Telespazio ed Elital) guidato da Radiolabs sono:

- Impiegare un'infrastruttura a banda larga 5G per sperimentazione di sistemi di mobilità' evoluta in ambiente cittadino;
- Coordinarsi con la sperimentazione 5G pre-commerciale in corso per consolidare ed estendere gli ambienti di test nel medio e lungo termine;
- Utilizzare una Flotta di veicoli commerciali leggeri con l'obiettivo di realizzare sistemi di guida automatizzati;

- Valorizzare il ruolo rilevante delle tecnologie satellitari integrate per la localizzazione e la comunicazione.

Recentemente, a inizio Luglio 2019, è stato siglato un accordo tra ESA e la Città dell'Aquila per lo sviluppo di applicazioni 5G su satellite.

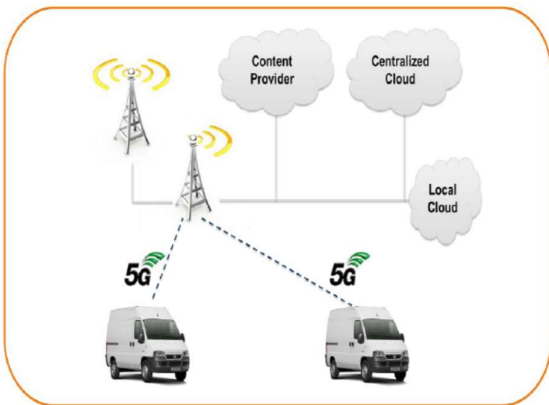


Figura 16- Progetto Emerge (fonte Univaq)

5. IL PUNTO DI VISTA DEGLI OPERATORI

5.1 Strategie RAI per il 5G

La RAI per la rete 5G prevede un utilizzo massiccio del satellite per i servizi di broadcast multimediale o multicast (delivery IP End to End) in quanto il satellite fornisce sia una copertura completa sia un eccellente sistema di ridondanza.

Inoltre il satellite potrebbe essere utile impiegato nel deployment rapido di reti CDN, in particolare in aree periferiche o verso sistemi complessi di mobilità.

Quindi la RAI ipotizza una rete flessibile a larga copertura capace di soddisfare le richieste sempre maggiori di alta qualità e larghezza di banda (vedi Figura 17).

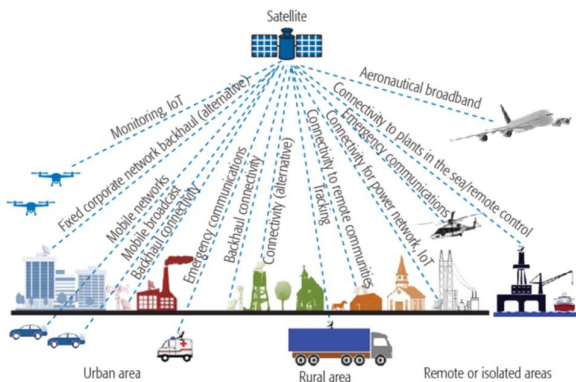


Figura 17- Rete Flessibile RAI per 5G

La tipologia dei servizi oggi offerti da RAI è quella mostrata in Figura 18.

Gli obiettivi dei servizi 5G RAI sono quelli di avere larghe aree di copertura, la produzione e trasmissione dei contenuti sul 5G, un uso flessibile della capacità di rete per data rates di picco maggiori di 20 Gbps e più di 20 milioni

di connessioni come illustrato in Figura 19.



Figura 18- Servizi RAI distribuiti su 5G (fonte RAI)

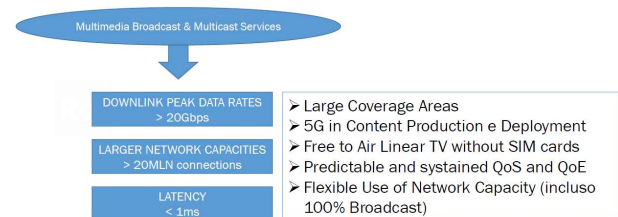


Figura 19- Obiettivi dei Servizi RAI distribuiti su 5G (fonte RAI)

La Rai, per mezzo del suo centro ricerche (CRITS), ha effettuato una prima efficace sperimentazione per trasmettere contenuti in Broadcast sfruttando le potenzialità offerte dalla rete 5G a Torino il 24 giugno 2019 (vedi Figura 20).

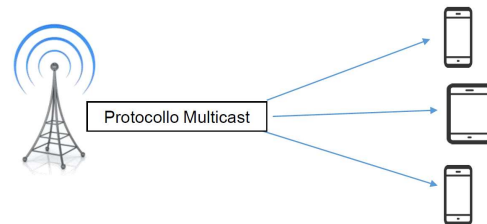


Figura 20- Sperimentazione RAI 24/06/2019 a Torino per servizi Multicast su 5G (fonte RAI)

5.2 La Visione Telespazio su Satellite e 5G

Il 5G è stata definita un'evoluzione dell'accesso mobile e una rivoluzione nell'approccio di rete. Il 5G servirà le imprese, in gran parte portando Internet of Things (IoT) ad un livello evolutivo successivo, dove la connettività veloce e intelligente è un pre-requisito necessario.

Ogni generazione mobile ha portato con sé una latenza inferiore e una maggiore efficienza dei costi. Tuttavia, il 5G ha caratteristiche che lo rendono unico: una larghezza di banda eccezionale. Ma il 5G non è solo una rete di comunicazione, è una piattaforma di connettività intelligente.

Le caratteristiche del 5G sono notevoli: velocità di trasferimento dati elevate, bassa latenza, ridotto consumo di energia e risparmio sui costi. Inoltre, la capacità del 5G di fungere da piattaforma di connettività intelligente consentirà lo sviluppo di molti nuovi servizi (vedi Figura 21).

Per i **consumatori**, il 5G può supportare l'intero ambiente intelligente con prodotti arricchiti con video e realtà aumentata. Nel **mondo commerciale** il 5G consentirà nuovi casi d'uso associati a "Industria 4.0" e, in particolare, all'IoT. I settori che governeranno principalmente del 5G sono l'Automotive e il Broadband IoT.

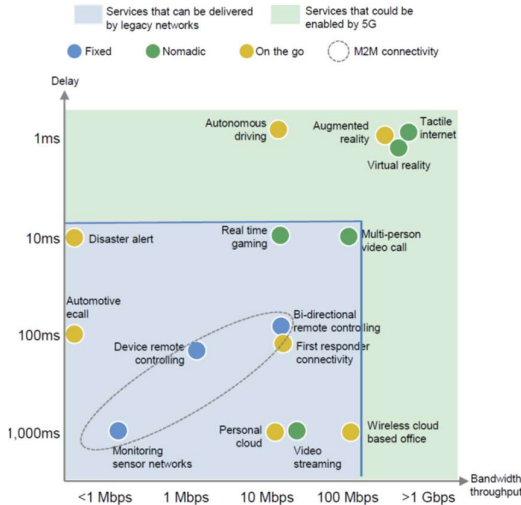


Figura 21- Requisiti Larghezza di Banda e Latenza nel 5G (fonte Telespazio)

L'**IoT critico** richiede il 5G, a causa della necessaria connettività superveloce. Queste applicazioni, che potrebbero includere veicoli autonomi o controllo in tempo reale di operazioni remote, non tollerano un'elevata latenza. L' **IoT a banda larga** si rivolge a una vasta gamma di casi d'uso in crescita nei dispositivi automobilistici, droni, realtà aumentata e realtà virtuale (AR / VR) e dispositivi indossabili avanzati. L'**IoT di automazione industriale** è il fattore chiave per la completa digitalizzazione di Industry 4.0 per i produttori mondiali.

Nel 5G gli **Operatori di Telecomunicazioni** si evolveranno per assumere ruoli più elevati nella catena del valore oltre la connettività perchè il 5G costituisce il passaggio dalla connettività ad un nuovo Eco Sistema (vedi Figura 22).



Figura 22- Eco Sistema 5G

In questo Eco Sistema 5G il satellite è l'elemento chiave per la connettività globale. Infatti il Digital Divide senza il Satellite peggiorerà nelle aree rurali, montane e poco sviluppate non servite dal 5G. Solo il 37% della popolazione globale usufruirà del 5G senza il satellite.

Le famiglie Satellite (vedi Figura 23) che saranno utilizzate per il 5G sono:

- Trasmissione satellitare IP GEO: trasmissione 5G per emittenti;
- Satellite IP GEO per CDN, IOT a medio bassa latenza;
- Costellazioni satellitari IP LEO per controllo e IOT a bassa latenza;
- Costellazione satellitare IP LEO per latenza molto bassa e connettività a banda larga.

Le Infrastrutture satellitari a terra per 5G saranno:

- Teleporti satellitare per interconnessioni backbone 5G;
- Punti *Satellite Edge* integrati con le infrastrutture Tower esistenti;
- Terminali satellitari a bordo di mezzi mobili (treni, automobili, navi, aerei);
- Aree remote che eseguono il backhaul delle stazioni satellitari.

La rivoluzione tecnologica ha permesso costi sempre più bassi e larghezze di banda sempre superiori nella realizzazione dei nuovi satelliti, sia essi GEO che costellazioni LEO e VLEO, che potranno essere integrati nella rete 5G per fornire una copertura globale.

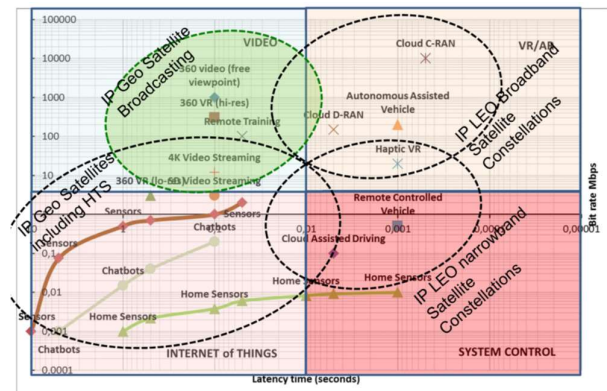


Figura 23- Famiglie Satelliti per il 5G (fonte Telespazio)

Oggi i Servizi offerti da Telespazio su Satellite sono quelli mostrati in Figura 24.

Questi servizi possono essere integrati nella rete 5G su satellite e diverranno sempre più diffusi. Lo scenario futuro dei servizi 5G sia di broadcast che multicast IP prolifererà enormemente. Nel campo del trasporto autonomo, lo scenario sarà quello mostrato in Figura 25.

Per Telespazio l'integrazione satellitare e la progettazione della rete satellitare devono soddisfare i requisiti dell'interfaccia di rete virtuale 5G per essere pienamente considerati parte dell'architettura 5G. Questo sforzo deve andare in parallelo all'evoluzione della rete terrestre.

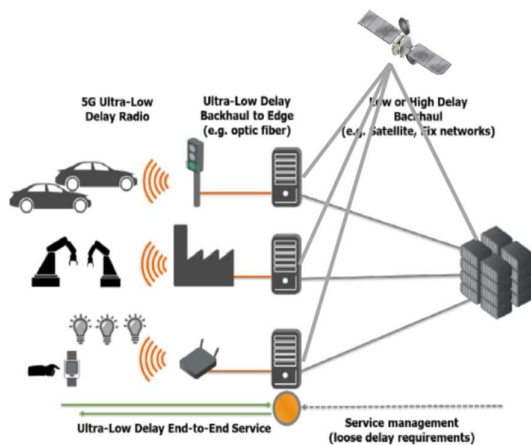


Figura 24- Servizi Satellite operati da Telespazio oggi (fonte Telespazio)

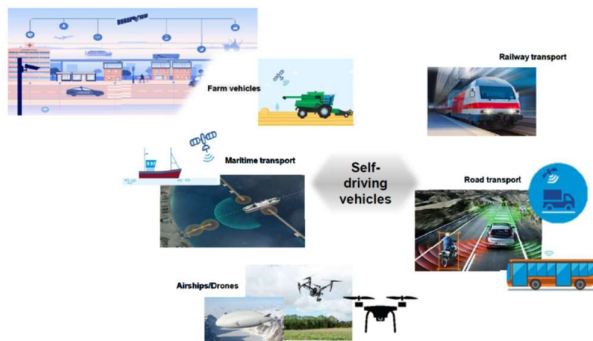


Figura 25- Scenario servizi 5G di Trasporto Autonomo (fonte Telespazio)

5.3 Road Map di Wind Tre su Satellite e 5G

Gli organismi di standardizzazione stanno riconoscendo che le reti satellitari possono giocare un ruolo significativo nell'ecosistema 5G per le applicazioni industriali e per le soluzioni "mission critical" fornendo:

- Mobilità, ridondanza e connettività agli utenti a bordo di veicoli in movimento (ad es. aerei, treni e navi);
- Copertura globale a complemento della copertura terrestre wireless;
- Connettività backhaul ad alta capacità e contenuti multicast dati/multimedia per un gran numero di server Edge 5G, tramite i satelliti ad alta capacità HTS (High Throughput Satellite) con una efficienza sui costi.

Nella Rete 5G i servizi avranno un forte incremento sia nelle applicazioni IoT che nelle applicazioni per servizi professionali (vedi Figura 26).

In base alla partecipazione ad alcuni programmi di sperimentazione in area 5G-PPP (nello specifico 5GESSENCE - Grant Agreement No.761592), le principali tipologie di Servizio che Wind Tre prevede su satellite sono:

- Mission Critical - Public Safety Applications (vedi Figura 27);
- Integrated In-flight Connectivity & Entertainment Systems (vedi Figura 28).

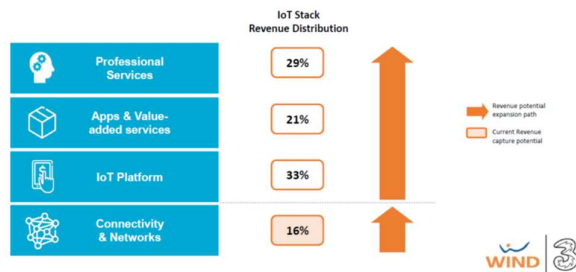


Figura 26- Incremento Servizi (fonte Wind Tre)

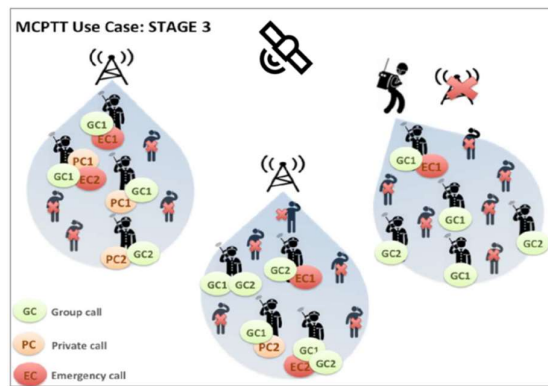


Figura 27- Servizi Mission Critical (fonte Wind Tre)

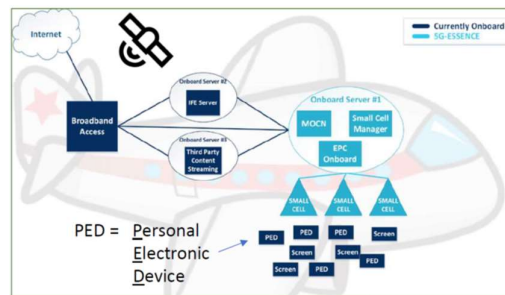


Figura 28- Servizi In-flight Connectivity & Entertainment (fonte Wind Tre)

6. CONCLUSIONI DEL CONVEGNO

Il Workshop è stato ricco di contenuti in quanto la **Commissione Aerospazio dell'Ordine Ingegneri della Provincia di Roma** (in collaborazione con Agenzia Spaziale Italiana) ha fatto incontrare sia gli Enti di Ricerca, sia le Agenzie Spaziali che gli Operatori mobili del settore.

È stato ribadito da più oratori che nell'era 5G il Satellite non è soltanto un contenitore di contenuti (**Gap Filler**) ma fornisce un significativo contributo alla definizione e

realizzazione di Slice di Rete (Network Slicing) per accomodare simultaneamente, sopra una infrastruttura di Rete Comune, una larga varietà di servizi che potranno essere richiesti.

In merito alla **Latenza**, critica per satelliti GEO, il Satellite mediante Costellazioni di piccoli satelliti (small, nano, micro) LEO o VLEO potrà fornire una bassa latenza per servizi interattivi fonia dati con o senza cella 3GPP a bordo. Un serie di architetture sono proposte per la realizzazioni di sistemi satellitari 5G integrati a reti 5G terrestri. In tal modo molte tipologie di servizio 5G possono essere efficacemente supportate dal satellite.

Il Satellite nella rete 5G avrà quindi le seguenti caratteristiche:

- Elemento chiave per l'ottimizzazione della architettura di Rete 5G incentrata sulle persone;
- Fornitore di una Copertura Globale estesa a tutta la popolazione e non solo ai grandi centri urbani;
- Punto cardine per contribuire all'evoluzione della rete di connettività verso l'ecosistema 5G;
- Fornitore privilegiato per i servizi di broadcast multimediale o multicast (delivery IP End to End) di alta qualità e larghezza di banda;
- Unico Fornitore di copertura globale ed eccellente sistema di ridondanza.

Diverse sperimentazioni sono in corso in Italia per l'integrazione tra la Rete Terrestre e i Satelliti, il cui ruolo non è confinato a semplice realtà di nicchia. Con l'avvento di costellazioni LEO e VLEO, infatti, il Satellite estenderà le potenzialità del 5G, con coperture globali e flessibili, sia per i servizi di tipo verticale sia in generale e consentirà di fornire connettività Internet ovunque.

Ne sono esempio gli imprenditori privati che con il Sistema Space X di Elon Musk (60 Nanosat lanciati a giugno 2019), il Sistema One Web di Greg Wyler (6 Minisat in orbita) e il Sistema di Virgin Galactica forniranno un servizio Internet globale a tutta la popolazione.

L'ESA sta agendo da catalizzatore dell'industria satellitare nel supportare programmi, sviluppi tecnologici, di servizi e applicazioni che utilizzino reti 5G integrate. La digitalizzazione dell'industria e la conseguente connettività ubiquita richiesta non può prescindere da reti satellitari integrate a reti terrestri per la fornitura di servizi 5G.