

# APPLICAZIONI SATELLITARI IN AMBITO NAVIGAZIONE E TRASPORTI

Autori: Mario Caporale (Istituto Italiano Navigazione) - Giovanni Nicolai (Ordine Ingegneri Roma)  
con la collaborazione di: Alessandro Neri, Stefano Beco, Andrew Faiola, Santi Calderone, Massimo Marini,  
Mirko Antonini, Guido Arista  
dal Workshop del 09 Luglio 2020 organizzato dalla Commissione Aerospazio dell'Ordine Ingegneri della  
Provincia di Roma e dall'Istituto Italiano di Navigazione

## 1. INTRODUZIONE

Il Workshop del 9 luglio 2020 è frutto della collaborazione tra l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma e l'Istituto Italiano di Navigazione. Questo Workshop, in linea con l'iniziativa già intrapresa da alcuni anni dall'Istituto Italiano di Navigazione, vuole evidenziare l'innovazione che si sta introducendo nel mondo del trasporto e della navigazione attraverso l'utilizzo dei servizi spaziali, prettamente di telecomunicazioni e di navigazione.



Le applicazioni satellitari già da alcuni anni stanno generando quella che va sotto il nome di SPACE ECONOMY. Il downstream, cioè i servizi spaziali, sta creando un circuito virtuoso che alimenta l'upstream, cioè le infrastrutture abilitanti i servizi. Il valore delle attività spaziali ad oggi è dell'ordine di 400 miliardi di dollari l'anno. Un report di Goldman Sachs prevede che il settore arriverà a valere 1.000 miliardi di dollari entro il 2050. L'economia della SPACE ECONOMY è molto promettente: si calcola che ogni euro investito ne generi 4-5. D'altro canto, gran parte dei 1800 satelliti funzionanti in orbita intorno alla Terra hanno rilevanza economica. Il primo settore in cui è avvenuta la transizione verso la Space Economy è stato quello delle telecomunicazioni satellitari, già dal 2013.

L'Italia vanta una lunga tradizione nelle attività spaziali: tra le prime nazioni al mondo a lanciare ed operare in orbita satelliti, è tra i membri fondatori dell'Agenzia Spaziale Europea, di cui è oggi terzo paese contributore. Il nostro è uno dei pochi Paesi ad avere la filiera completa dell'industria spaziale: dal satellite al software, vi sono coinvolte 250 aziende che danno impiego a 6.500 persone.

In ambito spaziale, alla tradizionale spinta indotta dal mercato istituzionale, in questi ultimi anni si sta affiancando un forte coinvolgimento dei capitali privati: le telecomunicazioni sono il servizio di punta. Sono a tutti noti i sistemi quali STARLINK o ONEWEB o AMAZON KUIPER: megacostellazioni di satelliti in orbita bassa che mirano a fornire internet al cittadino in qualunque punto del globo terrestre.

E' a tutti noto il boom dei sistemi GNSS, i sistemi globali di navigazione satellitare che, dopo GPS e GLONASS, stanno generando GALILEO, BEIDOU, QZSS, NAVIC. La disponibilità di molti più segnali GNSS è foriera di nuove applicazioni con obiettivi e requisiti di posizionamento sempre più sfidanti.

E' del 3 luglio la notizia che il governo del Regno Unito ha deciso di acquistare ONEWEB, insieme all'indiana BHARTI, anche con l'obiettivo di competere con GALILEO, dato che con la Brexit non potrà più avvalersi del servizio PRS. L'acquisto, soggetto ad approvazione da parte degli enti regolamentativi, dovrebbe chiudersi alla fine del 2020.

In tale articolo vengono presentati il punto di vista industriale e alcune applicazioni satellitari in ambito Navigazione e Trasporti. Quindi l'articolo è suddiviso in 2 parti: La Visione Industriale e Le Applicazioni Satellitari.

La prima parte tratta due temi:

- Tecnologie ST Engineering iDirect per la mobilità (Ingg. A. Faiola e S. Calderone)
- Logistica smart con tecnologia LoRa-edge (Ing. M. Marini)

La seconda parte tratta di quattro applicazioni satellitari del trasporto:

- Applicazioni in mobilità in ambito ferroviario (Prof A.Neri);
- Applicazioni in mobilità per veicoli a 2 ruote (Ing. M. Antonini);
- Applicazioni in mobilità per veicoli a 4 ruote – Progetto Emerge (Ing. S. Beco);
- Sistema Satcom on the move per l'Emergenza (G.Arista).

## 2. VISIONE INDUSTRIALE

### 2.1 Tecnologie ST Engineering per la Mobilità

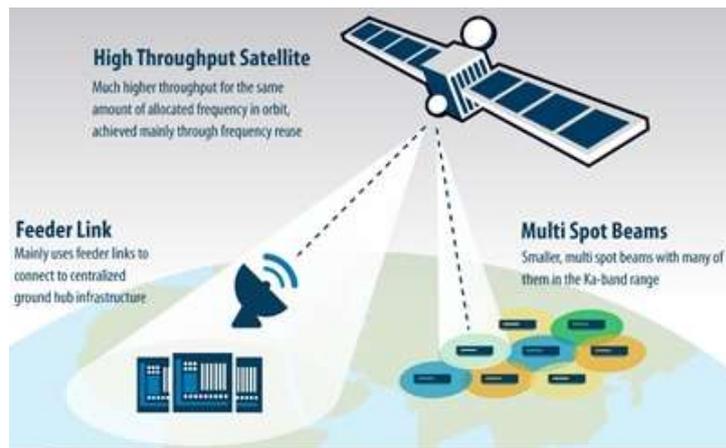
Autobus, automobili, treni e veicoli governativi fanno affidamento su capacità di connettività maggiori che mai. La velocità e il volume dei dati trasferiti da questi veicoli sono in aumento attraverso le reti terrestri wireless e lo saranno sempre di più, nel prossimo futuro, tramite le reti satellitari come già avviene per le piattaforme mobili marittime ed aeree. La proliferazione di connettività 4G LTE e l'imminente espansione della tecnologia 5G stanno guidando un ecosistema di connettività più ampio che abiliterà più applicazioni.

In combinazione con i progressi nell'integrazione delle infrastrutture terrestri con quelle via satellite, la possibilità di disporre di terminali satellitari in grado di soddisfare i requisiti di mobilità terrestre aprirà nuove opportunità per i fornitori di servizi e creerà nuove soluzioni per coloro che si affidano alla connettività durante gli spostamenti.

In questo settore della mobilità, la ST Engineering iDirect è il fornitore principale di quasi tutte le piattaforme gestite da operatori satellitari con un robusto posizionamento nel settore Marittimo, Aereo e nella Mobilità Terrestre. La Tecnologia ST Engineering per la mobilità consiste in sistemi di comunicazioni IP-based (vedi Figura 1) su tutte le architetture di Satelliti per Trasmissione Dati ad alta velocità (High Throughput Satellite HTS) e Telecomunicazioni a larga banda (vedi Figura 2 **Figura 1**).



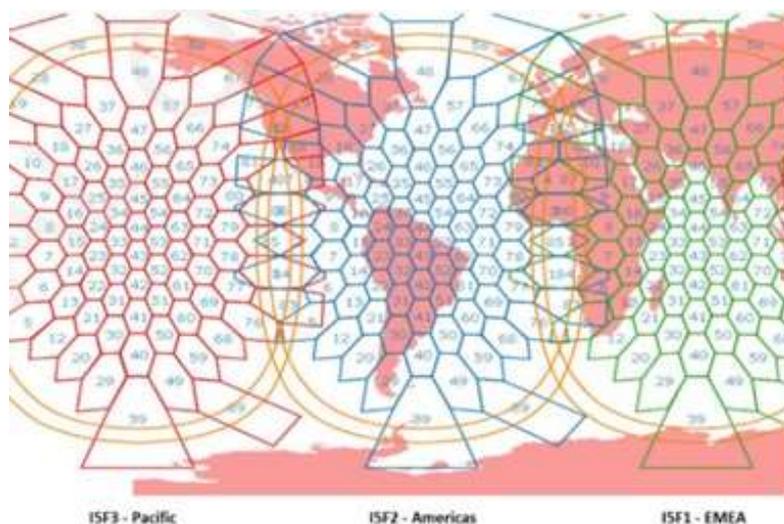
**Figura 1 – Sistemi di Comunicazione Satellite basati su IP**



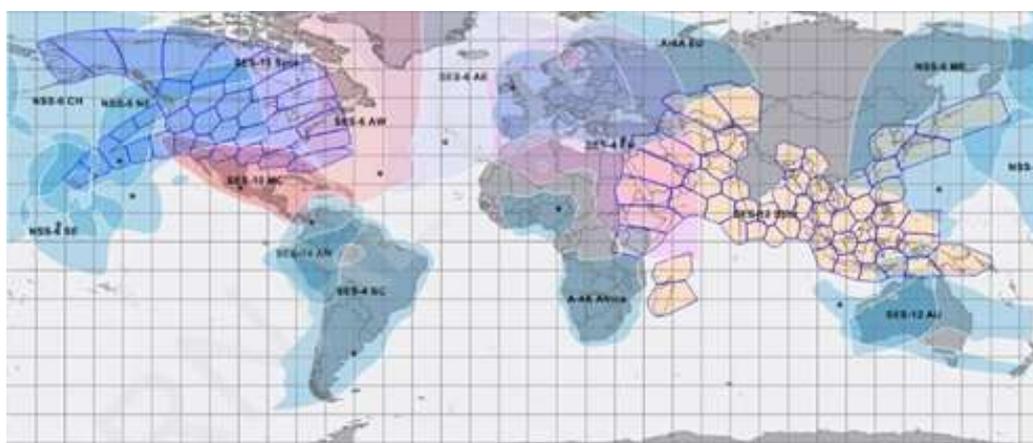
**Figura 2 –Satellite HTS Multibeam**

Queste tecnologie ben si adattano a tutte le applicazioni satellitari in mobilità ed in particolare alle comunicazioni dati/video/voce IP per sistemi di trasporto in ambito Aereo, Terrestre e Marittimo.

Esempi di satelliti HTS sono il Global Xpress di Inmarsat (per comunicazioni marittime e aeronautiche) operante in multibeam in banda Ka (vedi Figura 3) e i Satelliti di ultima generazione (vedi Figura 4).



**Figura 3 – Coperture Multibeam del Satellite Global Xpress in banda Ka**

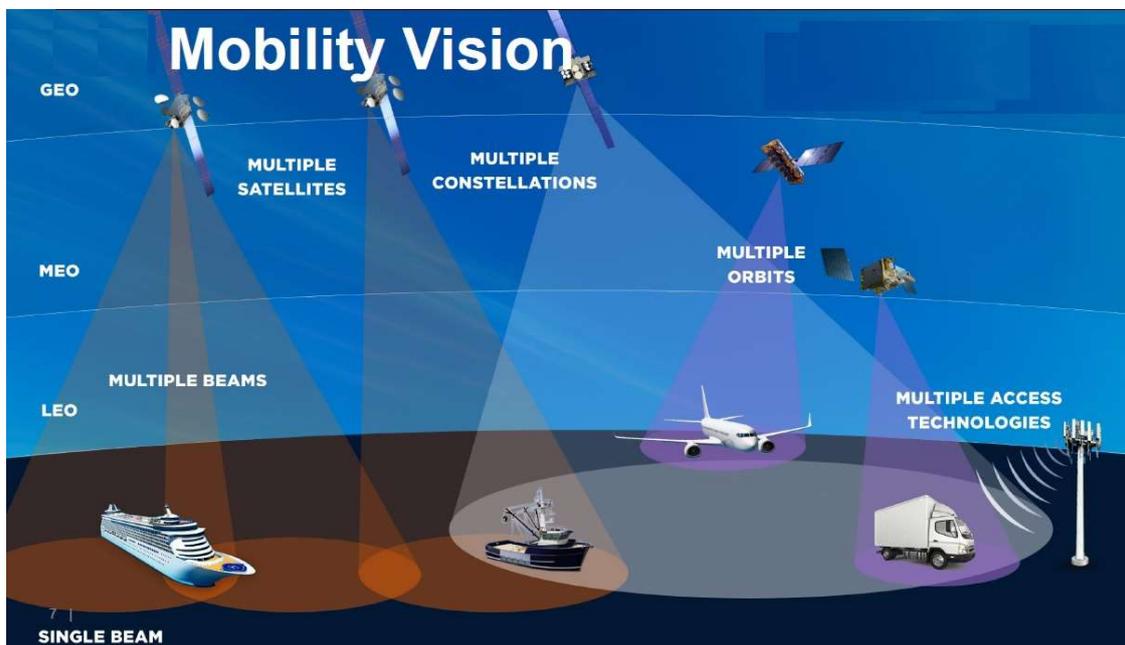


**Figura 4 – Coperture Multibeam Ku/Ka ultima generazione**

Le strategie di ST Engineering iDirect per la Mobilità sono quelle di fornire sistemi Flessibili e Scalabili che possono adattarsi all'evolversi delle Architetture e delle Tecnologie su diversi sistemi Satellite, siano essi GEO (satelliti geosincroni), MEO (satelliti su orbite medie) o LEO (satelliti su orbite basse). In tal modo le applicazioni possono integrarsi anche nella Rete Terrestre Mobile 5G con costellazioni di satellite LEO per la fornitura di servizi Internet e Dati. L'obiettivo è quello di interconnettere tutti i sistemi mobili (vedi Figura 5), dove è forte la domanda con una visione della mobilità mostrata in Figura 6.



**Figura 5 – Domanda di servizio dei sistemi mobili**



**Figura 6 – Visione della Mobilità per St Engineering**

Le principali Funzionalità utilizzate da ST Engineering iDirect per la mobilità sono:

**Commutazione Automatica dei Beam**

- Commuta automaticamente il Beam del Satellite mentre la piattaforma mobile (marittima terrestre o aerea) attraversa più Beam di copertura appartenenti allo stesso satellite o a satelliti diversi
- Nessun intervento manuale viene richiesto
- Gestione dalla logica di commutazione dei Beam centralizzata

### **Commutazione Veloce dei Beam**

- Fornisce connettività costante, senza interruzione di sessione IP (se i Beam appartengono allo stesso satellite e, quindi, non è necessario ripetere il puntamento grossolano del satellite)
- Riduce il tempo necessario a un terminale mobile per passare da un Beam all'altro per minimizzare l'interruzione del collegamento nella fase di commutazione di Beam, con l'impiego di tecniche basati su doppio ricevitore.

### **Sistema di Monitoraggio (NMS) Globale e Tracciamento Terminali remoti**

- Traccia ogni terminale remoto a bordo con un indirizzo IP coerente
- Monitora lo stato del terminale remoto e garantisce una alta qualità di connessione, semplificando le operazioni di gestione e manutenzione

### **Tecnologie Spread Spectrum**

- Questa Tecnologia di Modulazione supporta antenne molto piccole a bordo sia delle imbarcazioni sia su aerei militari o commerciali mantenendo i disturbi fra satelliti adiacenti al di sotto dei limiti previsti dalle normative internazionali

Le Tecnologie di comunicazione di ST Engineering iDirect sono le più avanzate per poter gestire tutte le applicazioni in tempo reale e con livelli di sicurezza che si adattano alle esigenze del cliente sia civile che governativo. Tra le Tecnologie si citano TDM/TDMA, DVB S2X, SCPC, Spread Spectrum, etc.

ST Engineering iDirect ha innovative soluzioni di mobilità ottimizzate per satelliti ad alta capacità di traffico (piattaforme HTS), oltre all'architettura di sistema per reti Multi-Beam su larga scala.

## **2.2 Logistica smart con tecnologia LoRa-edge**

Una applicazione di fondamentale importanza nel mondo IOT (Internet of Things) è rappresentata dal tracciamento dei beni trasportati in tutto il mondo (Asset Tracking), siano essi via nave, ferroviaria o stradale.



**Figura 7 – Trasporti su Nave**

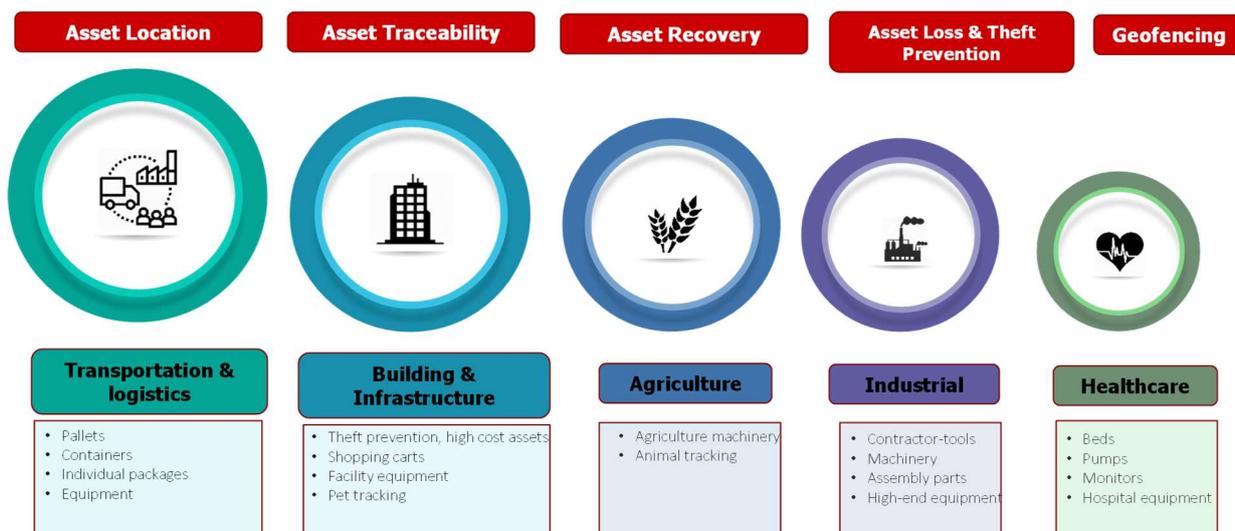
La sfida principale per un efficace Asset Tracking è rappresentata dal dispositivo di tracciamento, che deve garantire un funzionamento e una copertura globale, un consumo energetico molto basso (deve durare anni) ed avere un basso costo tale da poterne permettere una larga diffusione.

Una tecnologia emergente nel mondo IOT è rappresentata dalla modulazione LoRa® e dalla sua evoluzione LoRa-edge™. LoRa® è una tecnologia wireless sviluppata per creare la rete a bassa potenza e ampio raggio (LPWAN – Low Power Wide Area Network) necessaria per l'applicazione dell'Internet of Things (IoT). La tecnologia LoRa® offre un mix molto interessante di lungo raggio, basso consumo di energia e trasmissione sicura dei dati e sta guadagnando notevole diffusione nelle reti Internet of Things.

Una rete basata sulla tecnologia wireless LoRa® può fornire una copertura maggiore rispetto a quella delle reti cellulari esistenti. La tecnologia Semtech LoRa® consente la connessione delle applicazioni dell'Internet delle cose tramite ricetrasmittitori LoRa® incorporati nei sensori e nei gateway per catturare e trasmettere i dati su lunghe distanze utilizzando la minima energia. Semtech continua nella sua attività a supporto dell'ecosistema LoRa® con il lancio di un nuovo portafoglio di soluzioni chiamato LoRa Edge™ che semplifica e accelera le applicazioni dei terminali IoT.

ProEsys sviluppa e produce da alcuni anni soluzioni di sensori, gateway e Network Server basati sulla tecnologia LoRa®, per mercati verticali quali il trasporto dell'energia e l'asset tracking.

LoRa Edge™ è una nuova piattaforma basata su LoRa® definita da software altamente versatile e a basso consumo che abiliterà numerose applicazioni in ambito sicurezza, industria, edilizia, domestico, agricolo, dei trasporti e della logistica.



**Figura 8 – Mercati verticali per l'Asset Tracking**

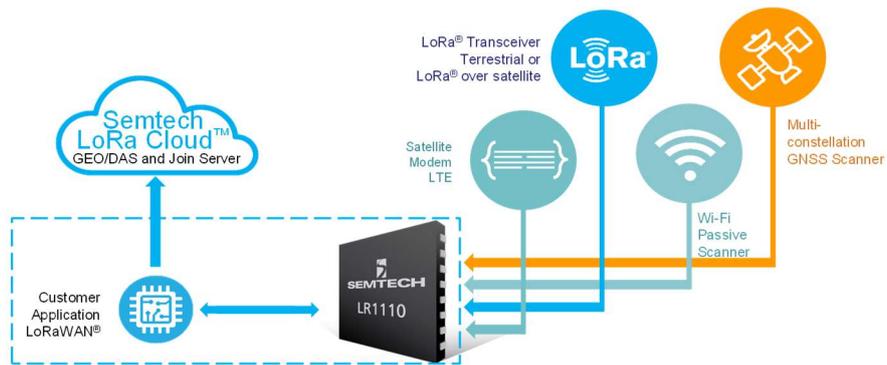
L'ultima frontiera della tecnologia LoRa® riguarda l'utilizzo come modulazione in collegamenti IOT via satellite, ed è di particolare interesse per il settore della logistica, permettendo una connettività veramente globale, anche in mezzo agli oceani, mantenendo intatti gli altri vantaggi quali il bassissimo consumo e la semplicità realizzativa dei sensori (basso costo).

La piattaforma LoRa Edge™ viene proposta con una soluzione di geolocalizzazione mirata alle applicazioni IoT per la gestione delle risorse. È dotato di un ricetrasmittitore LoRa® a bassissima potenza, funzionalità di sniffing GNSS e tecnologie di scansione Wi-Fi: il tutto nel piccolissimo dispositivo LR1110.

L'idea innovativa alla base della piattaforma LoRa-Edge™ parte dal fatto che non è normalmente necessario per il sensore conoscere la propria posizione, ma è sufficiente che essa sia nota presso un Cloud Server. Di qui l'idea, allo scopo di ridurre i consumi ed i costi del sensore, di non inserire un ricevitore GNSS tradizionale, ma di dotare il chip radio LoRa® di un ricevitore aggiuntivo per sorgenti di opportunità, tra le quali i segnali GNSS e Wi-Fi.

La sola ricezione dei segnali GNSS di basso livello, c.d. pseudorange, ed il successivo invio ad una piattaforma Cloud, permette un processing esterno al sensore e la ricostruzione della posizione con ottima precisione, senza alcun aggravio di componenti hardware e di consumi di energia richiesti da un classico ricevitore GNSS.

La figura seguente illustra il paradigma della piattaforma LoRa-Edge™, centrata intorno al chip LR1110.



**Figura 9 – La piattaforma LoRa-Edge™**

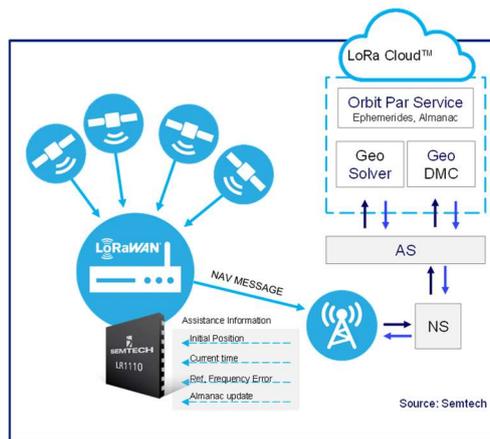
Il dispositivo LR1110, oltre a svolgere le funzioni di ricetrasmittitore LoRa® tramite reti LPWAN di tipo terrestre o satellitare, è in grado di ricevere segnali da sorgenti GNSS, da cui estrae i dati di basso livello (pseudorange), e da sorgenti Wi-Fi, se presenti nelle vicinanze, dalle quali estrae il MAC-address degli Access-Point.

Nel caso della ricezione di segnali GNSS, il ricevitore LR1110 cattura una porzione dei segnali ricevuti dai satelliti GNSS, aggregandoli in un pacchetto NAV per inviarli ad un server in Cloud. L’algoritmo di processing e location solving dei dati GNSS gira in Cloud, con un evidente vantaggio in termini di consumi del sensore, non essendo dotato di un ricevitore GNSS completo.

Al ricevitore LR1110 vengono forniti alcuni parametri per assistere la ricezione, quali:

- Stima grossolana della posizione
- Orario corrente
- Errore di frequenza di riferimento
- Una versione aggiornata dell’Almanacco

Lo scambio di tali messaggi di piccole dimensioni è compatibile con l’impegno su reti LPWAN quali LoRaWAN e LoRa® via satellite.



**Figura 10 – LoRa-Edge™, GNSS Assist mode**

Per quanto riguarda l’utilizzo di eventuali reti Wi-Fi presenti nelle vicinanze, la soluzione LoRa-Edge™ prevede la demodulazione e l’estrazione dei soli MAC address dagli Access-Point limitrofi, e l’invio ad un server in Cloud dove avviene la risoluzione della posizione del sensore mediante lookup dei MAC address Wi-Fi in apposito database.

Per quanto riguarda la precisione di posizionamento offerta dalla soluzione LoRa-Edge™ essa offre prestazioni di sicuro rilievo per le applicazioni di asset tracking, soprattutto in relazione alla mancanza di un ricevitore GNSS a bordo del sensore, e di conseguenza al bassissimo consumo e alla riduzione di costi che ne conseguono.

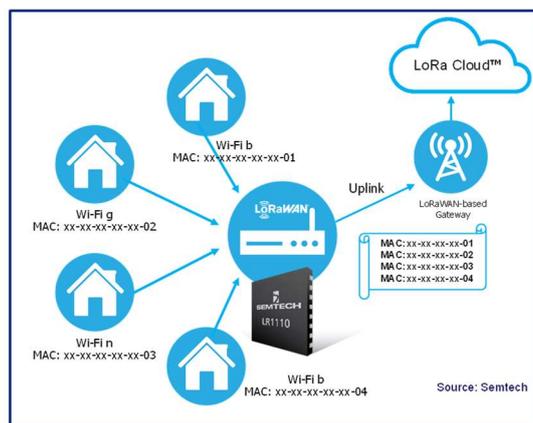


Figura 11 – LoRa-Edge™, Wi-Fi passive scanning

La Figura 12 seguente mostra le diverse soluzioni di posizionamento a confronto, e la soluzione LoRa-Edge™ tra i 20 e i 200 metri, potendo sfruttare sia sorgenti di tipo Wi-Fi che i segnali GNSS.

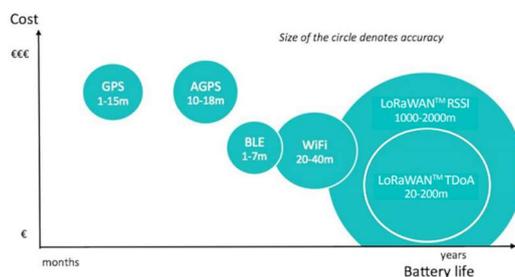


Figura 12 – LoRa-Edge™ a confronto con altre tecnologie di localizzazione

Sfide	Soluzioni
Integrare component eterogenei e di diversi fornitori (GPS, Wi-Fi, Location database, LPWAN) in un solo dispositivo aumenta i costi e la complessità	Un solo dispositivo che integra uno scanner GNSS, Wi-Fi e radio LoRa reduce i costi e la complessità del progetto
I dispositivi normalmente consumano molto, richiedono la ricarica o la sostituzione delle batterie impedendone l'utilizzo massivo per alcune applicazioni	Il calcolo della posizione avviene in Cloud, semplificando il dispositivo di tracking e riducendo drasticamente i consumi, permettendo anni di autonomia con batterie non ricaricabili
Per garantire sicurezza ed integrità dei dati e delle chiavi di crittografia sono normalmente necessari dispositivi aggiuntivi quali secure element, etc.	Il dispositivo può essere pre-configurato con le chiavi di sicurezza ed integra nativamente un modulo crypto
I dispositivi di tracking per interno o per esterno sono normalmente prodotti separati, basati su tecnologie e moduli diversi (GNSS, UWB, BlueTooth, etc.)	Unica soluzione integrata in un single-chip (GNSS, Wi-Fi e radio LoRa) in grado di operare sia indoor che outdoor con un singolo design
I dispositivi di tracking dispongono normalmente di un singolo vettore trasmissivo (es. NB-IOT)	E' possibile utilizzare la radio LoRa per trasmettere su reti LoRaWAN terrestri ma anche verso costellazioni di satelliti LEO di nuova generazione dedicate all'IOT, consentendo di operare su scala globale
Il tracciamento degli Asset è diventata una necessità nel mondo IOT, ma l'alto costo e la mancanza di prodotti integrati ne limita la diffusione	Soluzione integrata, di costo contenuto, in grado di aprire nuove opportunità di mercato per i servizi di localizzazione in diversi segmenti

Tabella 1 – Sfide e Soluzioni LoRa-Edge

In conclusione, si vogliono qui riassumere le sfide tipicamente poste da un sistema di Asset Tracking, e le soluzioni offerte da una piattaforma innovativa quale il LoRa-Edge™, in abbinamento a reti LPWAN di tipo terrestre o satellitare di ultima generazione.

### 3. APPLICAZIONI SATELLITARI

#### 3.1 Applicazioni per la Mobilità in ambito Ferroviario.

I Sistemi di navigazione satellitare (GNSS) sono diventati di fatto una tecnologia abilitante per una vasta gamma di settori economici come le infrastrutture critiche, le telecomunicazioni ed i sistemi di trasporto aerei, terrestri e navali. Entro il 2020 saranno in funzione quattro costellazioni indipendenti con copertura globale, che in qualsiasi momento saranno in grado di visualizzare circa 40 satelliti. Si prevede che tale infrastruttura spaziale porterà enormi benefici, aumentando sia la sicurezza che l'efficienza dei sistemi di trasporto terrestre supportando un alto grado di automazione e la cooperazione tra mezzi mobili.

Poiché queste tipologie di applicazioni richiedono elevate prestazioni sia in termini di accuratezza che di sicurezza, è necessario adottare reti di **augmentation** in grado di fornire ai ricevitori satellitare di bordo una serie di informazioni ausiliarie circa le correzioni da apportare per compensare gli scostamenti delle posizioni dei satelliti, degli orologi e delle velocità di propagazione in ionosfera e troposfera rispetto a quanto calcolato a partire dai dati forniti direttamente dai satelliti attraverso i messaggi di navigazione.

La prospettiva di adottare il GNSS per il controllo della marcia dei treni e per le auto a guida autonoma giustifica strategie di sviluppo per massimizzare le sinergie per i vantaggi di entrambi i mezzi di trasporto. L'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), che sostiene fortemente la ricerca e l'innovazione in questo campo, considera le applicazioni dei sistemi di navigazione satellitare per i Sistemi di Trasporto Intelligente un mezzo di grande valore per aumentare la qualità della vita e della sicurezza dei cittadini.

Treni e auto, diversamente dagli aerei, operano in uno stesso ambiente elettromagnetico complesso che richiede forme efficienti di mitigazione dei fenomeni locali, quali multipath e interferenze, che possono incidere in modo significativo sulle prestazioni. Inoltre, poiché la distanza tra linee ferroviarie e strade è, almeno in Italia molto ridotta (circa 10.000 km di strade e di linee ferroviarie, corrono ad una distanza inferiore a 2 km) una stessa rete di augmentation può essere utilizzata può essere ottimizzata per fornire le correzioni sia ai ricevitori a bordi dei treni che a quelli a bordo dei veicoli su gomma.

In questo modo, i ricevitori GNSS ad alta integrità possono essere realizzati in grande quantità, a costi molto più bassi rispetto ai prodotti standard per gli aerei.

Queste tendenze sul sistema di trasporto terrestre avranno inevitabilmente un impatto sulle esigenze dei sistemi di augmentation GNSS, inizialmente concepiti per il settore aeronautico. Infatti, il posizionamento GNSS per i veicoli terrestri è un compito più impegnativo rispetto alle applicazioni aeronautiche. Tuttavia, le nuove caratteristiche del GNSS come la multi-costellazione e la multi-frequenza miglioreranno l'integrità per i servizi ad alta precisione sia di posizione che di velocità. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Dal punto di vista scientifico, i principali progressi attesi dalla sinergia tra treni e applicazioni per auto consistono nell'implementazione su larga scala delle nuove caratteristiche GNSS come: a) monitoraggio dell'integrità della fase della portante e della frequenza doppler oltre in aggiunta a quella degli pseudorange di codice, b) potenti algoritmi ARAIM che incorporano la conoscenza dell'ambiente elettromagnetico locale attraverso le mappe dei pericoli multipath e di interferenza, c) uso del crowdsourcing per perfezionare modelli del multipath, della ionosfera e della troposfera.

##### 3.1.1 Requisiti Principali

Al fine di introdurre in ERTMS il posizionamento GNSS senza modificarne la modalità operativa, si è fatto ricorso al concetto di Virtual Balise Reader (VBR). Pertanto, per eseguire l'attività di localizzazione del treno, il VBR monitora continuamente la posizione e la velocità fornite dal sottosistema GNSS e, una volta che il treno passa sopra una posizione in cui è stata collocata una balise, genera lo stesso evento e gli stessi dati che un BR fisico produrrebbe attraverso la stessa interfaccia. In queste circostanze, le balise fisiche possono essere sostituite da balise virtuali che non sono altro che punti immateriali di un database geografico. Poiché le VB non hanno alcun costo, possono essere distribuite a distanze più brevi rispetto alle balise fisiche, in modo che l'odometro possa essere azzerato più frequentemente, riducendo quindi l'intervallo di confidenza sulla

posizione del treno, aprendo la strada a un sistema di controllo del treno più efficiente. Questo concetto è stato dimostrato sul campo nel test bed realizzato da RFI su una linea ferroviaria di 50 km in Sardegna supportata dai progetti di ricerca ERSAT EAV e 3Insat, rispettivamente finanziati da GSA ed ESA.

Dal punto di vista operativo, l'uso della balise (fisica o virtuale) è duplice: a) per contrassegnare le posizioni che possono essere superate solo da treni autorizzati (questa funzione è contrassegnata come VITAL in ERTMS), b) per determinare su quale binario è in funzione il treno e la sua posizione su quel binario (funzione contrassegnata come NON VITAL nello standard). Relativamente ai requisiti, l'obiettivo è garantire con le soluzioni GNSS la stessa accuratezza e la stessa integrità raggiunte dal BR, come illustrato nella Tabella 2. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Questa scelta è la chiave per supportare la piena interoperabilità consentendo ai treni dotati di VBR di operare su linee dotate di balise fisiche, senza la necessità di distribuire balise virtuali e fisiche su siti diversi. In termini di prestazioni, si può affermare che per le funzioni VITAL è necessaria un'accuratezza decimetrica.

Funzionalità GNSS	Limite di Allerta	Valore $2\sigma$ della Gaussiana
Rilevamento VB <b>Vital</b>	1 m	25 cm
Rilevamento VB <b>Non Vital</b>	5 m	125 cm
Discriminazione della Traccia	2 m	50 cm

**Tabella 2. Requisiti di integrità GNSS per il trasporto ferroviario**

Tuttavia, un'elevata accuratezza del posizionamento è richiesta anche per le applicazioni automobilistiche per far fronte a un margine laterale di circa 25 cm. Questo valore è legato alla differenza tra la larghezza della carreggiata e quella del veicolo. Sebbene, esso dipenda dal tipo di strada e dal tipo di veicolo, il valore riportato riflette condizioni operative medie. Pertanto, per supportare in modo sicuro la guida automatica in tutte le condizioni atmosferiche, è necessario garantire un limite di allerta di circa 25 cm. Ricordiamo che oggi il controllo longitudinale (e.g. controllo dinamico della velocità, sistema anticollisione, etc) ed il controllo laterale del veicolo (mantenimento della corsia) fanno uso di radar, LIDAR e sensori di imaging per stimare la posizione relativa del veicolo rispetto agli ostacoli e la posizione laterale del veicolo rispetto alla corsia. Ma questi sensori hanno prestazioni limitate in presenza di neve o nebbia lungo una strada senza guardrail.

Tuttavia, considerando che il ricorso a dispositivi conformi a un Alert Limit laterale di 25 cm deve confrontarsi con la sostenibilità economica, nel breve termine la guida autonoma potrebbero essere limitata a condizioni meteorologiche meno severe. Invece il contributo del posizionamento GNSS è atteso sul controllo longitudinale del veicolo e su tutte quelle funzionalità, come l'anticollisione cooperativa, che richiedono una conoscenza condivisa della situazione complessiva del traffico. Tuttavia, il posizionamento assoluto sicuro dei veicoli è necessario per evitare collisioni e per garantire che le linee di arresto ai segnali STOP e ai semafori non siano superate. Questa funzione è completamente equivalente alla funzione ERTMS/ETCS Vital, per la quale si assume un limite di allerta longitudinale di 1 m come obiettivo con posizionamento GNSS.

Per quanto riguarda gli utenti vulnerabili della strada, come ciclisti e pedoni, una distanza minima di rispetto dei ciclisti di 3 piedi è stata introdotta da 32 Stati degli Stati Uniti, mentre molti paesi europei hanno adottato un valore minimo di 1,5 m nel loro regolamento. D'altra parte, l'adozione su larga scala da parte di tali utenti di apparecchiature basate su GNSS che trasmettono la loro presenza può essere considerata un obiettivo a lungo termine, mentre le soluzioni basate su rilevatori a corto raggio come RADAR, LIDAR e telecamere sono le soluzioni a breve e medio termine.

Osserviamo che, oltre alla posizione del veicolo, i sistemi di gestione del traffico sicuro impostano e monitorano la velocità in tempo reale del veicolo per garantire lo spazio necessario per fermare in sicurezza il veicolo ed evitare una collisione. Nel contesto ferroviario queste informazioni sono di solito fornite dalla funzione di odometria SIL-4. Pertanto, finora non è stato specificato alcun requisito di integrità elevata rispetto alla velocità. La situazione può essere molto diversa per le automobili, poiché le attuali tecnologie utilizzate per i contachilometri e i tachimetri non sono state progettate per soddisfare elevati requisiti di sicurezza.

### 3.1.2 Sistema di Augmentation Multimodale

Gli attuali sistemi di augmentation GNSS possono essere classificati in quattro categorie principali, come riportato nella Tabella 3. I sistemi di augmentation ad alta precisione (ad esempio RTK/NRTK) non forniscono la funzionalità di monitoraggio dell'integrità per associare le prestazioni necessarie per la maggior parte delle applicazioni (precisione <10 cm). Al contrario, i sistemi di augmentation globale e locale per l'aviazione (SBAS e GBAS), soddisfano i requisiti di integrità ( $2 \times 10^{-7}/h$  e superiore per l'approccio High Precision), ma non sono stati progettate per prestazioni ad alta accuratezza.

Classe	Servizio	Applicazioni
<b>GNSS RTK/NRTK</b>	<b>Correzioni:</b> Code and Phase, <b>Accuratezza:</b> Real-Time Alta (< 5 cm) <b>Integrità:</b> nessun monitoraggio dell'integrità e messaggi di avviso	Surveying, mapping
<b>Local Augmentation for Aviation (GBAS/LAAS) and Maritime (IALA Beacons)</b>	<b>Correzioni:</b> Pseudorange <b>Accuratezza:</b> media (metri) <b>Integrità:</b> Messaggi di monitoraggio dell'integrità e di avviso (messaggio GBAS), ridondanza RS del ricevitore (IALA)	Aeronautiche, Navali
<b>Global Augmentation (SBAS, ARAIM)</b>	<b>Correzioni:</b> Pseudorange <b>Accuratezza:</b> metro <b>Integrità:</b> Messaggi di monitoraggio dell'integrità e di avviso	Aeronautiche
<b>Global High Precision Services (PPP)</b>	<b>Correzioni:</b> correzioni precise singoli errori (< 10 cm) <b>Accuratezza:</b> in fase di studio algoritmi per la determinazione dell'ambiguità di fase in real-time <b>Integrità:</b> in corso studi per il monitoraggio dell'integrità (e.g. CRAIM)	Geodesia, mapping,

**Tabella 3. Classificazione dei sistemi di Augmentation**

Per le applicazioni di auto a guida autonoma, l'obiettivo per accuratezza e integrità è almeno di due ordini di grandezza più impegnativo del livello raggiunto per il settore dell'aviazione. Pertanto, per ottenere prestazioni più elevate, l'approccio dovrebbe basarsi sull'integrazione di diversi sistemi di augmentation per realizzare una rete di aumento multimodale piuttosto che sulla costruzione di una rete di augmentation dedicata che è molto più costosa. La logica per un sistema di augmentation multimodale è:

- Fornire una soluzione di augmentation generale su misura per l'elevata integrità e le applicazioni ad alta accuratezza che operano nello stesso ambiente;
- Sfruttare il potenziale delle nuove funzionalità GNSS non disponibili sui sistemi SBAS attuali;
- Utilizzare per quanto possibile le infrastrutture SBAS esistenti;
- Fornire un meccanismo di responsabilità attraverso un accordo di servizio con i gestori delle infrastrutture ferroviarie e stradali rispettivamente.

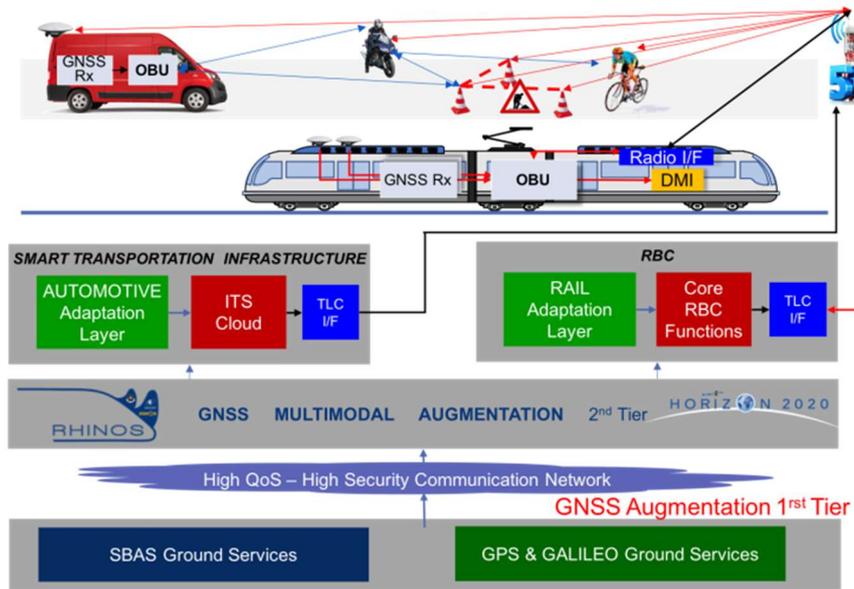
Tale rete dovrebbe essere pubblica e gestita da un fornitore di servizi.

I ricevitori GNSS che operano a bordo di veicoli a terra (ad esempio treni, automobili, ...) sono soggetti a errori globali legati al Signal In Space (SIS) quali quelli relativi alle effemeridi e agli errori degli orologi dei satelliti, alle propagazioni anomale della ionosfera e della troposfera, nonché gli errori locali, come quelli relativi a multipath, anomalie atmosferiche locali, rumore termico ricevitore e interferenze intenzionali e non intenzionali.

Dal momento che i sistemi SBAS attualmente in funzione (WAAS negli Stati Uniti e EGNOS in Europa) monitorano solo un sottoinsieme dei SIS GNSS, abbiamo studiato un'architettura di augmentation a due livelli per la gestione del traffico multimodale. Questo. L'architettura a due livelli, illustrata nella Figura 13, si basa sull'integrazione di un SBAS come EGNOS (1° livello) e di un sistema locale (2o livello). Questa architettura

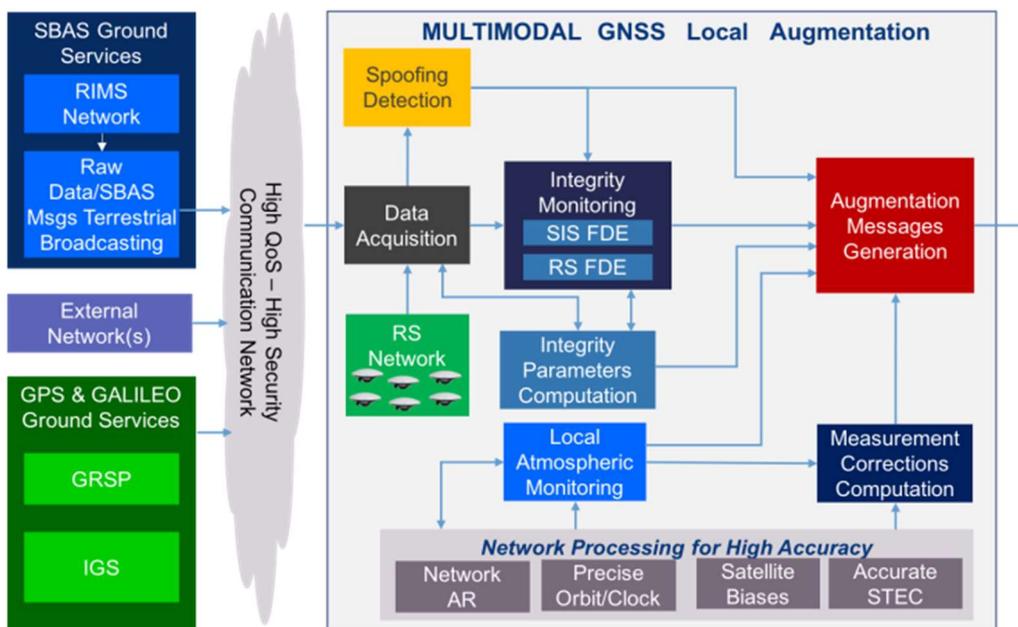
è stata verificata e testata nel quadro dei progetti europei ERSAT EAV e RHINOS. Con tale architettura, il Centro di controllo può applicare le correzioni SBAS e integrare le stazioni di riferimento locali con le misurazioni SBAS RIMS, al fine di derivare lo stato di integrità del sistema nel suo complesso (stazioni di riferimento locali e segnali GNSS).

Sopra alle reti SBAS e alle reti locali ci sono due strati di adattamento ottimizzati per le applicazioni ferroviarie e automobilistiche rispettivamente.



**Figura 13 — Architettura a due livelli ad alta integrità e alta accuratezza**

Come illustrato nella Figura 14, la rete multimodale multistrato è costituito dai seguenti elementi:



**Figura 14– Architettura della rete di Augmentation 2° livello**

Il rilevamento degli errori di satelliti e costellazioni viene eseguito dal 1° livello attraverso il sistema SBAS RIMS (Reference Integrity and Monitoring Stations). Le misurazioni pertinenti possono quindi essere utilizzate come riferimento per un ulteriore livello di monitoraggio (ad esempio il 2° livello).

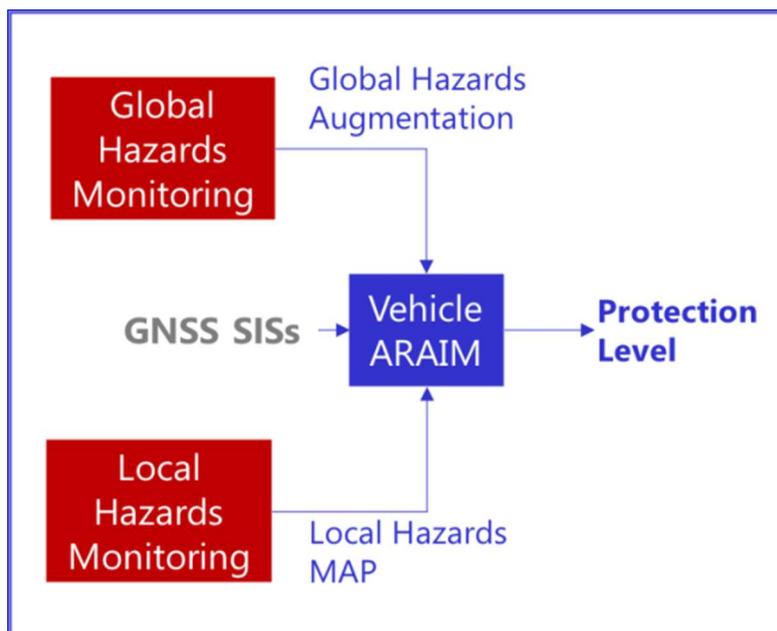
Il secondo livello, attraverso le stazioni di riferimento locali, è incaricato di applicare le correzioni SBAS e migliorare le prestazioni di rilevamento dei guasti locali e globali, attraverso differenze singole e doppie con il primo strato.

Attraverso l'integrazione di cui sopra, il secondo livello è in grado di monitorare la salute della rete RS. All'interno di tale quadro, la seconda rete può essere basata su ricevitori COTS, portando ad una densificazione a basso costo del primo strato. In linea di principio, la rete RS esistente (ad esempio la classe GNSS RTK/NRTK nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** implementazione del secondo livello.

Tale architettura multimodale a 2 livelli è stata testata per le operazioni in tempo reale all'interno del progetto ERSAT EAV e RHINOS, attraverso un aggiornamento della rete operativa italiana RTK/NRTK GRDNet-GNSS R&D.

La distribuzione delle stazioni di riferimento pertinenti è riportata **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Figura 15. Cinque stazioni di riferimento geodetiche sono state installate nel sud della Sardegna (Italia) e collegate in tempo reale al Centro di Controllo GRDNet per la generazione in tempo reale di messaggi di Augmentation.

Nel GRDNet il monitoraggio dell'integrità in tempo reale è stato implementato attraverso uno strato di adattamento che trasmette al ricevitore GNSS a bordo del treno un messaggio SIMILE RTCM derivato dal noto standard di alta precisione che include una maschera di integrità contenente i flag pertinenti che riportano lo stato di salute di ogni satellite in vista.



**Figura 15– Integrazione del monitoraggio dei rischi globali e locali**

Le mappe dei rischi multipath e di interferenza dovranno essere create durante le indagini eseguite durante la costruzione e l'aggiornamento delle banche dati delle infrastrutture di trasporto (ad esempio, il DB dei binari per le rotaie, il DB stradale per le automobili, ecc.).

Nelle applicazioni ferroviarie queste mappe vengono utilizzate per classificare il percorso del binario al fine di determinare quali posizioni sono adatte per la distribuzione di balis virtuali. Nel contesto automobilistico possono essere utilizzate per guidare algoritmi di rilevamento ed esclusione di guasti più intelligenti, nonché la fusione dei sensori.

### 3.2 Applicazioni per la Mobilità per Trasporto Veicoli a due Ruote.

Il progetto H-Gear ha lo scopo di sviluppare un servizio “eCall” di assistenza rapida ai guidatori coinvolti in incidenti stradali e un di antifurto, entrambi basati sul sistema di navigazione Galileo per medie e piccoli motoveicoli.

Per “eCall” si indica un meccanismo automatico per la chiamata ad autorità competenti, nella fattispecie il servizio 112, in caso di emergenza con indicazione almeno della posizione del veicolo ed eventualmente di altre informazioni ancillari (tipologia, proprietario, etc.).

Il sistema di posizionamento Galileo è un sistema di posizionamento e navigazione satellitare civile (in inglese GNSS - Global Navigation Satellite System), sviluppato in Europa come alternativa al GPS- Global Positioning System, controllato invece dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti d'America.

La Regolamentazione Europea e-call (UE) 2017/79 stabilisce in dettaglio prescrizioni tecniche e procedure di prova per l'omologazione CE dei veicoli a motore per quanto riguarda i relativi sistemi eCall di bordo basati sul servizio 112. Si applica alle categorie M1 (veicoli con almeno 4 ruote e fino a 8 posti + conducente) e N1 (autocarri leggeri massa inferiore a 3.5 t) ed è entrata in vigore, per i veicoli di nuova omologazione, da 31 marzo 2018. La regolamentazione impone l'utilizzo di Galileo ed EGNOS (oltre che GPS).

Il sistema H-GEAR è composto da un dispositivo completamente integrato sul telaio della moto, una suite software per il monitoraggio e il controllo dei servizi eCall e antifurto per mezzo di una applicazione per smartphone in grado di colloquiare con il proprietario del veicolo.

Il sistema di navigazione Galileo offre le prestazioni in termini di precisione, affidabilità, acquisizione e tracciamento veloci, sicurezza del segnale per un'applicazione salvavita come l'eCall.

L'integrazione sul telaio del veicolo costituisce una sfida per le prestazioni della batteria ma anche per l'antenna, che è chiamata a lavorare in qualsiasi posizione della moto (soprattutto in caso di incidente) e in un ambiente reso difficile dalle vibrazioni, alte temperature del motore, esposizione ai fenomeni meteorologici etc.

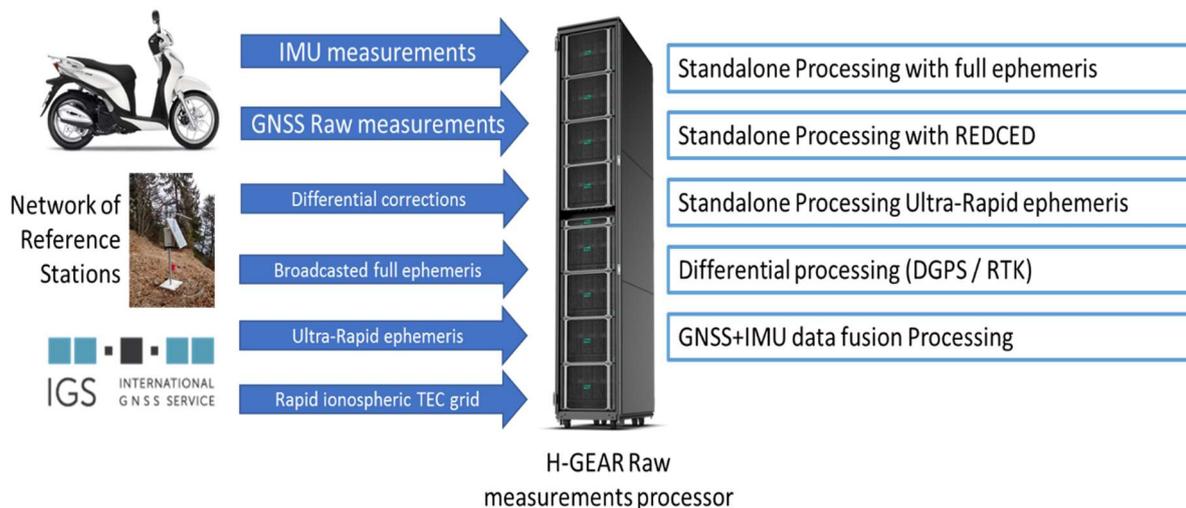
H-GEAR ha individuato il suo segmento di mercato nella fornitura di servizi di eCall e dispositivi antifurto per motocicli di medie e piccole dimensioni (cat.L3 veicoli a due ruote >50cc, >45km/h).

Si tratta di un mercato in crescita: negli ultimi anni sempre più adulti stanno abbandonando l'auto e stanno scegliendo le moto come mezzo di trasferimento nelle nostre città congestionate dal traffico. I sondaggi effettuati da Honda ci presentano un utente che non vede l'ora di avere un sistema integrato che possa aumentare la sicurezza del suo viaggio e che sia anche un deterrente ai furti.

Il numero di furti, specialmente nella categoria dei motocicli di media cilindrata e' purtroppo in costante aumento; “H-GEAR” offre sicuramente una risposta adeguata grazie ad un robusto sistema di tracciamento e spoofing sfruttando l'autenticazione del Segnale Galileo.

Il progetto “H-GEAR” e' stato finanziato nell'ambito della call emessa da GSA (European Global Navigation Satellite Systems Agency) Fundamental Elements - Development of GNSS receiver technologies for Premium and General mass market.

Il progetto introduce diverse innovazioni al fine di ottenere un posizionamento accurato ed affidabile del motociclo, sia in caso di incidente che in caso di furto. I dati grezzi delle misure di fase e codice dei segnali GPS e Galileo sono trasmesse dal dispositivo sul motociclo, insieme alle misure inerziali della IMU (Inertial Measurement Unit) di bordo, al server H-GEAR. Questo permette di ottenere un posizionamento accurato anche in caso scarsa visibilità del cielo (e.g. galleria, parcheggi interrati) che in caso di furto. In quest'ultimo caso, il dispositivo è anche in grado di verificare che non sia soggetto ad attacchi di tipo jamming (interferenti) o spoofing (segnale GNSS contraffatto).

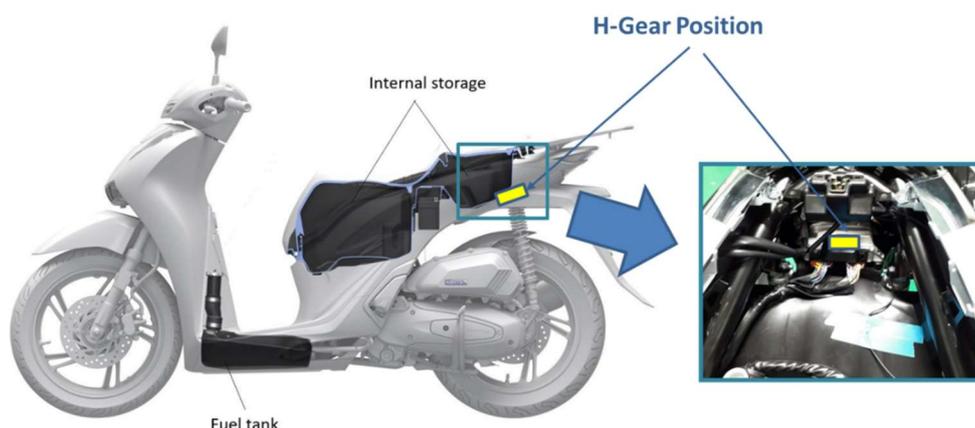


**Figura 16 – H-Gear Processore di Misurazione grezza**

H-GEAR deve contenere tutta questa innovazione rispettando i vincoli per poter competere nel mercato dei veicoli L3: completa integrazione con il veicolo, una antenna GNSS capace di trasmettere in ogni posizione del veicolo il tutto in un costo conveniente.

A tal proposito è stato effettuato uno studio per ottimizzare il posizionamento del dispositivo al fine di ottemperare ai seguenti requisiti funzionali:

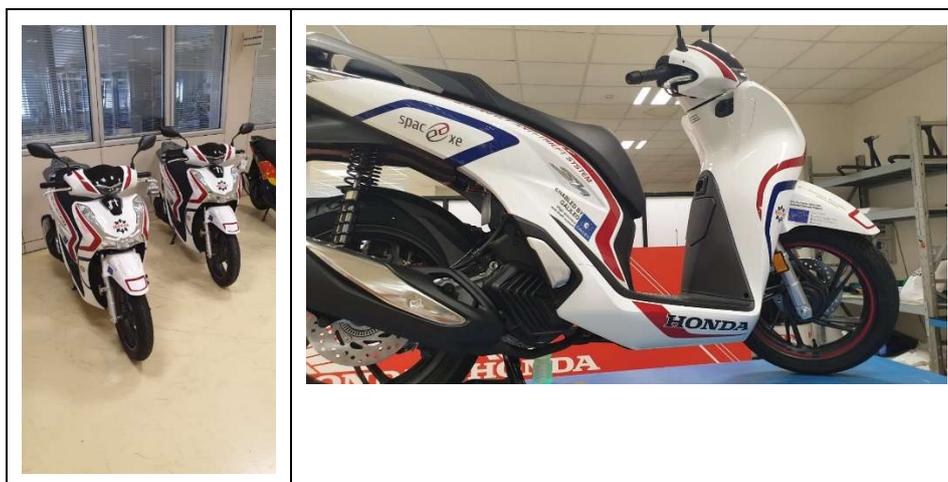
- Funzione eCall funzione
  - Protezione in caso di incidente
  - Ricezione segnale Galileo
  - Sensibilità all’impatto
- Funzione antifurto
  - Non di facile accesso
  - Sensibilità ai movimenti
  - Connessione all’alimentazione



**Figura 17 – Posizione H-Gear**

Fanno parte del team Vitrociset Belgium una azienda con trenta anni di esperienza nel settore Spazio; SpaceExe società italiana fornitrice di tecnologia, per lo sviluppo di dispositivi IoT, e navigazione satellitare ad alta precisione; Antenna Provider una società di ingegneria finlandese esperta nella realizzazione di soluzioni innovative per le telecomunicazioni.

La partecipazione di Honda Italia al progetto garantisce l'interesse del produttore per i servizi “H-GEAR”. Nella Figura 18 sono raffigurati alcuni veicoli del modello SH-150 prodotti dalla Honda Italia con le grafiche del progetto H-GEAR.



**Figura 18 – Modello SH-150 Honda con le grafiche H-Gear**

### **3.3 Applicazioni per la Mobilità per Veicoli 4 Ruote su strada**

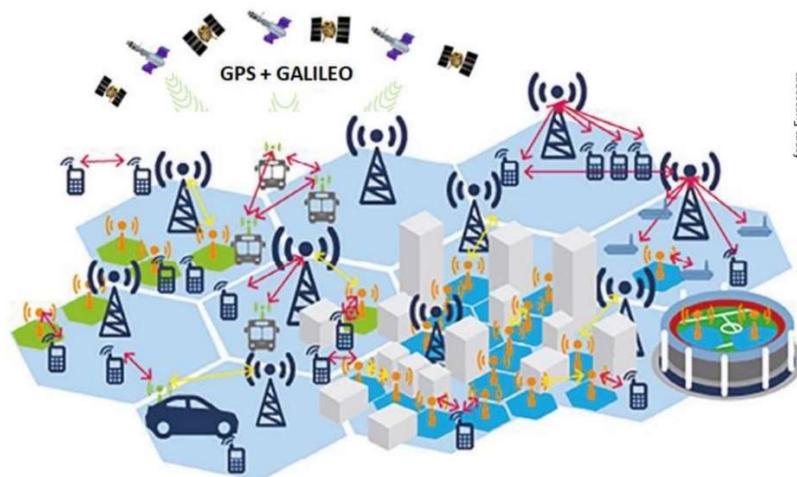
I moderni sistemi di mobilità sono in rapida evoluzione in termini di navigazione avanzata e maggiore sicurezza, grazie a veicoli sempre più connessi, geo-localizzati e cyber sicuri. Un veicolo rappresenta un nodo “intelligente” di una rete veicolare, che può contribuire ad attuare una gestione efficiente e sicura dei flussi di traffico attraverso la raccolta, l'elaborazione e lo scambio di una grande mole di dati.

I Sistemi di Trasporto Intelligente Cooperativo (C-ITS) si basano su un continuo scambio di messaggi tra i veicoli, tutti gli altri attori delle strade (biciclette, pedoni, ecc.) e infrastrutture stradali e di rete, grazie alle comunicazioni V2x basate su diverse tecnologie, come IEEE 802.11 p, ETSI ITS G5, American WAVE, VANETs, LTE, 5G , etc.

Le versioni attualmente previste del paradigma C-ITS per i veicoli stradali possono essere fondamentalmente associate a un insieme ridotto di applicazioni che si basano sulla diffusione massiva di messaggi di allarme che sono generati con tali frequenze da congestionare i canali radio all'aumentare della densità dei veicoli, soprattutto nella prospettiva di applicazioni avanzate di guida cooperativa.

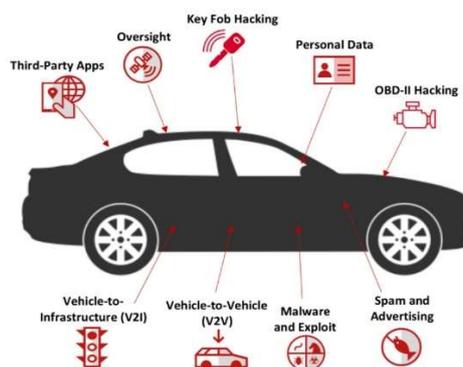
Poiché la localizzazione del veicolo è di fondamentale importanza per il veicolo connesso, una sfida principale è garantire che l'errore di posizione non superi l'errore massimo tollerabile (~ 20 cm,) con un tasso di rischio tollerabile estremamente basso.

Al fine di superare possibili limitazioni di copertura e precisione dei sistemi GNSS, l'infrastruttura di rete terrestre può fornire supporto per trasmettere parametri di correzione GNSS o anche per eseguire da sola stime di posizione ad alta precisione: la rete mobile può essere utilizzata anche come architettura flessibile che può fornire segnali di riferimento di posizionamento da fondere con segnali GNSS per migliorare sia l'accuratezza che l'integrità della sicurezza (vedi Figura 19).



**Figura 19 – Sistemi per Mobilità - Scenario**

I C-ITS sono fortemente basati su reti, comunicazioni, elaborazione di segnali radio e satellitari. Devono essere sicuri e devono essere robusti contro tutti gli attacchi informatici attualmente noti (e quelli che verranno identificati in futuro) con l'obiettivo di garantire l'integrità dei dati di localizzazione e navigazione e la riservatezza delle informazioni sensibili. L'Hacking di un veicolo, se attaccato nei suoi punti potenzialmente vulnerabili (vedi Figura 20) può portare a conseguenze inimmaginabili.



**Figura 20 – Sistemi potenzialmente vulnerabili di un Veicolo**

### 3.3.1 Progetto Emerge

Le attività di ricerca e sviluppo del progetto EMERGE affrontano la sfida di realizzare un'architettura di gestione della mobilità integrata per veicoli commerciali, mirando a:

- Realizzare funzioni di prevenzione dei rischi di infortunio;
- Realizzazione di una navigazione dinamica e collaborativa;
- Fornire servizi di mobilità aggiornati e geolocalizzati attraverso l'uso di tecniche di mobile Edge/Cloud computing.

I principali percorsi di ricerca e sviluppo tecnologico saranno:

- Utilizzo di informazioni da GNSS basato su multi costellazione e fusione multi-sensore per la localizzazione;
- Tecnologie di comunicazione veicolare ad hoc e il prossimo paradigma C-V2X abilitato dal 5G;
- Tecniche di cybersecurity per la comunicazione intra-veicolare.

Le prove sul campo saranno condotte attraverso una flotta di prototipi di veicoli commerciali con le piattaforme potenziate proposte, nella città dell'Aquila, dove è già in corso la sperimentazione della tecnologia 5G e si potranno sfruttare anche le potenzialità di nuove tecnologie satellitari.

Il progetto EMERGE nasce dall'esperienza maturata dai partner in ambito ferroviario e automobilistico, con l'obiettivo di realizzare la progettazione, prototipazione, implementazione e sperimentazione di soluzioni in

grado di supportare funzionalità innovative per la mobilità dei veicoli commerciali, attraverso apparecchiature intelligenti e nuovi servizi e applicazioni.

Le soluzioni EMERGE riguarderanno non solo le operazioni quotidiane (spostamento di persone e merci), ma anche veicoli pronti a operare in situazioni di emergenza:

- **“tutti i giorni”**: in questa condizione il veicolo svolgerà la propria attività in conformità alle informazioni sul traffico aggiornate e elaborerà la pianificazione pre-viaggio in relazione alle tempistiche richieste dalle diverse attività quotidiane; inoltre, il veicolo potrà utilizzare "corsie preferenziali" per il trasporto di materiale dell'ultimo miglio con consegna prioritaria;
- **“emergenza”**: il veicolo diventa una unità di soccorso, in grado di operare in situazioni di emergenza (es. in seguito a terremoto, alluvioni, ecc.) a supporto delle squadre di soccorso. In questa condizione il veicolo sfrutterà funzionalità avanzate: comunicazioni più performanti attraverso l'uso combinato di tecnologie satellitari e terrestri, algoritmi avanzati di gestione dei dati per l'immediatezza di utilizzo delle informazioni, tecniche di realtà aumentata, possibilità di utilizzare percorsi privilegiati dedicati ai mezzi di soccorso.

L'Architettura del progetto EMERGE è mostrata in Figura 21 mentre le dotazioni del mezzo mobile EMERGE sono mostrate in Figura 22. Le connessioni funzionali tra gli apparati sono mostrate in Figura 23.

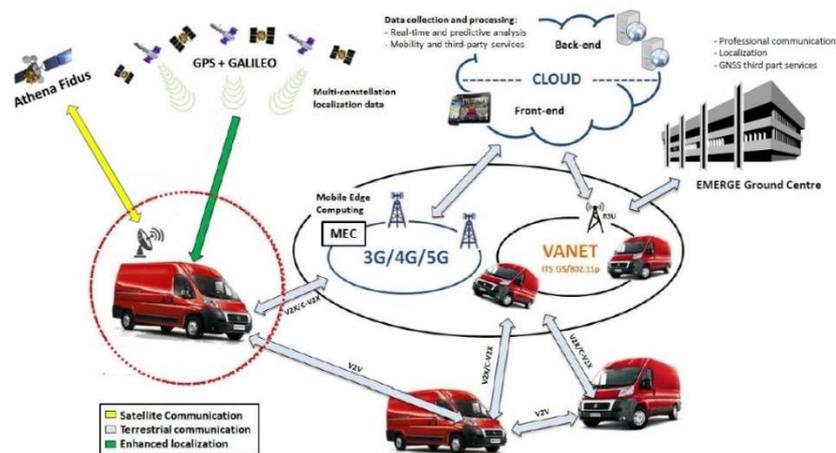


Figura 21 – Architettura del Progetto EMERGE

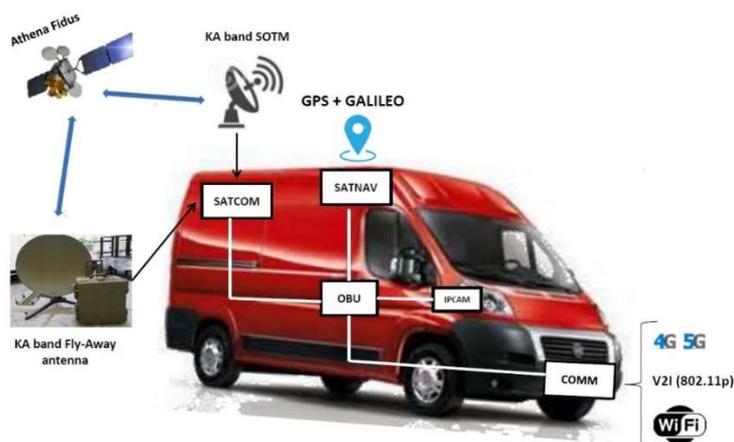
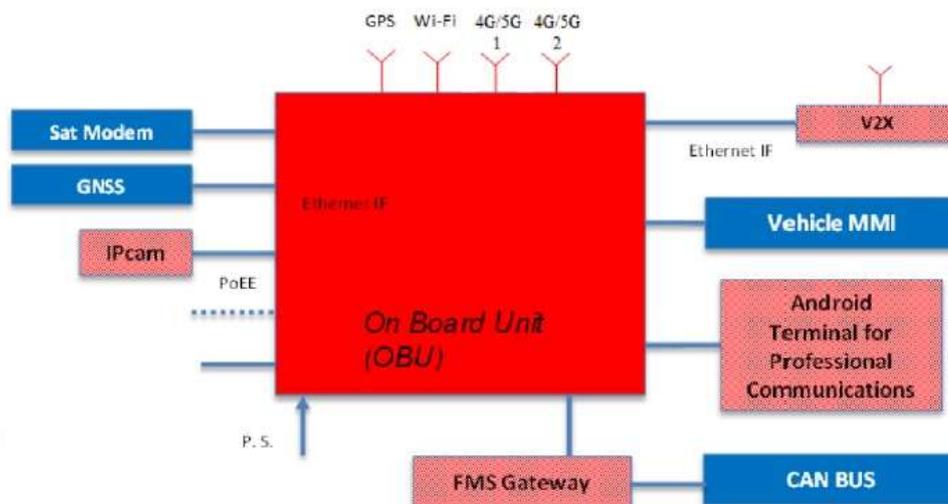


Figura 22 – Mezzo Mobile EMERGE



**Figura 23 – Apparati a bordo del Mezzo**

Il sottosistema SATNAV costituisce un sistema di localizzazione con un alto grado di accuratezza e integrità basato sui processi di integrazione e fusione dati con le informazioni fornite da un ricevitore GNSS multi costellazione (GPS + GALILEO), da dispositivi di bordo come l'Unità di Misura inerziale, il Tachimetro ed il Contachilometri e tramite le piattaforme di comunicazione.

Il focus di EMERGE sarà sulla progettazione e realizzazione di componenti HW / SW per veicoli per il calcolo a bordo della posizione precisa, e infrastruttura, per fornire servizi di navigazione a veicoli equipaggiati EMERGE e servizi GNSS a terzi.

L'attività EMERGE legata alla Navigazione prevede inoltre la progettazione, prototipazione e implementazione di algoritmi di localizzazione avanzati basati su GNSS (in particolare GALILEO con l'utilizzo della doppia frequenza) e sensori di bordo. E' inoltre previsto l'utilizzo di dati satellitari grezzi a supporto dei processi di navigazione.

Per ciò che riguarda la Comunicazione, il sistema EMERGE si concentrerà sull'uso combinato delle varie tecnologie di comunicazione terrestre attualmente disponibili, così come sul 5G e sulla comunicazione satellitare. Per gestire la molteplicità dei flussi radio, i protocolli di comunicazione e le caratteristiche dei canali utilizzati (ad es. il canale satellitare potrebbe avere una latenza maggiore), la soluzione sarà basata principalmente sulla tecnica Multipath TCP e verranno definite e sviluppate le architetture di rete di comunicazione veicolare V2X, in particolare per V2I, considerando le architetture protocollari consolidate e le evoluzioni previste.



**Figura 24 – Allarmi SatNav**

La comunicazione satellitare sarà garantita attraverso lo sviluppo di un'antenna "Satcom On The Move" da installare sul veicolo per operare con il segmento spaziale in banda Athena Fidus Ka (in futuro ItalGovSatCom) per fornire servizi come l'accesso a Internet per i mezzi di soccorso.

Infine, l'eterogenea architettura EMERGE richiede robustezza e affidabilità contro potenziali attacchi informatici, al fine di proteggere la comunicazione intra-veicolare e l'integrità delle informazioni di geolocalizzazione dalle intrusioni. Quindi il programma EMERGE richiederà un'analisi delle vulnerabilità e dei rischi dell'intero sistema, inclusi i sottosistemi di bordo e le comunicazioni veicolari, tenendo in considerazione l'ambiente operativo e seguendo la metodologia standard ISO 31 000 "Gestione del rischio".

### 3.4 Sistemi Satcom On The Move (SOTM) per l'Emergenza

Le telecomunicazioni satellitari in movimento richiedono terminali in grado di mantenere il puntamento del riflettore verso il satellite, durante il viaggio. I terminali dei Mezzi Mobili possono essere utilizzati su:

- Veicoli
- Imbarcazioni
- Aerei
- Treni

I Mezzi Mobili rappresentano un mercato enorme e il tipo di connessione è verso Teleporti come nodi di comunicazione. Il principale utilizzo del satellite per mobilità è per situazioni di Emergenza in zone dove non è disponibile connettività ma per Natanti, Treni ed Aerei, la connessione satellitare sarà la via preferenziale, e in molte applicazioni, sarà l'unica via possibile. Da qui nasce il concetto di Comunicazioni Satellitare in Movimento (Satcom on The Move) che negli ultimi anni ha costituito una fetta del mercato satellite notevole.

In tale settore la Elital negli ultimi anni è stata abbastanza attiva nella progettazione e realizzazione di Mezzi Satellitari Trasportabili su strada (vedi Figura 25



), nella realizzazione di Terminali Sat FlyAway per un veloce dispiegamento in caso di emergenza (vedi Figura 26) e nella progettazione di terminali avionici satellitari per aerei UAV (Unmanned Avionic Vehicle) anche chiamati RPA (Remoted Piloted Aircraft). In particolare la Elital ha progettato e realizzato un terminale Dual Band Ka ed EHF per uno studio di SegreDifesa per Aeronautica Militare (vedi Figura 27).





**Figura 25– Mezzi Satellitari Trasportabili Ku/Ka**



**Figura 26 – Terminale FlyAway tipo Trolley Ka**



**Figura 27 – Terminale SOTM Dual Band Ka/EHF**

Nel 2018 Elital ha collaborato alla progettazione di un terminale avionico da installare a bordo del velivolo UAV di costruzione nazionale come mostrato in Figura 28. La Elital ha affrontato ogni aspetto tecnico legato alla capacità del sistema di essere operativo in condizioni particolarmente ostili come basse temperature e con aria rarefatta ad alta quota.



**Figura 28 – Terminale Avionico Ku/Ka**

Su un sistema d'aereo UAV il terminale si trova a lavorare nelle seguenti condizioni:

- Mancanza di condizionamento;
- Mancanza di pressurizzazione;
- Capacità di mantenere la connessione su ampi angoli per consentire virate e volo di ricognizione in circolo;
- Essere leggero;
- Avere un basso consumo di energia;
- Essere «veloce»
- Essere Radiation Tolerant per volo in alta quota basato su SoC (System On Chip proprietario e completamente progettato e costruito in Italia).

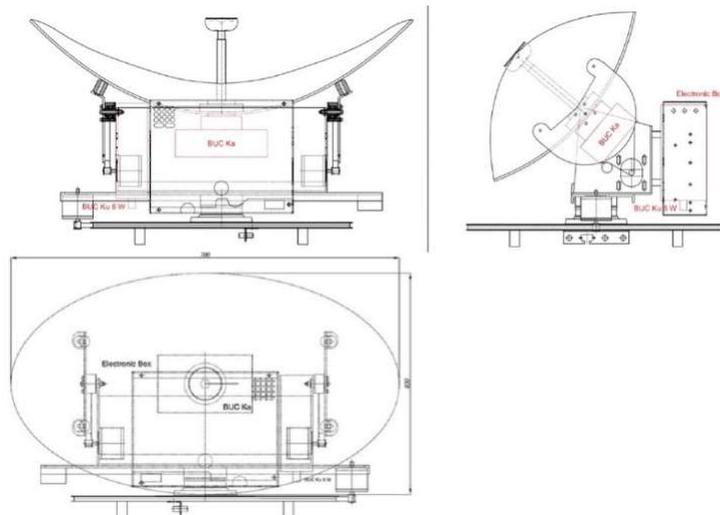
Per tale Progetto la Elital ha sviluppato un ricevitore di tracking particolarmente veloce e sensibile e un sistema di ACU Antenna Control Unit per comunicazioni in movimento tipo SOTM (vedi Figura 29).



**Figura 29 – Beacon Receiver Full Digital**

La Elital fa parte del consorzio Emerge (guidato da Radiolabs) insieme a Telespazio, Leonardo e Università dell'Aquila. Il progetto, finanziato dal MISE, è partito a Febbraio 2020 e per tale progetto la Elital fornirà i seguenti S/S:

- Antenna SOTM in banda Ka da montare sul mezzo Emerge (vedi Figura 30)
- Terminale Trolley in Banda Ka (vedi Figura 31)
- Integrazione di tutti gli apparati (Radiolabs, Leonardo, SATNAV, etc) a bordo del mezzo



**Figura 30 – Terminale SOTM Ka per Emerge**



**Figura 31 – Terminale Trolley Ka per Emerge**

#### 4. CONCLUSIONI

Questo articolo sintetizza il contributo che ha dato il Workshop del 9 Luglio 2020, organizzato dalla Commissione Aerospazio dell'Ordine degli Ingegneri di Roma e dall'Istituto Italiano di Navigazione, nell'evidenziare l'innovazione che si sta introducendo nel mondo del trasporto e della navigazione attraverso l'utilizzo dei servizi spaziali, prettamente di telecomunicazioni e di navigazione.

E' stata sottolineata l'importanza di un'infrastruttura satellitare ad alta integrità per facilitare le comunicazioni in movimento mediante l'utilizzo dei satelliti HTS GEO multibeam (sia per comunicazioni marittime e aeree che per emergenza) e l'adozione del posizionamento GNSS in applicazioni sinergiche e complementari come i sistemi di controllo dei treni e i veicoli a quattro ruote a guida autonoma.

Le comunicazioni in mobilità si concentreranno sempre di più sull'uso combinato delle varie tecnologie di comunicazione attualmente disponibili, come il 5G, il WiFi, le comunicazioni satellitari sia in mobilità che PNT (Positioning, Navigation and Timing). L'industria stimola le applicazioni in mobilità con tecnologie sempre più innovative ivi inclusa la tecnologia LoRa-edge per applicazioni IoT e Situational Awareness.

I primi risultati ottenuti nell'ambito dei progetti europei in ambito GNSS quali RHINOS e HELMET hanno stimolato ulteriori ricerche e innovazioni per sfruttare le sinergie con le applicazioni di auto autonome immaginando una roadmap comune per realizzare una rete di Augmentation multimodale a beneficio di entrambe le applicazioni.

Sono in corso lavori per dimostrare la fattibilità tecnica ed economica della rete per Mobilità su strada che è oggetto dell'iniziativa EMERGE coordinata da Radiolabs (con Telespazio, Elital, Università dell'Aquila, e FCA) in collaborazione con il settore automobilistico. Il progetto Emerge è menzionato tra gli "use cases" del dominio Road del nuovo GNSS User Technology Report, a pag. 59 (vedi Figura 32).

Per le suddette ragioni la Commissione Aerospazio dell'Ordine Ingegneri di Roma e l'Istituto Italiano di Navigazione hanno promosso il Workshop del 9 Luglio 2020 , da cui scaturisce questo articolo, ed altre iniziative verranno proposte prossimamente nel 2020 e nel 2021.

### IN THE ROAD SECTOR, 5G SUPPORTS THE MOVE TOWARDS FURTHER AUTOMATION

Increasingly vehicles are connected to the Internet and to each other as automotive technology advances towards higher levels of automation. Driver-assisted and driverless cars need real-time safety systems that can exchange data with other vehicles and fixed infrastructure around them. This drive towards full automation and ambient intelligence generates increased communication needs and poses significant challenges to the underlying communication systems, as information must reach its destination reliably within a short time frame; beyond what current (up to 4G) wireless technologies can provide.

5G is expected to enable low-latency communications between vehicles (V2V), between vehicles and roadside infrastructure (V2I), with a back-end server (e.g. from a vehicle manufacturer or other mobility service providers), with the Internet (V2N), with a pedestrian (V2P), and in other use case scenarios. As such, 5G is a key enabler of future mobility and transportation services.

Three examples highlight that the mobile communications industry and the automotive industry are interwoven, jointly providing new capabilities and functionality for upcoming road safety services and future driving. These use-cases also present the way in which they cooperate; the automotive industry-composed consortium **SGAA**, the H2020 project **SGCAR** and the case study **EMERGE**.

**SGAA**

In 2016 key players of the automotive, technology, and telecommunications industries established the 5G Automotive Association (SGAA) global organisation. SGAA provides a platform for cooperation and common vision sharing in relation to the development of 5G-based end-to-end solutions, focused on the mobility and transportation sector.

More than 130 companies have now joined SGAA, including automotive manufacturers, tier-1 suppliers, chips/communication system providers, mobile operators and infrastructure vendors.

More information at: [Sgaa.org](http://Sgaa.org)



**SGCAR**

SGCAR ([Sgcar.eu](http://Sgcar.eu)) is a 26-month project funded by the European Commission, in the frame of the 5G Infrastructure Public Private Partnership (5G PPP) that ended in June 2019.

5G's low latency and high bit-rate as enablers of connectivity, autonomy, and provision of safety services were at the core of the research of SGCAR. Specifically, technology components for the broadcast of assisted GNSS data through 5G communications were developed, for enabling enhanced positioning in the cases of automated vehicles and vulnerable road user protection.

An end-to-end optimised 5G network for V2X communications (vehicle-to-pedestrian, vehicle-to-vehicle, vehicle-to-network, vehicle-to-mass-transit and vehicle-to-infrastructure) was designed, developed and tested, with recommendations for a path to global deployment/adoption and standardisation of the developed solutions made.

Further information is available at: [5g-ppp.eu](http://5g-ppp.eu)



**EMERGE** is an Italian national initiative, exploring the possibilities offered by combining GNSS and 5G, with a focus on connected vehicles. Launched in January 2020 for a duration of 36 months, the project will develop a solution integrating GPS-Galileo-based multi-constellation and multi-sensor fusion for localisation, 5G enabled V2X vehicular communication technologies, and cybersecurity techniques for protecting all vehicular communications.

The aim of EMERGE is the development, prototyping and test of innovative solutions to allow connected vehicles to operate in daily or emergency scenarios. In particular:

- Geo-localisation of the vehicle with satellite multi-constellation (GPS+Galileo), augmentation algorithms and data-fusion with on-board sensors;
- Communication inter and intra vehicles by integrating cellular, satellite public networks, and 5G;
- Cybersecurity for enhancing security on intra and inter vehicular communications and ensuring integrity on data for vehicle positioning;
- Cloud/Edge computing by developing and implementing algorithms to identify and avoid potential hazards.

Field trials will be carried out with commercial vehicles equipped with a prototype in the city of L'Aquila, where a 5G technology experimentation is underway considering two operational scenarios (nominal/everyday and emergency situations).

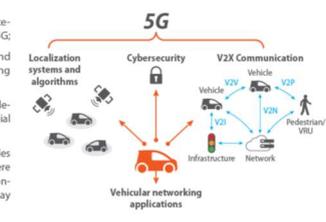


Figura 32 – GNSS User Technology Report page 59

## 5. RIFERIMENTI

- [1] Commissione Aerospazio dell'Ordine Ingegneri Roma e Istituto Italiano di Navigazione IIN – Workshop su Applicazioni Satellitari in Ambito Navigazione e Trasporti (9 Luglio 2020)
- [2] GNSS - GNSS User Technology Report - Issue 3 - European GNSS Agency - (Luglio 2020)