

Nuove Prospettive Tecnologiche e di Servizio per l'Areospazio

di Giovanni Nicolai



Figura 1 - Da Geospatial World April 2016.

Queste piccole missioni sono attraenti a causa della loro riduzione di budget e tempi di sviluppo. E ora il termine piccolo satellite non implica unicamente il satellite educativo o ricreativo ma si estende a prospettive commerciali e di business per un gran numero di industrie e grandi aziende di servizio tra cui Google e Space X. La diffusione dei piccoli satelliti,

unitamente al miglioramento tecnologico dei payload e alla miniaturizzazione dei satelliti, ha aperto nuove opportunità commerciali per i servizi di telecomunicazione e osservazione della Terra. Contrariamente alla loro dimensione, la quantità di dati acquisita da questi piccoli satelliti è grande e sempre crescente. I sistemi esistenti di aggregazione dei dati come Copernicus o GEOSS beneficeranno direttamente di un aumento dei dati dalla capacità di trasmissione dei micro-satelliti. Ciò avrà un impatto sulla quantità di dati disponibili per alcune applicazioni come il cambiamento climatico, il monitoraggio delle risorse agricole e dell'inquinamento. I piccoli satelliti sono dislocati su orbite basse LEO (Low Earth Orbit) tra 400 Km e 800 Km rispetto alla superficie terrestre ed hanno un tempo di visibilità dalla stazione di terra ricevente nell'ordine di 8-15 minuti. In questo breve periodo, tutte le informazioni raccolte lungo un'orbita piena devono essere scaricate alla stazione di terra. Il collo di bottiglia di questo sistema è la

I progressi nella tecnologia hanno spinto la comunità spaziale a concentrarsi sulla miniaturizzazione dei satelliti convenzionali, rendendo i piccoli satelliti sempre più popolari ogni giorno e negli ultimi anni sono stati lanciati diversi piccoli satelliti (nano, micro e mini) la cui caratterizzazione è mostrata in Figura 1.

velocità con cui i dati raccolti vengono trasmessi al recettore del segmento del terreno. La Bit Rate di trasmissione massima raggiunta ad oggi da queste missioni di nano e micro satelliti è di circa 100 Mbps. La frequenza più utilizzata per la trasmissione dei dati è la banda X a 7-8 GHz mentre la banda S è stata normalmente utilizzata per telemetria e telecomando e per il controllo di assetto. Quindi c'è grande sviluppo di tecnologie COTS¹ (Commercial Off The Shelf) per aumentare la capacità di trasmissione fino a 500-1000 Mbps anche a bordo di tali piccoli satelliti mediante:

- ▶ Standardizzazione di Nano satelliti;
- ▶ Utilizzo di bande di frequenza meno affollate quale la banda Ka (26 GHz) e tecnologie SDR2;
- ▶ Utilizzo di tecnologie fotoniche per l'elaborazione a bordo del segnale e di sistemi di trasmissione ottica del segnale;

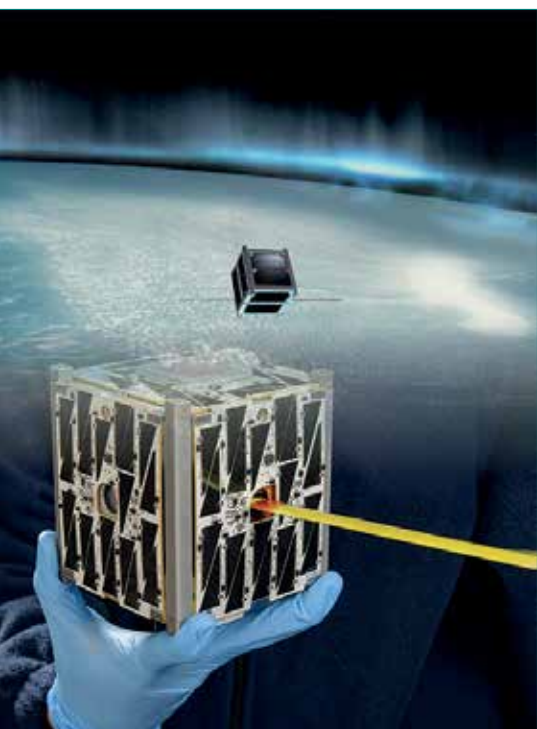


Fig. 2 - Nano Sat.

- ▶ Utilizzo di sensori/telecamere ad alta definizione.

Un altro aspetto importante di questa rivoluzione tecnologica è l'integrazione di questi piccoli satelliti e loro costellazioni con la rete mobile terrestre 4G/5G per fornire servizi quali:

- ▶ Disseminazione dei Dati verso utenza finale;
- ▶ Realizzazione di Centri Servizi integrati con la Rete 5G;
- ▶ Applicazioni Android per la disseminazione dei Dati.

Standardizzazione di NanoSatelliti

Proprio come gli smartphone, i satelliti stanno diventando sempre più piccoli e migliori. I Nanosatelliti oggi possono fare quasi tutto ciò che un satellite convenzionale fa, e anche a una frazione del costo. E sebbene nessuno contesta che i piccoli satelliti non possono sostituire i più grandi satelliti convenzionali a causa della risoluzione pura di pixel che quest'ultima offre, sia organizzazioni governative che start-up stanno cercando di ottenere un pezzo della torta anche di piccole dimensioni. Solo nel 2016 sono stati lanciati circa 300 satelliti con peso compreso tra 1 e 50 kg.

La realizzazione ed il successo di satelliti basati su componenti commerciali è un primo indizio comunque della necessità di un cambio di tecnologie. Le varie iniziative private negli Stati Uniti, tese sia a ridurre drasticamente il costo di lancio dei satelliti che a diminuirne il costo del ciclo di vita, hanno portato alla standardizzazione dei satelliti CubeSat che rientrano nella tipologia dei NanoSat (vedi Figura 3).

I Nano Satelliti sono nati come uno strumento di grande utilità

nei progetti di didattica avanzata nel settore spaziale ma, grazie alla continua miniaturizzazione delle componenti elettroniche, hanno presto cominciato ad avere capacità simili a quelle dei satelliti più grandi e hanno attratto l'attenzione di altri soggetti del mondo aerospaziale per applicazioni di Tele Comunicazione e Osservazione della Terra.

Il breve tempo che passa dal progetto alla realizzazione di un micro satellite consente di utilizzare componenti e carichi utili allo stato dell'arte. Inoltre la standardizzazione, in particolare nella classe Cubesat, ha prodotto due grandi vantaggi: innanzitutto l'esistenza di una vasta comunità di operatori che lavora sulla stessa piattaforma e affronta problemi simili offrendo soluzioni che vengono ampiamente condivise via web. Un secondo vantaggio è che la standardizzazione ha prodotto automatismi nell'integrazione nei lanciatori. Esistono diversi lanciatori (Vega, PSLV, Dniepr) che accettano cubesat anche a pochi mesi dal lancio se questi vengono rilasciati dal sistema standard (il PPOD).

Le controindicazioni sono legate soprattutto alle potenze elettriche che possono essere rese disponibili (piccoli satelliti = poca superficie per i pannelli solari) un punto critico è proprio la mancanza di lanciatori dedicati. Attualmente il lancio di Nano Satelliti è subordinato alle esigenze dei carichi principali.

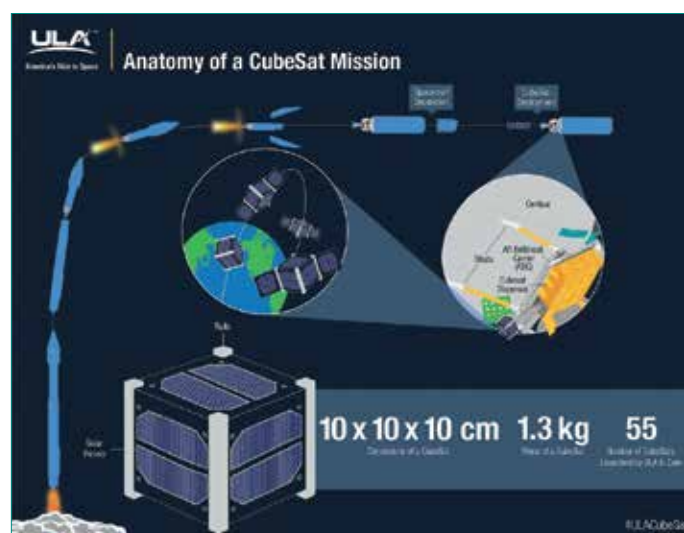


Fig. 3- Standard CubeSat.

Constellazioni di NanoSatelliti

Un esempio di costellazione di CubeSat è fornito da Planet Labs che è una società privata per la raccolta delle immagini della terra con sede a San Francisco. L'azienda progetta e produce satelliti in miniatura Triple-CubeSat (3U) che vengono rilasciati in orbita bassa (LEO) da lanciatori non dedicati con altre missioni principali a bordo.

Ogni satellite di osservazione (Cubesat 3U) analizza continuamente la Terra ed invia i dati una volta che passa sopra

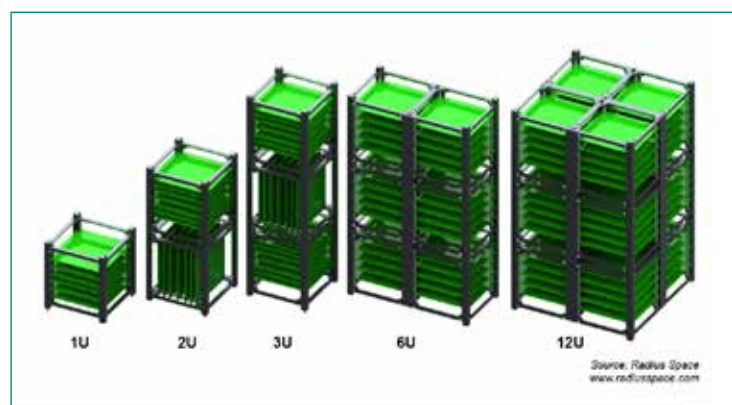


Fig. 4- Tipologia Satelliti CubeSat.

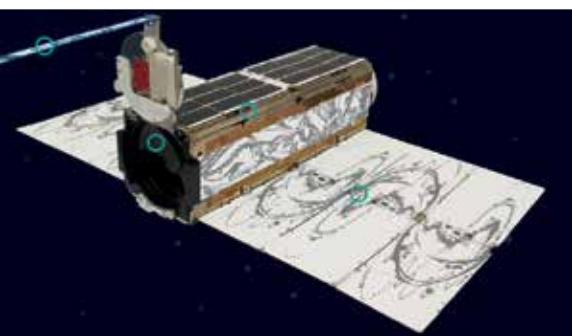


Fig. 5- Planet CubeSat.

una stazione di terra. Insieme i satelliti formano una costellazione che

fornisce un'immagine completa della Terra ad una risoluzione ottica di 3-5 metri. Piccole dimensioni e un costo relativamente basso hanno consentito all'azienda di prototipare e testare nuovi progetti, evitando la perdita di un patrimonio importante nel caso di fallimento di un lanciatore satellitare.

Le immagini raccolte dai satelliti CubeSat 3U (chiamati Doves) forniscono informazioni up-to-date rilevanti per il monitoraggio del clima, le previsioni per l'agricoltura, la pianificazione urbana e per far fronte ai disastri.

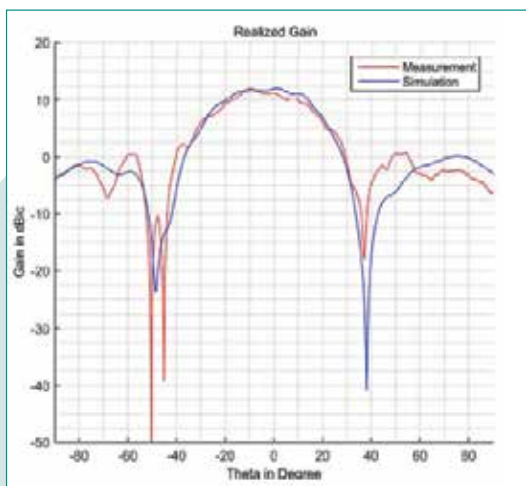


Fig. 6- Sistema di Comunicazione a 26 GHz (Estratto dal rapporto finale 2016-11-18_LEO26SG).

Planet Labs ha lanciato dal 2010, quando è nata, circa 100 satellite cubesat 3U di cui sono oggi operativi circa 30, considerando una vita media di 3 anni dei Cubesat 3U.

Utilizzo della Banda KA e tecnologie SDR

Sull'utilizzo di nuove tecnologie COTS applicabili ai NanoSat si segnalano, per applicazioni di Osservazione della Terra EO (Earth Observation), gli avanzati sviluppi nei seguenti campi:

► Banda Ka a 26 GHz in quanto è meno congestionata e fornisce una larghezza di banda 4 volte maggiore della banda X. Il rapporto finale del gruppo di esperti 2016-11-18_LEO26SG dice: *“La frequenza di 26 GHz è un'opzione valida per comunicazioni dirette a terra da veicoli spaziali a orbita bassa (LEO). I pianificatori di missione possono trascurare la frequenza di 26 GHz a causa della non familiarità, dei rischi percepiti o della facilità di implementazione di una missione utilizzando un approccio standard. Non avendo preso in considerazione l'utilizzo della banda a 26 GHz, però, le missioni potrebbero mancare le opportunità offerte da frequenza più alte”*. Le funzioni generiche di un sistema di comunicazione a 26 GHz sono illustrate nello schema a blocchi di Figura 6 (estratto dal rapporto finale 2016-11-18_LEO26SG).

Su programmi ESA si stanno sviluppando antenne compatte Ka (antenne patch array con dimensioni 20x20 mm) e apparati RF a basso costo (LNA [Low Noise Amplifier] e SSPA [Solid State Power Amplifier]) da installare sui satelliti NanoSat per illuminare la stazione ricevente terrestre con larghezze di fascio sufficienti (vedi Figura 6) du-



Fig. 7- Diagramma Radiazione Antenna 26 GHz.

rante il passaggio in visibilità sull'orbita LEO (8-15 minuti); inoltre i prossimi SSPA in GaN (Gallium Nitride) diventeranno presto una soluzione molto più attraente poiché la loro efficienza e la potenza di uscita (circa 10 W) in genere raddoppieranno le performance dei precedenti SSPA in GaAs (Gallium Arsenide) già esistenti; Utilizzo di Tecnologie di Comunicazione SDR con l'utilizzo di Modem basati su processori FPGA (Field Programmable Gate Array) programmabili per l'elaborazione del segnale e che forniscono un sistema di comunicazione capace di adattarsi alle condizioni meteorologiche con modulazioni flessibili variabili da 8PSK fino a 64 APSK (Phase Shift Keying) mediante l'utilizzo di Modulazioni e Codici Adattativi (ACM [Adaptive Code Modulation] e VCM [Variable Code Modulation]) molto robusti;

Altre tecnologie per la elaborazione dei dati a bordo

Altre promettenti tecnologie per aumentare la Bit Rate di Trasmissione derivano da:

- Utilizzo della tecnologia Fotonica per l'elaborazione dei dati (immagini ad alta definizione raccolte dai sensori e telecamere) a bordo del Nano/Micro Sat;
- Utilizzo di Link Ottici di Trasmissione per i collega-

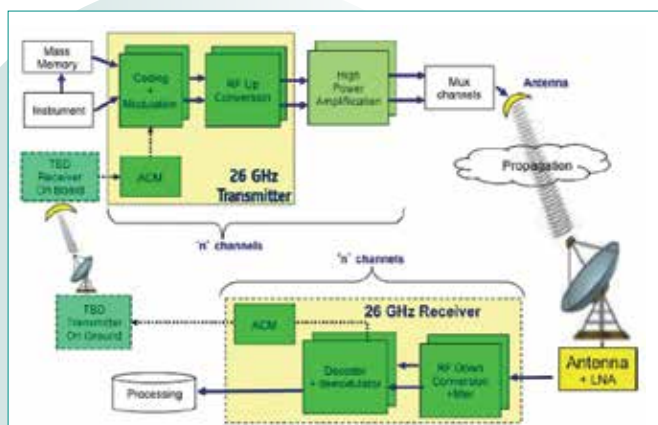


Fig. 8 - Scheda FPGA.

menti con altri satelliti ISOL (Inter Satellite Optical Link) per la raccolta dei dati anche come alternativa all'utilizzo della Radio Frequenza;

- ▶ Telecamere/Sensori Iperspettrali;
- ▶ Sistemi di Elaborazione, Compressione e ▶ Immagazzinamento dei Dati a bordo.

Integrazione con la rete terrestre 4G/5G e sviluppo dei servizi

L'integrazione della Rete Satellite con quella Terrestre 4G/5G può creare diverse opportunità di Servizio ed Applicazioni mirate all'Utente mobile. Lo schema ar-

chiteturale di tale rete è mostrato in Figura 9. Con tale architettura si potrebbero realizzare diversi Servizi ed Applicazioni, quali:

- ▶ Moduli SDR per integrazione flessibile di funzionalità NavCom e ComSec;
- ▶ Moduli SDR per funzionalità di Controllo ▶ Configurazione di volo e assetto degli small-sat;
- ▶ Moduli SDR per funzionalità di comunicazione terra-spazio e spazio-spazio (ISL);
- ▶ Moduli HW basati su prodotti COTS e/o uso di FPGA;
- ▶ Smart Gateway terrestri rilo-

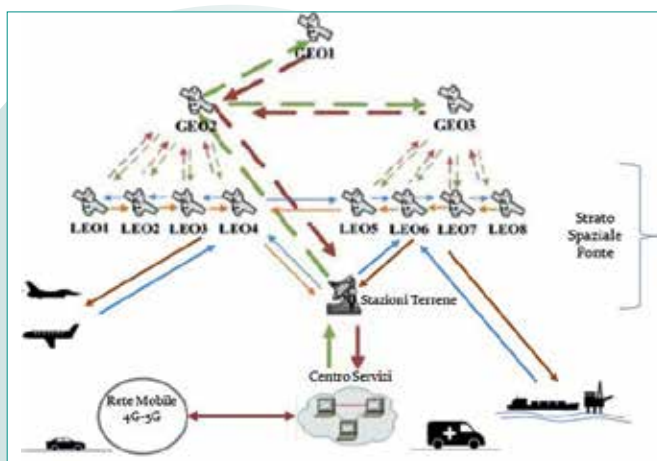


Fig. 9 - Architettura di Rete Spazio-Terra.

cabili e/o fisse come interfaccia per centri servizi e/o rete cellulare terrestre 4G/5G;

- ▶ Elaborazioni Dati Ricevuti dagli Smallsat;
- ▶ Disseminazione dei Dati verso utenza finale;
- ▶ Realizzazione di Centri Servizi integrati con la Rete 5G;
- ▶ Applicazioni per la disseminazione dei Dati.

Il futuro dei servizi e delle applicazioni satellitari si misurerà dalla capacità di integrare diverse tecnologie, costellazioni e segmenti spaziali (GEO [Geostationary Earth Orbit], MEO [Medium Earth Orbit], LEO [Low Earth Orbit]) con la Rete Terrestre di futura generazione per arrivare direttamente all'Utente.

BIBLIOGRAFIA

1. Low-Earth Orbit (LEO) 26 GHz K-band Study Group - Final Report November 2016
2. Geospatial World - Report April 2016
3. Seminario internazionalizzazione e Aerospazio Dicembre 2016
4. Lightweight and Cost Efficient Spaceborn Patch Antenna 2016 IEEE

NOTE DELLA REDAZIONE

Il presente articolo è stato già pubblicato su IoRoma- www.iorama.info Rivista dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma".

PAROLE CHIAVE

OUTLIERS; CONVEX HULL PEELING; CLUSTERING; DISEGUAGLIANZA DI CHEBYCHEV; SCARTO QUADRATICO MEDIO

ABSTRACT

Advances in technology have split the space community to focus on the miniaturization of conventional satellites, making smaller satellites increasingly popular every day and in recent years several small satellites have been launched (nano, micro and mini).

AUTORE

GIOVANNI NICOLAI
NICGIO65@GMAIL.COM
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI ROMA