

ABSTRACT

L'epoca delle comunicazioni via satellite iniziò negli anni '60 con l'impiego di frequenze che ricadevano nella cosiddetta "banda C" (4/6 GHz). Fu poi l'Italia, negli ultimi anni '70, a cogliere le potenzialità offerte dalle bande di frequenze più elevate, attuando il programma sperimentale SIRIO, il quale fece per la prima volta impiego di frequenze che si collocavano nella "banda Ku" (12/14 GHz), quelle, per intenderci, che vengono oggi comunemente utilizzate per la diffusione via satellite.

Grazie al SIRIO l'Italia si connotò come pioniere a livello mondiale dell'utilizzo delle bande di frequenze più alte. Verso la fine degli anni '80, l'Italia ebbe modo di rinnovare questa vocazione grazie al nuovo programma sperimentale pre-operativo ITALSAT il quale faceva uso, per la prima volta al mondo (insieme al satellite Americano ACTS), di frequenze nella "banda Ka" (20/30 GHz), le quali, dopo vent'anni con il recente lancio del sistema Eutelsat KA-SAT, sono ormai diventate di impiego commerciale.

Con la successiva iniziativa dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) di sperimentare in orbita frequenze ancora superiori (ovvero i 40/50 GHz della cosiddetta "banda Q/V"), è la terza volta dopo SIRIO e ITALSAT che l'Italia viene a trovarsi all'avanguardia della tecnologia delle comunicazioni satellitari.

Lo stimolo ad esplorare portanti a frequenze superiori alla banda Ku (12-14 GHz) nasce dall'esigenza di garantire un'elevata banda frazionale e dalla necessità di liberare bande di frequenze inferiori ormai sature [1]. Purtroppo, tale vantaggio è contrastato dall'aumento degli effetti atmosferici su ampiezza, fase e polarizzazione del segnale trasmesso tali da ridurre drasticamente la disponibilità del canale stesso in condizioni meteorologiche severe (e. g. [2]-[3]-[4]).

Al fine di analizzare e quantificare i fenomeni di degradazione delle prestazioni del canale spaziale in banda Ka (20 GHz) e Q (40 GHz), l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) ha programmato il lancio del satellite AlphaSat nel 2012, prevedendo anche un esperimento di radiocomunicazioni, denominato TDP5 (*Technology Demonstrator Payload 5*) e proposto dalla comunità italiana [5].

I principali vantaggi che si prevede di conseguire tramite l'impiego della banda Q/V sono da una parte le elevatissime larghezze di banda e le conseguenti economie di scala, e dall'altra la possibilità di utilizzare terminali utente con antenne più piccole di quelle odierne.

A tal proposito, presso il Laboratorio di Microonde dell'Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione (ISCTI - Ministero dello Sviluppo Economico - Dipartimento per le Comunicazioni - Roma), è in fase di sviluppo una stazione di ricezione del segnale AlphaSat in banda Q progettata in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni (DIET) dell'Università "Sapienza" di Roma e con la Fondazione Ugo Bordoni (FUB).

Per la realizzazione del ricevitore sono stati utilizzati componenti di una stazione ricevente, non più in uso, dedicata a precedenti esperimenti di propagazione. Ciò da una parte ha comportato un grande vantaggio dal punto di vista economico ma dall'altra ha imposto vincoli nelle scelte progettuali, che hanno condotto alla configurazione di sistema descritta.

Nel primo capitolo della tesi si offre una panoramica generale sui sistemi di comunicazioni satellitari, descrivendo in particolare, tra le altre, l'orbita del satellite geostazionario.

Nel secondo capitolo si introducono i parametri caratteristici e gli effetti della radiopropagazione in atmosfera, descrivendo, mediante i modelli ITU-R, le principali cause di attenuazione presenti nel collegamento satellite-Terra, quali ad esempio quelle dovute ai gas atmosferici e alle idrometeore.

Nel terzo capitolo si riporta il dimensionamento (*link budget*) in banda Q della tratta satellite AlphaSat-terra (eseguito mediante un programma di simulazione in ambiente MatLab®) e si presenta il relativo sistema ricevente in fase di sviluppo presso il Laboratorio di Microonde dell'ISCTI. Si descrivono inoltre le caratterizzazioni dei principali componenti del ricevitore, riportandone i risultati delle misure al banco.

In particolare si è visto che l'antenna in uso limita a meno di 2 dB la variazione del livello ricevuto per moto apparente del satellite entro circa ± 1 grado e ciò ha consentito di evitare l'uso del *tracking* per l'antenna, accettando di tollerare la conseguente piccola degradazione del segnale ricevuto.

Ovviamente le prestazioni verificate al banco, pur dimostrando la validità della soluzione proposta, rimangono sempre migliorabili con la tecnologia oggi disponibile, in particolare per quanto riguarda l'antenna e l'amplificatore RF a basso rumore, che determinano in gran parte le prestazioni globali del sistema ricevente.

Dopo la messa in orbita del satellite AlphaSat e una volta confermate le prestazioni del payload *TDP5*, si presume che l'indisponibilità del collegamento con l'utilizzo di questo ricevitore potrà attestarsi tra lo 0,2 e lo 0,3% del tempo annuo. Tale verifica finale potrà essere fatta dopo un congruo periodo di registrazione dei dati acquisiti.

La presente tesi comprende anche, nel quarto capitolo, la caratterizzazione di un radiometro a 90 GHz destinato ad effettuare, in parallelo con il ricevitore a 40 GHz, stime di attenuazione supplementare, ottenute da osservazioni della temperatura di brillanza della medesima zona d'atmosfera interessata alla propagazione mediante appositi algoritmi di inversione.

In particolare la caratterizzazione ha riguardato il selettore di polarizzazione ortogonale, la rete selettiva in guida d'onda e il gruppo mixer con isolatori tramite un analizzatore vettoriale di rete per la misura dei parametri di scattering fino a 110 GHz.

Ai capitoli segue l'appendice in cui si espongono il metodo del fattore "Y" utilizzato nella misura della cifra di rumore (A.1) e gli effetti della zona di campo vicino sulla misura del guadagno di un'antenna (A.2). Inoltre è allegato l'articolo (A.3), sintesi di questo lavoro di tesi, presentato al COST Action IC0802 - "*Propagation tools and data for integrated Telecommunication, Navigation and Earth Observation systems*", tenutosi dal 28 al 30 settembre 2011 presso l'Istituto di fisica atmosferica di Praga (Repubblica Ceca).

Il listato in ambiente MatLab® utilizzato per dimensionare la tratta satellite AlphaSat-terra può essere visionato in fondo alla tesi.

Tutti gli schemi a blocchi, i dati, i risultati delle misure, i relativi grafici prodotti e una copia della presente tesi sono raccolti in un cd – rom allegato.