



RECEPTOR VSAT D'ONES MIL·LIMÈTRIQUES PER LA MESURA DE FADING DE PLUJA I OBTENCIÓ DE MESURES RADIOMÈTRIQUES A 40 GHZ

Sergi Morell i Jordi Romeu.

Aquest article descriu un receptor experimental dissenyat per mesurar l'atenuació resultant de la propagació d'ones electromagnètiques a través de l'atmosfera terrestre en diferents situacions meteorològiques, així com la caracterització del soroll de fase que inevitablement apareix sobre la freqüència portadora a causa de les turbulències i ha estat una de les grans limitacions de coherència de fase en sistemes de comunicació unidireccionals.

El sistema incorpora també un radiòmetre que possibilita l'obtenció de mesures radiomètriques, és a dir, informació sobre la temperatura d'antena.

Aquesta experiència es porta a terme en una cooperació entre UoP (University of Portsmouth, UK) i la ETSETB (UPC).

Descripció del sistema de mesura

Per dur a terme la investigació, es disposa d'un enllaç descendent on l'estació receptora rep un senyal de freqüència 39.592 GHz, transmès pel satèl·lit experimental ITALSAT-1 (PIRE=31.5 dBW en direcció Barcelona), l'òrbita geoestacionària del qual es troba localitzada 13° longitud Est per sobre de l'equador.

SERGI MORELL i JORDI ROMEU, són projectista i professor respectivament del Dept. de teoria del senyal i comunicacions, grup d'antenes. ETSETB(UPC).

Com que els requisits de menor soroll de fase en comunicacions de microones i sistemes de sensors remots són cada vegada més ajustats, la última limitació del soroll de fase i jitter de freqüència és el medi de propagació. Aquest medi (sigui cel clar o pluja) és en un estat de turbulència altament variant, tot el contrari del fluxe laminar. El resultat de tot això sobre la propagació d'una ona electro-magnètica és que si no s'envia alguna forma de senyal de referència cap el terminal receptor (i això no sempre és possible), el nivell de jitter de fase imprès sobre la senyal portadora ha de ser mesurat i comparat amb càlculs teòrics existents.

Que el medi de propagació limita la coherència de temps de la portadora, fa temps que es va reconèixer, però s'escapava de les mesures experimentals perquè el soroll de fase dels oscil·ladors transmissors, en molts dels sistemes de comunicacions recents, excedia la fase o «soroll de propagació FM».

La recerca per investigar i quantificar experimentalment aquest tipus de soroll FM de baix nivell continua.

Un cop el soroll de fase dels sistemes comercials, aconseguixi aquest baix nivell, s'oferirà la possibilitat de, per exemple, fer comunicacions digitals coherents molt ràpides, amb re-sincronitzacions espaiades cada desenes o fins i tot centenens de segons.

Per altra banda, l'estudi de l'atenuació que l'atmosfera terrestre produeix, a la banda de freqüències de 40 GHz, és de gran interès ja que la progressiva saturació del espectre radioelèctric, comporta la utilització de freqüències cada vegada més elevades. La UIT-R ha planificat que les bandes de 20 GHz i 30 GHz per a les comunicacions espacials s'han d'ampliar en les

A causa de l'absorció dels gasos atmosfèrics i els fenòmens meteorològics, a les bandes de 40 GHz i 50 GHz, el senyal es veu molt afectat per l'atenuació i el centelleig.

pròximes dècades, i s'atribuiran bandes de 40 GHz i 50 GHz pel funcionament d'aquests sistemes. A causa de l'absorció dels gasos atmosfèrics i els fenòmens meteorològics, en aquestes freqüències el senyal es veu molt afectat per l'atenuació i el centelleig.

Per caracteritzar el canal, s'està duent a terme en diferents països europeus experiments usant balises de 20, 40 i 50 GHz del satèl·lit ITALSAT.



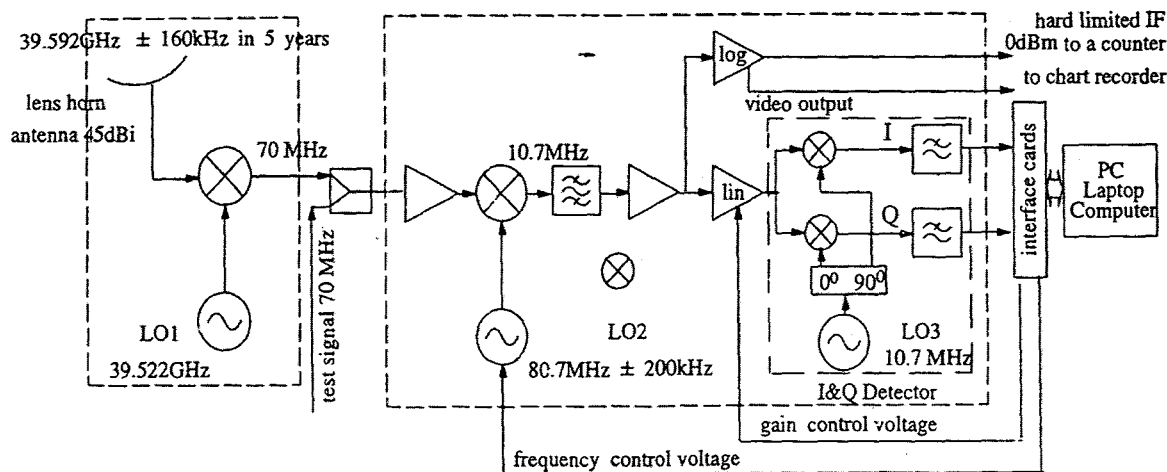


Figura 1. Diagrama en blocs de l'estació portable.

El diagrama en blocs corresponent a l'estació transportable compacte, es mostra a la figura 1.

Consisteix en tres etapes principals:

L'etapa frontal de microones, compactat al voltant d'una antena botzina ($D=50$ cm) de 45 dB de guany, utilitza un oscil.lador local d'ultra baix soroll de fase especialment dissenyat que converteix la portadora a una freqüència intermitja (f_1) de 70 MHz. Aquest oscil.lador, descrit més tard amb més detall, és seguit per un multiplicador $\times 4$ comercial, donant la $f_{\text{ol1}}=39.522$ GHz que governa el primer mesclador.

La primera f_1 de 70 MHz passa per tres amplificadors en cascada, per donar un rang dinàmic capaç de suportar condicions de tempesta (nivell mínim de senyal) i de cel clar (nivell màxim), donant un nivell acceptable a la sortida de l'etapa de frontal.

La següent etapa és la de freqüència intermitja, on el senyal rebut és immediatament convertit a una segona f_2 de 10.7 MHz mesclant els 70 MHz entrants amb un VCO de $f_{\text{ol2}}=80.7$ MHz.

Aquesta segona f_2 s'envia a un filtre centrat a 10.7 MHz i d'ample de banda a 3 dB de 1 KHz per després extreure'n les components en fase i quadratura (I&Q) en banda base.

Una segona característica important d'aquest receptor, és que opera en llaç obert, i no hi ha captura de la fase de portadora. La detecció en fase i quadratura (I&Q), s'usa per emprar la tècnica que permet extreure les components d'amplitud i fase de soroll (nivell de senyal i fluctuacions de temps) en banda base fins i tot en presència de senyals de batec que apareixen a la sortida del receptor (la freqüència final en banda base mai és exactament 0 Hz, sinó que es situa a 10 Hz).

La única imposició, és una freqüència d'adquisició suficientment ràpida a la sortida del I&Q, de manera que el canvi de fase en mostres successives és menor de pi radiants.

La freqüència de polsació exacte a la sortida del I&Q, serà calculada per una tercera etapa (interface electrònic i ordinador) que periòdicament dirigeix el segon oscil.lador (f_{ol2}) cap a senyals de batec raonablement baixes (idealment 10 Hz).

El mètode I&Q o el mètode de demodulació complexa, requereix retards de grup ben balancejats (iguals) sobre les bandes superior i inferior del filtre passa banda d'ample de banda de 1 KHz i sobre l'I&Q en banda base (filtres passa baixes de Bessel de $f_c=30$ Hz).

La tercera etapa del receptor consisteix en una caixa interface electrònica i un ordinador portàtil. La caixa conté dues targetes de control, una dur a terme l'adquisició simultània essencial de les sortides del I&Q i l'altre multiplexa les mostres (preliminàriament emmagatzemades) i les transfereix directament al disc dur de l'ordinador. Des d'aquest moment, les operacions del receptor són conduïdes per un menú, i apart del manteniment de les línies de control, les principals característiques són: mode de manipulació de dades (normal, interrupció o DMA), selecció de canal (I&Q i altres canals d'utilitat), velocitat d'adquisició de mostres (veure després), interrupció de la transferència de dades, format de la sortida de dades (binari o ASCII).

Les capçaleres dels fitxers contenen la data, el temps de mesurament, en nombre de canals, el guany de cada canal, la velocitat d'adquisició usada i la longitud de les dades. Les dades són emmagatzemades en un disc dur i seran subseqüentment transferides per protocols TCP/IP a una estació amb ordinador central.

Mitjançant el mètode radiomètric, es pot observar com varia la temperatura del cel dependent de quines són les condicions meteorològiques existents

L'ample de banda en banda base ha estat limitat a 30 Hz ja que els processos de propagacions turbulentes tenen components en sèrie de Fourier limitades a pocs Hz. El ritme d'adquisició (seleccionable), s'ha limitat a 256 Hz.

La temperatura efectiva de soroll del receptor en condicions de cel clar, s'ha estimat de 930 K que junt amb una predicció de rebre un nivell de -111.5 dBm (cel clar) ens porta a una C/No d'uns 57.4 dBHz. Així, la S/N que es preveu en banda base és de 30 dB i pot acomodar tots els nivells de fluctuacions d'amplitut i fase i un rang raonable de fading de pluja. En evitar un sistema de captura de fase, ens permet operar sota uns

superfície de la terra fins a l'espai lliure, així doncs les dades resultants són estrictament aplicables a sistemes terra-aire.

L'estudi abarca la teoria sobre sistemes radiomètrics i les quantifica en la banda d'interès de 40 GHz.

A partir de l'equació del radiòmetre, es pot deduir quina és la atenuació existent, sempre tenint en compte els errors involucrats en aquesta avaluació.

En el diagrama de blocs podem observar que continuament hi ha una commutació a l'entrada, per augmentar la resolució radiomètrica. La modulació

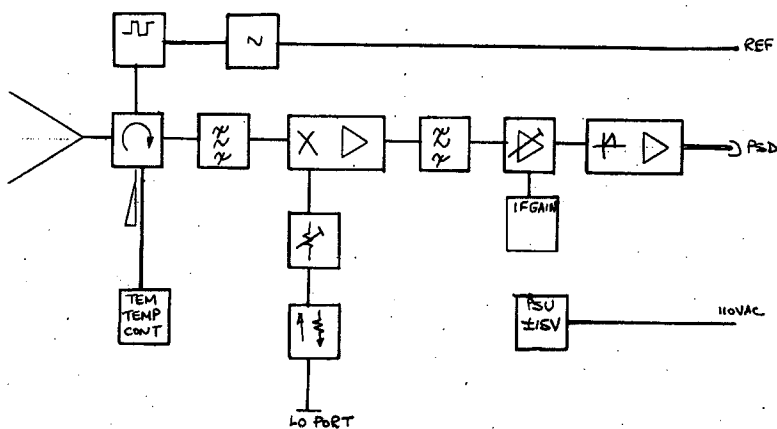


Figura 2. Diagrama en blocs del Radiòmetre de Dicke

pocs dB de S/N i contemplant tots els tipus de tècniques avançades de processament de senyal, incloent un promig de diferents adquisidors per incrementar la S/N efectiva i la detecció del nivell de portadora (magnitud del 'senyal de batec') en S/N pobres.

En paral·lel a la obtenció de dades I(t), Q(t) i nivell de potència a l'entrada, es disposa d'un radiòmetre de Dicke, el diagrama en blocs del qual es descriu a la figura 2.

Mitjançant el mètode radiomètric, es pot observar com varia la temperatura del cel depenent de quines són les condicions meteorològiques existents des de la

consisteix en periòdicament commutar l'entrada del receptor entre l'antena i una constant (càrrega a temperatura de referència de 77 K) a una cadència més ràpida que la més alta component espectral significativa del espectre de variació de guany corresponent al mateix radiòmetre, de manera que en un període del cicle de commutació (10 ms), el guany del sistema és essencialment constant, i per tant idèntic en el mig període en el qual s'observa l'antena i l'altre mig que observem la referència.

El senyal de 39.592 GHz es passa a freqüència intermitja $f_i=70$ MHz, utilitzant el mateix oscil·lador local de $f_{o11}=39.522$ GHz de l'etapa

frontal de microones, posteriorment s'amplifica, per després arribar a un detector quadràtic i es demodula

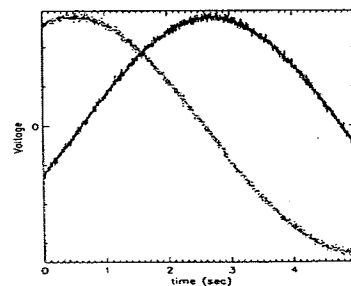


Figura 3. Senyals I(t) i Q(t) en el domini temporal.

síncronament de forma que s'obté una tensió de sortida proporcional a la diferència entre la tensió d'antena i la tensió de referència.

Finalment es filtra passa baixes mitjançant un integrador per eliminar totes les possibles components AC.

Tan la senyal de sortida del radiòmetre, com la referència es mostregen a una freqüència de 1 Hz ininterrompudament. Les dades són emmagatzemades en el disc dur, en fitxers ASCII.

El receptor ha estat calibrat injectant un senyal -65.5 dBm a una freqüència de 70 MHz, en un dels ports d'entrada del acoblador a 10 dB amb $IL=0.5$ dB, posicionat després de la primera conversió a freqüència intermitja. El nivell simulava la condició de cel clar en aquest punt del receptor (-76 dBm).

La figura 3 mostra 5 segons de mostreig de les funcions en banda base I(t) i Q(t).

La figura 4 mostra el diagrama polar de combinar les dues sortides I(t) i Q(t).

Resultats experimentals

L'experiència a Barcelona va començar a funcionar amb total normalitat en el passat mes de Setembre, i des d'aleshores s'han

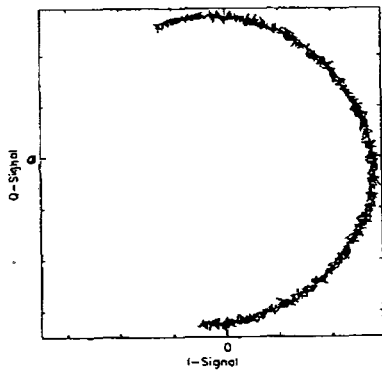


Figura 4. Diagrama polar de les senyals I(t) i Q(t)

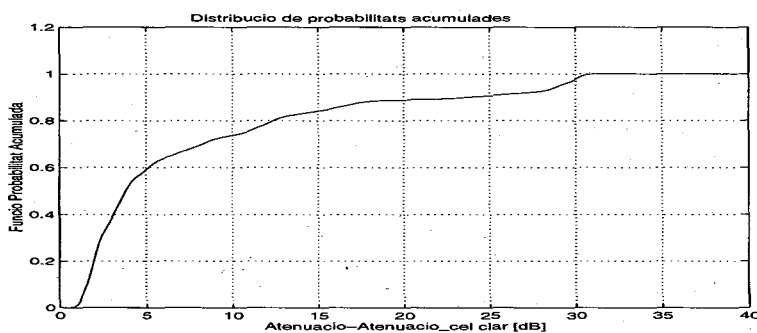
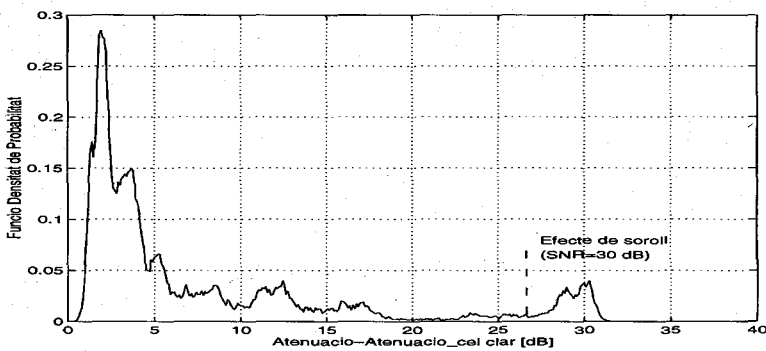
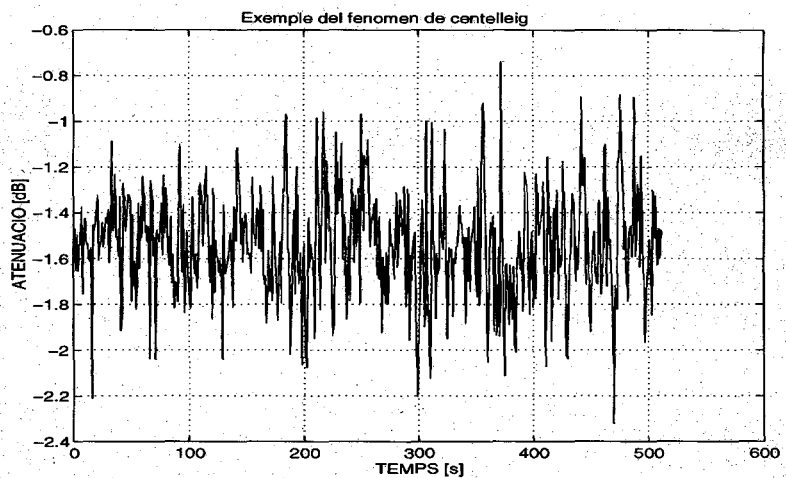
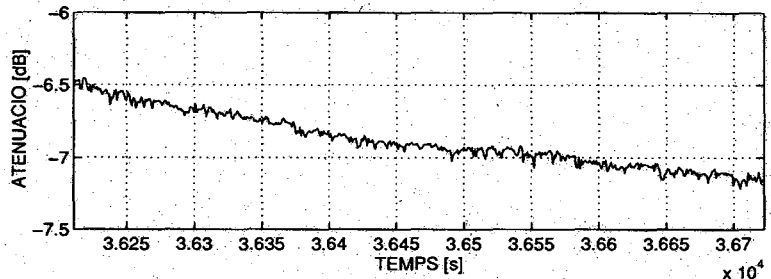
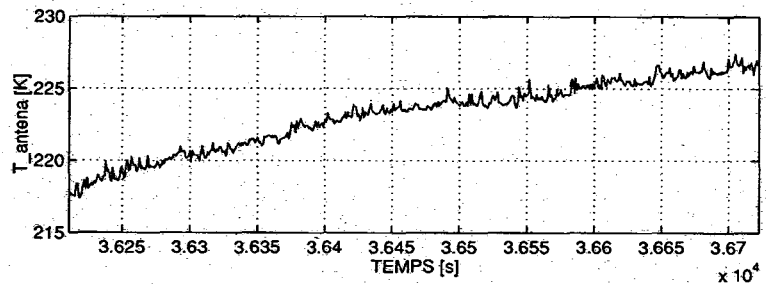
començat a obtenir uns primers resultats que a continuació s'exposen.

.Funció densitat de probabilitat, i distribució de probabilitat acumulada de l'atenuació en dies de pluja durant el mes de Setembre.

. Temperatura de radiòmetre i atenuació deduïda.

. Atenuació per amplitut.

. Fenòmen de centelleig.



Conclusions

Un receptor compacte i portàtil d'ones mil·limètriques per, inicialment, aplicacions d'espai terrestre descrites. Els objectius principals són obtenir dades d'atenuació atmosfèrica, així com mesures radiomètriques, i caracteritzar l'excés de soroll de fase a causa de la propagació per l'atmosfera en forma d'un jitter de portadora irreduïble. El sistema usa un primer oscil·lador local de molt baix soroll de fase, i tècniques avançades de processament de senyal per extreure el vector d'informació des d'una demodulació complexa en banda base.