

RADIOONDE

Aperiodico di scienza e tecnica della radio - N. 34, ottobre 2004

Fotocopiato in proprio, distribuito gratuitamente, è gradita la collaborazione dei lettori - Il N. 33 è stato inviato a 19 lettori
Redazione: Ezio Mognaschi, v.le Gorizia, 63 - 27100 Pavia PV, tel. 0382 539522, posta elettronica: mognaschi@fiscavolta.unipv.it

Hanno collaborato a questo numero: L. Cobisi, E. Mognaschi, P. Romani ed altri.

Sommario: Notizie, p. 1; Etichette intelligenti o spia? (II parte), p. 1-3; Athlone tace, p. 3; Disattivati i TX U.S.A. a 76 Hz - Storia del progetto Sanguine/Seafarer, p. 4-6, Antenna sotterranea per segnali ULF, p. 6.

Notizie: * L. Cobisi segnala che, contrariamente a quanto annunciato in precedenza, il TX RAI di Caltanissetta su 189 kHz è tuttora in funzione ed irradia la programmazione di RAI 1.

* Le tre trasmissioni in CW effettuate il 4.07.04 da SAQ (Grimeton, Svezia) su 17.2 kHz sono state ricevute chiaramente a Brallo di Pregola (PV) utilizzando come ricevitore un voltmetro selettivo Sierra mod. 128A e, come antenna, un filo di 25 m steso sul terreno in direzione N-S e messo a terra all'estremità remota. Il rapporto di ricezione a SAQ è stato confermato via e-mail a fine agosto. Come curiosità statistica la ricezione è stata effettuata da 70 radioamatori così distribuiti: 26 tedeschi, 14 svedesi, 9 inglesi, 4 danesi, 3 finlandesi ed italiani, 2 spagnoli, olandesi e francesi ed uno dei seguenti paesi: Belgio, Repubblica Ceca, Grecia, Svizzera, USA. Si è inoltre appreso che la stazione SAQ è stata compresa dall'UNESCO tra i patrimoni culturali dell'umanità.

* Si svolgerà a Tokyo, dal 15 al 17 marzo 2005, il 4° *International Workshop on Seismo Electromagnetics*, presso l'University of Electrocommunication. I precedenti convegni sull'argomento si erano tenuti nel 1994, 1997 e 2000. L'interesse sui precursori elettromagnetici dei sismi è molto vivo in Giappone ove si ripongono molte speranze nella collaborazione internazionale che si sta realizzando con il lancio del satellite scientifico francese DEMETER, avvenuto nel giugno 2004.

* Il 22.09.04 è stata presentata e discussa, all'Università di Pavia, una tesi di laurea in fisica dal titolo: *Misure e valutazioni di campi elettromagnetici emessi da impianti radiofonici in ambito urbano*, relatore prof. E. Mognaschi, correlatore dott. Cristina Bosio dell'A.R.P.A. Lombardia. La tesi, svolta nell'ambito del corso di *Misurazione di campi elettromagnetici*, tenuto dal relatore, e della collaborazione in atto con l'A.R.P.A., ha riguardato la misura dell'intensità dei campi elettromagnetici in FM nella città di Pavia nel periodo gennaio-giugno 2004 ed il confronto con i dati calcolati con un programma commerciale utilizzato dall'ARPA. Chi fosse interessato a ricevere, come allegato di posta elettronica, il testo della tesi in formato .pdf (15 MB) può farne richiesta alla Redazione.

* Si segnala il sito www.earthquake tracker.com ove è descritta una iniziativa per dotare 50 scuole superiori della California di ricevitori in banda ELF per studiare i precursori sismici elettromagnetici. L'iniziativa è commerciale e non certo un'opera di beneficenza, tuttavia lo spirito che la guida è molto pratico. La ditta *Stellar Solutions Inc.* costruisce ed installa i ricevitori.

* Il 30 settembre 2004 sono stati spenti i due impianti del Wisconsin e del Michigan per comunicazioni con i sottomarini statunitensi sulla frequenza ELF di 76 Hz in quanto "vecchi e non più utili". Le comunicazioni vengono mantenute con una rete di TX in VLF ed LF dislocati in tutto il mondo. Per maggiori dettagli si veda a p. 4.

Etichette intelligenti o spia? (II parte)

di Ezio Mognaschi

In considerazione dell'interesse suscitato dall'articolo sulle etichette intelligenti (v. *Radioonde* N. 33) prosegue la trattazione dell'argomento con un approfondimento sulle modalità di comunicazione di dati tra lettore ed etichetta.

Esistono due tipi di lettori per etichette dei sistemi RFID (*Radio Frequency Identification Devices*): quelli a bassa frequenza (< 100 MHz), e quelli ad alta frequenza (>100 MHz). Il primo tipo può servire per leggere singole etichette intelligenti a distanza inferiore ad un metro; il secondo serve per distanze superiori ad 1 m, anche quando diverse etichette sono molto vicine l'una all'altra. Sia per i sistemi ad alta frequenza, sia (a maggior ragione) per quelli a bassa frequenza l'antenna del ricetrasmittitore fisso ha una dimensione lineare d (diametro di una sfera ad essa circoscritta) in genere molto minore della lunghezza d'onda λ . Si ricordi che per una frequenza $f = 100$ MHz è $\lambda \approx 3$ m. Le antenne utilizzate sono quindi "corte". Per queste antenne la teoria della generazione dei campi elettromagnetici prevede l'esistenza di tre zone con differenti caratteristiche: la zona di **campo reattivo** per piccole distanze r dall'antenna ($r < \lambda/10$), la zona di **campo vicino** (sino ad $r \approx \lambda$) e la zona di **campo remoto** (per $r > \lambda$).

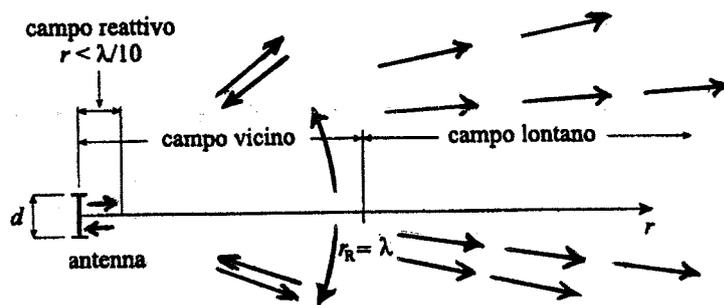
Nella prima zona il campo elettrico, pur dipendendo dal tempo, ha le caratteristiche geometriche di un campo elettrostatico, cioè le linee di forza partono dalle cariche positive sull'antenna e terminano su quelle negative, il campo oscilla inoltre in fase con la tensione del generatore e l'energia immagazzinata nel campo non abbandona la sorgente, cioè

non viene irradiata, ma viene emessa e riassorbita continuamente dalla sorgente. L'emissione è massima quando il generatore raggiunge il massimo di tensione e viene completamente riassorbita dopo un quarto di periodo quando la tensione del generatore diviene zero ed i campi sono nulli. In modo analogo il campo magnetico è localizzato attorno alle correnti che percorrono i vari elementi conduttori dell'antenna con linee di forza chiuse. Per il loro comportamento molto simile a quello dei campi statici, i campi reattivi sono chiamati anche campi quasi-statici. Il campo reattivo è praticamente confinato nei dintorni della sorgente, in un volume che si estende sino a circa $\lambda/10$ e non interessa per il collegamento tra lettore ed etichetta.

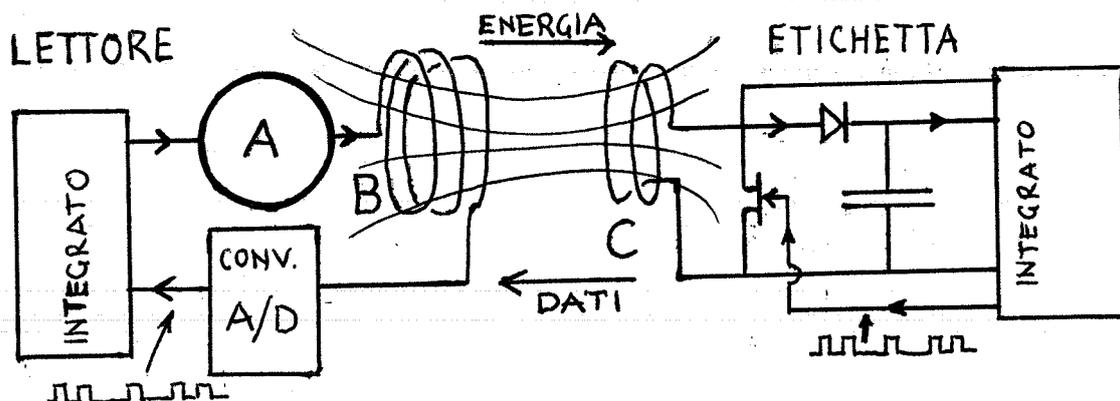
Nella zona di campo vicino la dipendenza dell'intensità di questi campi dalla distanza è complicata: a bassa frequenza ci sono alcuni termini che decrescono come $1/r^2$ ed altri che decrescono come $1/r^3$. Questi campi presentano, a bassa frequenza, la stessa dipendenza dalla distanza dei campi di un dipolo elettrico o di un elemento di corrente e , di fatto, sono limitati alla zona prossima all'antenna e la radiazione è trascurabile.

Nella zona di campo remoto i campi sono rappresentabili come onde sferiche non uniformi (cioè i fronti d'onda sono superfici sferiche con centro sull'antenna) sulle quali l'onda ha la stessa fase, ma non ha necessariamente la stessa ampiezza. Il campo elettrico è perpendicolare a quello magnetico ed entrambi sono perpendicolari alla direzione di propagazione. Questi campi trasportano energia, hanno intensità decrescente con la distanza come $1/r$ e sono quelli che permettono le comunicazioni anche a grande distanza.

Una rappresentazione schematica delle diverse zone e dei flussi di energia, indicati dalle frecce, è riportata nella figura a fianco.

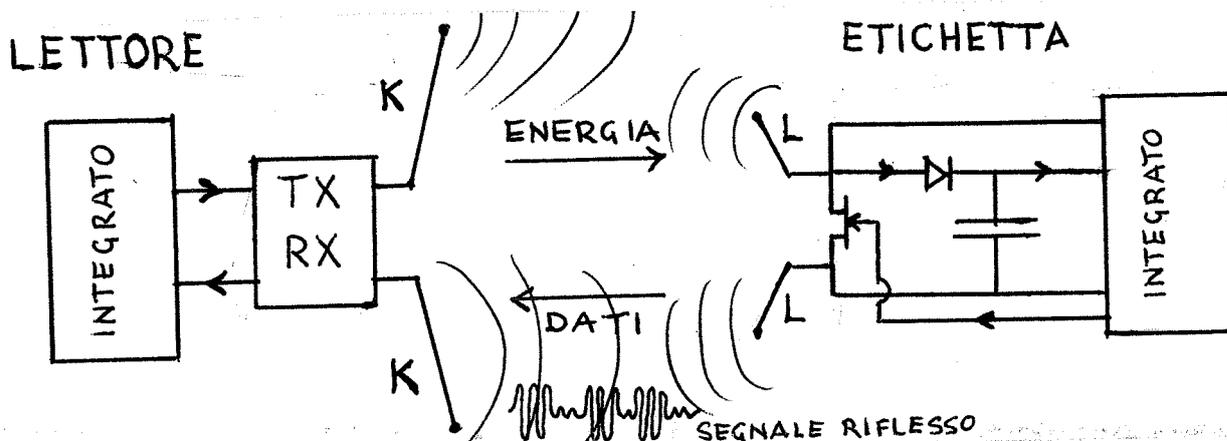


Il sistema RFID a bassa frequenza comprende le seguenti parti: A) un oscillatore a RF che produce una corrente nella bobina B), la corrente produce, a sua volta, un campo magnetico a RF; il campo magnetico induce nella bobina C), contenuta nell'etichetta, una corrente a RF; un diodo raddrizza la corrente e il condensatore che segue accumula la carica elettrica. Man mano che la carica si accumula nel condensatore la tensione ai suoi capi cresce sino ad arrivare al valore che è in grado di attivare un circuito integrato contenuto nell'etichetta. Il circuito integrato trasmette allora il proprio codice identificativo digitale che era stato immagazzinato in una memoria nella fase di produzione dell'etichetta. I livelli "alto" e "basso" del segnale rappresentano gli uno e gli zero di un segnale digitale che viene applicato al gate di un transistor ad effetto di campo (FET) posto in parallelo alla bobina C. Le variazioni della resistenza elettrica del FET producono variazioni della corrente a RF che scorre nella bobina stessa. A questo punto il segnale non è più digitale, ma analogico. La bobina C, a sua volta, reirradia un campo a RF con variazioni che ripetono la successione dei livelli di alto e basso dei segnali applicati al FET. La bobina B capta il segnale reirradiato da C e le variazioni di corrente in B vengono lette da un dispositivo che converte il segnale da analogico a digitale. Il circuito integrato del lettore ricava così il codice identificativo dell'etichetta.



Il sistema RFID ad alta frequenza è simile al quello a bassa frequenza con la differenza che, invece di una bobina che genera un segnale per induzione (campo vicino), viene usata un'antenna a dipolo corto K) che irradia un segnale a RF. Il campo elettrico del segnale che si propaga (campo remoto) viene captato da una piccola antenna ricevente L). Le fasi successive sono simili al caso a bassa frequenza, sino al FET che però funziona in modo differente. Infatti,

quando è in conduzione, serve a mandare fuori sintonia l'antenna ricevente che riflette verso il lettore la maggior parte dell'energia RF in arrivo; quando non è in conduzione l'energia viene assorbita dai circuiti dell'etichetta. Le variazioni di livello del segnale riflesso corrispondono alla conduzione ed all'interdizione del FET e riproducono, in modo analogico, il codice memorizzato nell'etichetta. Un circuito decodificatore legge le variazioni di ampiezza del segnale ricevuto da K e ricostruisce il codice binario dell'etichetta che sta rispondendo.



Lettori di *smart card* del tipo ad induzione sono entrati recentemente in funzione per leggere le tessere di abbonamento al trasporto pubblico a Firenze (come informa L. Cobisi), a Pavia e, presumibilmente, anche in altre città. P. Romani segnala infine il libro di C. Giustozzi, E. Zimuel, A. Monti "Segreti, spie, codici cifrati", Apogeo, Milano, 1999, Euro 16.53, ove vengono descritte le connessioni a diversi tipi di *smart card* a lettura per contatto.

Athlone tace

di Ezio Mognaschi

L'ente radiofonico irlandese *Radio Telefis Éireann* (RTÉ) ha recentemente annunciato, dopo 71 anni di attività, la cessazione delle trasmissioni di 2FM da Athlone su 612 kHz, pregando gli ascoltatori di sintonizzarsi in FM. Come sta avvenendo per la RAI, anche RTÉ sta modificando le proprie risorse di trasmissione spegnendo trasmettitori in OM e concentrando l'attività in FM. RTÉ ha inoltre iniziato a trasmettere i programmi di Radio 1 per mezzo del vecchio TX in OL Atlantic 252, situato a Trim, per coprire Irlanda e Regno Unito, mentre continuano in modulazione di frequenza i programmi di 2FM, *Lyric FM* e *Raidió na Gaeltachta* su tutto il territorio nazionale.

La storia

Il sito trasmittente di Athlone ha una lunga storia. Per molti anni fu uno dei più potenti trasmettitori europei, tanto da essere segnato sulle scale parlanti dei vecchi ricevitori. Ricordo, da ragazzo, che il nome Athlone, posto tra i primi della scala parlante del ricevitore di casa mia, mi aveva sempre incuriosito. Quando, negli anni '80, ebbi occasione di percorrere in treno la linea Dublino-Galway che è tutta ad un solo binario, il treno sostava sempre a metà strada, appunto ad Athlone, in attesa di incrociare il convoglio proveniente dalla direzione opposta. Dal treno si vedeva bene il grande traliccio, dipinto di bianco e rosso, alto quasi cento metri e piuttosto tozzo in quanto non strallato, che sorge non lontano dalla stazione stessa.

Due stazioni iniziarono a trasmettere, nel 1926, in Irlanda: 2RN da Dublino e 6CK da Cork, nel sud-ovest. Nel giugno del '32, in occasione del 31° Congresso Eucaristico, venne installato temporaneamente a Dublino un potente, nuovo trasmettitore Marconi da 60 kW per la stazione 2RN, successivamente questo trasmettitore venne spostato a Moydrum, vicino ad Athlone. Il nominativo 2RN venne allora cambiato in Radio Athlone; nel '37 il nome divenne Radio Éireann.

Il TX di Athlone venne costruito per il desiderio di coprire tutta l'Irlanda con una sola frequenza e, dal 1932 ha trasmesso in OM. Inoltre, ad Athlone erano localizzate, sempre negli anni '30, TX in OC per trasmettere programmi del relativamente giovane *Irish Free State*, verso il Nord America dove esistono importanti comunità irlandesi.

Il TX Marconi rimase in servizio sino alla fine degli anni '50, allorché venne sostituito da un Brown-Boveri da 100 kW. Radio Éireann continuò sino al 1966, quando divenne RTÉ Radio. Il TX di Athlone rimase in servizio sino al 1975, quando entrò in funzione un nuovo e più potente TX da 500 kW, su 567 kHz, a Tullamore un sito migliore per la copertura dell'isola. Athlone rimase fuori servizio per 4 anni, poi entrò in funzione un nuovo TX da 100 kW della Continental che lanciò il servizio di Radio 2. I due vecchi TX, il Marconi ed il Brown-Boveri, sono ancora ad Athlone, situati nella stessa sala, insieme a quello più recente, e, probabilmente, sono trasmettitori di riserva. La decisione di RTÉ di chiudere gli impianti in OM riflette il calo di ascolti negli ultimi 15 anni. Dopo l'inizio, nel 1989, delle radio libere la *Broadcasting Commission of Ireland* (BCI) ha concesso molte licenze per stazioni FM ed è calato il numero di ascoltatori in OM. Tuttavia, recentemente, la BCI ha concesso nuove licenze di trasmissione in OM a Dublino, Galway e Limerick e probabilmente, all'inizio del 2005, l'emittente religiosa Solas inizierà a trasmettere da Dublino in OM.

Disattivati i TX U.S.A. a 76 Hz di Ezio Mognaschi

La Marina statunitense ha annunciato di aver spento il 30 settembre 2004 i due sistemi di comunicazione per sottomarini in banda ELF installati, rispettivamente, nel Wisconsin e nell'Upper Michigan. Chi volesse vedere gli spettri di queste oramai cessate emissioni in banda ELF, può ora solo consultare il famoso sito www.vlf.it ove si trovano anche altri numerosi esempi di segnali artificiali e naturali.

Gli impianti statunitensi verranno smantellati in quanto "vecchi e non più utili". Il primo impianto, situato nella Foresta Nazionale di Chequamegon, vicino a Clam Lake, è stato oggetto di ripetute dimostrazioni da parte di attivisti antinucleari, il secondo era situato nella Foresta Statale di Escanaba, vicino a Republic, nel Michigan. Per anni sono stati arrestati cittadini che, come atto di disobbedienza civile, valicavano per protesta la recinzione del sito di Clam Lake; inoltre recenti critiche riguardavano il fatto che, anche se il sistema fosse stato utile in caso di attacco nucleare, esso era diventato obsoleto con la fine della guerra fredda e poteva causare danni alla salute ed all'ambiente.

La Marina statunitense cominciò nel 1989 ad usare il sistema a 76 Hz, derivato dal progetto Sanguine/Seafarer degli anni '60 (vedi più avanti), costato 400 milioni di dollari, ed il costo annuo per mantenere i due trasmettitori ammontava a 13 milioni di dollari. Ognuno dei due siti impiegava un dipendente della Marina e 27 civili cui era affidato l'appalto per la gestione della stazione. I lavori di smantellamento degli impianti dureranno tre anni.

Le comunicazioni con i sottomarini continueranno ad essere mantenute con una rete mondiale di stazioni in banda LF e VLF.

Il sito www.fas.org/nuke/guide/usa/c3i/vlf.htm riporta una mappa mondiale con la localizzazione di questi impianti. Sono:

MPM	21.4 kHz, 480 kW, Lualualei, Hawaii;
NAA	24.0 kHz, 750/1000 kW, Cutler, Maine (vedi <i>Radioonde</i> N. 29);
NLK	24.8 kHz, 192 kW, Jim Creek, Washinton;
NAU	40.75 kHz, 100 kW, Aguada, Portorico;
???	VLF, H. E. Holt, Australia;
???	LF, Awase, Okinawa;
???	LF, Stockton, California;
???	LF, Keflawik, Islanda;
NSY	45.90 kHz, Sigonella, Sicilia (si noti l'indicativo di stazione americano per una stazione posta in Italia, o no?)
ICV	20.27 kHz, 500 kW, Tavolara, Sardegna. È un'antica stazione della Marina italiana che, secondo notizie avute da una fonte autorevole, agisce attualmente in ambito NATO.

Si può concludere che, cessata la guerra fredda, non si ritiene più necessario poter comunicare (peraltro in modo solo unidirezionale dal comando ai mezzi immersi) con sottomarini dislocati in immersione (70 - 100 m) in ogni mare, ma sono sufficienti comunicazioni in VLF. Queste ultime consentono collegamenti, sempre unidirezionali, a minori profondità (sino a circa 15 m). La comunicazione in senso inverso tra sottomarino immerso e comando è affidata a raggi laser di luce blu, per la quale l'acqua del mare è relativamente trasparente, diretti verso satelliti di telecomunicazione o a trasmettitori convenzionali che usano un'antenna a bordo di una boa galleggiante.

Storia del progetto Sanguine/Seafarer

L'esistenza del progetto Sanguine/Seafarer venne resa nota all'opinione pubblica il 14 maggio 1971, allorché il senatore Gaylord Nelson, del Wisconsin, riferì al Senato degli Stati Uniti che la U. S. Navy stava conducendo ricerche, iniziate nel 1959 e tenute fino ad allora segrete, per lo sviluppo di un sistema di comunicazioni in banda ELF (*Extremely Low Frequency*) cioè nella banda 2 dello spettro delle radiofrequenze, che si estende da 30 Hz a 300 Hz. La notizia dell'esistenza del progetto Sanguine/Seafarer venne poi ripresa dalla stampa statunitense e si diffuse quindi rapidamente.

La prima parte di questo progetto, denominata progetto Sanguine, condusse già nel 1963 alla conclusione di fattibilità del sistema di comunicazioni in banda ELF che non venne però realizzato subito. In seguito alla denuncia del senatore Nelson la Marina statunitense fu costretta a rendere note, nelle linee generali, le caratteristiche del sistema di comunicazione che intendeva realizzare in banda ELF. Contemporaneamente apparvero negli ambienti scientifici anche alcune critiche relative al sistema che mettevano in dubbio l'efficacia del progetto in quanto la velocità di trasmissione dei messaggi (dell'ordine di 1 bit al secondo) sarebbe stata troppo bassa, la potenza richiesta (dell'ordine del megawatt) eccessiva e quella necessaria per disturbare il sistema (*jamming*) probabilmente molto inferiore a quella prevista per trasmettere.

In seguito a queste critiche il *Navy Department*, secondo i suggerimenti dello stesso senatore Nelson, chiese alla *National Academy of Sciences* di condurre uno studio imparziale sul progetto e mise a disposizione i dati in suo possesso. Lo studio si concluse con una sostanziale approvazione degli aspetti tecnici del progetto e con generiche raccomandazioni di approfondire lo studio degli aspetti teorici riguardanti la propagazione in banda ELF e l'influenza delle condizioni ionosferiche sulla propagazione. La *National Academy of Sciences* ebbe modo, in quest'occasione, di valutare i risultati degli esperimenti compiuti, nel 1971, presso il *Lincoln Laboratory* del *Massachusetts Institute of Technology* con l'uso

della stazione WTF della Marina statunitense in oltre 3000 ore di trasmissione e dall'RCA, nel 1966, con un proprio trasmettitore. Le principali caratteristiche tecniche di questi due impianti sono riportate qui di seguito.

Trasmettitori utilizzati nella fase sperimentale del progetto Sanguine/Seafarer

Trasmettitore WTF (Wisconsin Test Facility) della U. S. Navy

Località: Clam Lake, Wisconsin, U. S. A.

Coordinate: 45°42' N, 92°18' W

Frequenze: 45 Hz e 75 Hz

Tipo di trasmissione: modulazione binaria MSK (*Minimum Shift Keying*)

Potenza: 1.6 MW

Potenza irradiata: 0.5 W a 45 Hz, 1 W a 75 Hz

Antenna: 2 dipoli orizzontali, ortogonali fra loro, alimentati individualmente al centro, con estremi a terra. Lunghezza di ciascun dipolo 22.5 km, corrente massima 300 A, possibilità di dirigere l'emissione controllando lo sfasamento tra le correnti nei due dipoli

Copertura: fino a 11200 km.

Trasmettitore della RCA

Località: North Carolina, U. S. A. (non meglio precisata)

Frequenze: 78 Hz e 156 Hz

Tipo di trasmissione: CW

Antenna: unico dipolo orizzontale di lunghezza 176 km, elevato rispetto al suolo, con estremi a terra

Copertura: fino a 4900 km.

È interessante rammentare che le più significative prove di ricezione di segnali trasmessi dalla WTF vennero effettuate, nel dicembre 1972, a bordo del sottomarino nucleare USS Tinosa, della classe SSN 606, in navigazione dalla base di Napoli a quella di New London nel Connecticut.

Prima ancora che fossero rese note le conclusioni della *National Academy of Sciences* venne anche messa in dubbio, dal punto di vista tecnico, la possibilità stessa di realizzare l'antenna prevista dal progetto Sanguine. Ma anche a queste obiezioni venne data una risposata sul piano scientifico con ulteriori ricerche svolte ancora presso il *Lincoln Laboratory*.

Infine, poiché il progetto Sanguine prevedeva la costruzione di un gigantesco sistema di antenne costituito, secondo una delle proposte, da una rete di 4 conduttori in direzione N-S e di altrettanti in direzione E-W, ciascuno avente lunghezza di circa 45 km, interrati approssimativamente a 2 m di profondità in un terreno roccioso e poco conduttore (le rocce granitiche del periodo Precambriano situate nel Wisconsin), la *U. S. Navy* dovette anche fronteggiare l'opposizione degli ambientalisti e di quei circoli, definiti negli Stati Uniti "conservatori", che vedevano nell'installazione un serio rischio per l'ambiente e per l'uomo.

Furono allora compiute ulteriori ricerche sugli effetti biologici dei campi elettromagnetici a bassa frequenza ed aventi intensità dell'ordine di quella prevista, in prossimità del suolo, per il sistema di comunicazioni in banda ELF. L'intensità di questi campi sarebbe dovuta essere di circa 0,07 volt al metro per il campo elettrico e di circa 0.00002 tesla per il campo magnetico. Nel 1980 apparve uno studio molto interessante che passava in rassegna e discuteva i possibili effetti, sui sistemi biologici, di tali campi, proprio in relazione al progettato sistema di telecomunicazioni in banda ELF.

L'esistenza di questo studio rivela, implicitamente, un dato importante: nel 1980, a 21 anni dall'inizio degli studi ed a 9 dalla divulgazione della sua esistenza, il progetto Sanguine/Seafarer era ancora a livello di proposta e di studi preliminari, anche se tutti gli aspetti tecnici erano stati esaminati accuratamente e non erano state trovate controindicazioni al progetto, tranne quelle relative ai possibili rischi di carattere biologico ed all'elevato costo della sua realizzazione la quale avrebbe dovuto comprendere anche alcune opere complementari. Sarebbe infatti stato necessario, oltre che realizzare il sistema trasmittente, eliminare le interferenze che il trasmettitore, con una potenza dell'ordine di alcuni megawatt, avrebbe causato ai sistemi di distribuzione dell'energia elettrica ed alle linee telefoniche e telegrafiche che si sarebbero trovate nelle vicinanze dell'antenna ed interrompere, con elementi isolanti, condutture, recinti e strutture metalliche di ogni genere ed aventi notevole lunghezza, situate in prossimità dell'antenna.

Dal 1980 in poi le riviste scientifiche americane che avevano, in precedenza, ospitato pubblicazioni sull'argomento delle comunicazioni in banda ELF e sul progetto Sanguine/Seafarer non sono più tornate sull'argomento. Questo fatto cronologicamente si colloca in coincidenza con l'assunzione del potere da parte del presidente Ronald Reagan (20.1.81) e con il cambiamento verificatosi nella politica estera e nelle strategie militari statunitensi. Le vicende del progetto Sanguine/Seafarer costituiscono un esempio emblematico di quanto può accadere nel mondo industrializzato, così strettamente legato all'evoluzione delle tecnologie avanzate, e contengono, inoltre, un insegnamento sul quale meditare. In una nazione come gli Stati Uniti d'America, nella quale la democrazia costituisce la base della vita pubblica, i cittadini hanno, innanzitutto, avuto la possibilità di valutare, attraverso la pubblicazione di molte informazioni

relative al progetto Sanguine/Seafarer, le implicazioni ambientali e quelle relative ai rischi biologici del progetto stesso. I loro rappresentanti eletti hanno avuto poi la capacità di esaminare i problemi che sorgono dalla necessità di telecomunicazioni tipica del mondo odierno ed hanno saputo condizionare le scelte del governo in modo da garantire il rispetto dell'ambiente e delle condizioni di vita dell'uomo, senza tuttavia porre un veto assoluto ed aprioristico a scelte di natura strategica ritenute essenziali negli ambienti militari.

Del progetto Sanguine/Seafarer rimane comunque un aspetto importante che trascende gli scopi militari per i quali è stato concepito. Cioè rimangono i risultati delle ricerche sulla propagazione in banda ELF e, soprattutto, sul modo di ricevere questi segnali. L'importanza di questi risultati, se escludiamo l'interesse strategico, sta nelle possibili applicazioni scientifiche, civili ed industriali. Infatti, le comunicazioni in banda ELF sono le uniche possibili attraverso grandi spessori di terreno e di rocce e possono, quindi, costituire un sistema insostituibile ad esempio per mantenere il collegamento nel caso di minatori o speleologi disgraziatamente intrappolati nel sottosuolo, nelle future esplorazioni della crosta terrestre che potrebbero avvenire con sistemi automatici telecomandati, nonché per lo sfruttamento dei giacimenti minerari con macchine automatiche comandate dalla superficie.

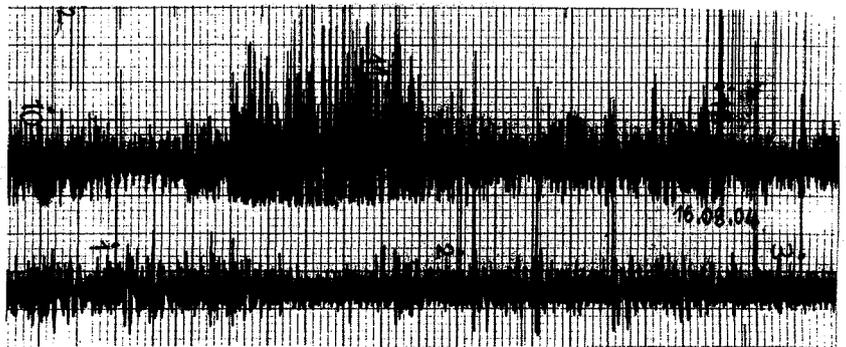
Antenna sotterranea per segnali ULF

di Ezio Mognaschi

Quest'estate, più precisamente dal 29 luglio al 27 agosto, la stazione ricevente in banda ULF, descritta nel N. 32 di *Radioonde*, è stata trasferita da Pavia a Brallo di Pregola (PV) con il duplice scopo di non interrompere le registrazioni e di sperimentare l'uso di un'antenna sotterranea in banda ULF. Un'antenna sotterranea era stata da me realizzata diversi anni fa e provata in OM ed OL con il sorprendente risultato che, in alcuni intervalli di frequenza, il segnale da essa ricevuto era superiore di parecchi dB a quello ricevuto con un'antenna del tutto uguale, posta però sopra la superficie terrestre, come si fa normalmente per qualsiasi antenna. Il "pozzo" che mi consente di installare un'antenna sotterranea è un foro verticale, profondo 6 m nel terreno argilloso, originariamente del diametro di 10 cm, nel quale ho infilato, non senza fatica, un tubo di PVC del diametro esterno di 4 cm, costituito da due pezzi di tubo da 3 m ciascuno, incollati e bloccati tra loro con 3 viti radiali nella giunzione a bicchiere e con un tappo di plastica a tenuta d'acqua sul fondo, pure incollato. In questo tubo, trasparente alle onde elettromagnetiche, posso calare conduttori di diversa lunghezza e a diverse profondità, sino a 6 m sotto la superficie terrestre. Un cavo schermato della lunghezza di 15 m, steso raso terra, porta il segnale in casa, in un locale a piano terreno ove si trova il ricevitore.

La prima antenna sperimentata è stato un conduttore verticale, della lunghezza di 4 m, tenuto teso da un peso all'estremità inferiore, che arrivava sino al fondo del pozzo. Quest'antenna forniva un segnale (rumore) nell'intervallo da 0.01 Hz a 5 Hz, molto più intenso di quello fornito a Pavia da uno stilo verticale della lunghezza di 2.6 m, posto al secondo piano del Dipartimento di Fisica. Erano possibili due spiegazioni per la maggiore intensità del segnale: o era dovuta alla maggiore lunghezza dell'antenna, o a cause locali e contingenti dovute alle differenze tra i due siti o alla situazione in quel momento. Per trovare la spiegazione ho accorciato via via il filo, prima a 2 m, poi a 60 cm. Il risultato è stato che, con uno spezzone di filo rigido, della lunghezza di soli 60 cm, posto tra 3.90 m e 4.50 m di profondità, il rumore in banda ULF è mediamente pari a quello ricevuto a Pavia con un'antenna lunga 2.6 m. Questo risultato è stato confermato per tutto il periodo di osservazione, escludendo quindi cause temporalmente contingenti. Si può ritenere che tra le intensità di segnale (rumore) in banda ULF a Brallo ed a Pavia esista un rapporto circa 4 a favore della prima località. Restava da capire se il maggior segnale fosse dovuto al fatto che l'antenna fosse sotterranea o ad altri fattori. Per questo ho provato a paragonare i segnali che la stessa antenna, lunga 60 cm, permetteva di ricevere quando era posta sottoterra, con quelli ricevuti appendendo l'antenna al ramo di un albero ad un'altezza compresa tra 3.30 m e 3.90 m sopra il livello del terreno. Il risultato è stato che, mediamente, il rumore ricevuto è lo stesso per le due posizioni dell'antenna e quindi è stato confermato il fatto, per me inatteso, che il rumore è più elevato in un sito rurale e di montagna rispetto ad un sito urbano. Per tutto il periodo ho quindi preferito usare l'antenna in configurazione sotterranea perché, a parità di segnale, era meno probabile ricevere disturbi dovuti a vibrazioni meccaniche causate, per esempio, dal vento.

Un'ulteriore osservazione riguarda i segnali ricevuti: in diversi intervalli di tempo, a partire dal pomeriggio del 15 agosto, si nota la presenza di rumore superiore al doppio di quello normalmente presente. Nel periodo considerato non si è verificato alcun temporale. Ho poi verificato che il giorno 17 agosto, alle 11 15' 43" e 11 17' 01" UTC si sono verificati due terremoti relativamente piccoli (magnitudo 3.00 e 2.90) ma a soli 7-8 km da Brallo ed alla profondità di soli 5-7 km. Il terremoto non è stato avvertito dalle persone.



Qui accanto un segnale registrato il 16 agosto intorno alle 11. Sotto, per confronto, il rumore registrato il 6 agosto.