

RELAZIONE ITU-R M.2226

Descrizione del funzionamento amatoriale e sperimentale tra 415 e 526,5 kHz in alcuni paesi

(Domanda ITU-R 48-6 / 5)

SOMMARIO

Elenco delle abbreviazioni.....	2
Raccomandazioni e Rapporti citati.....	3
1 Introduzione	3
2 Osservazioni amatoriali e sperimentali di propagazione vicino 500 kHz	3
3 Lista delle amministrazioni e delle condizioni di funzionamento.....	3
3.1 Elenco delle amministrazioni	3
3.1.1 autorizzazioni secondarie.....	4
3.1.2 licenze di prova	4
3.1.3 licenze sperimentali.....	4
3.1.4 licenza Scientifica.....	4
3.1.5 Beacons(continuamente trasmissione stazioni per uso nel monitoraggio di propagazione).....	5
3.2 Condizioni di funzionamento - Note generali.....	5
4 Caratteristiche della stazione e il normale funzionamento.....	5
Allegato - Dettagliato esempi di operazioni di Amministrazione	6
1 in Australia.....	6
1.1 Introduzione.....	6
1.2 Operazione sperimentale in Australia.....	6
1.3 Trasmissioni CW Beacon	7
1.4 Connessione CW Trasmissioni molto lenti.....	7
1.5 Propagazione di segnale debole Reporter.....	7
1.6 Modalità Digitali.....	9
1.7 Contatti a due vie.....	9

1.8 Sviluppo di trasmettitori, ricevitori, sistemi di antenne e di mitigazione interferenza	9
1.9 Misure Campo-forza	9
1.10 Conclusione	11
2 Canada.....	11
2.1 Quadro per gli esperimenti di radioamatori in Canada	11
2.2 Caratteristiche della stazione e il normale funzionamento	12
2.3 operazioni sperimentali in Canada	12
3 Stati Uniti d'America.....	13
4 Regno Unito	14
4.1 Antefatto	14
4.2 Antenna per trasmissione, progetto e prestazioni.....	15
4.3 Progettazione del sistema ricezione.....	15
4.4 Modalità operative vicino 500 kHz.....	15
4.5 Equipaggiamento e progettazione.....	16
4.6 Conclusioni.....	16

Elenco delle abbreviazioni

CWContinuousWave (Morse telegrafia)

DSP Elaborazione del segnale Digital

e.i.r.p. Isotropa equivalente irradiata

e.r.p. Potenza efficaceirradiata

FSK-31 Frequency Shift Keying 31,25 Hz

MSK-31spostamentominimo keying 31,25 Hz

PSK 31 Phase Keying 31,25 Hz

SDR Software Defined Radio

SNR Signal-to-rumore

WSPR Segnale debole propagazione di giorno

Raccomandazioni e Rapporti citati

Raccomandazione ITU R M.1677-1 Internazionale codice Morse

Raccomandazione ITU curve di propagazione R P.368-9 terra onda per le frequenze comprese tra 10 kHz e 30 MHz

Segnala ITU R M.2200 caratteristiche di trasmissione di stazioni radio amatoriali nella banda 415÷526,5 kHz per gli studi di condivisione

1 Introduzione

Alcune amministrazioni in tutte e tre le Regioni ITU hanno autorizzato l'uso di varie parti della band 415÷526,5 kHz da operatori di servizi dilettante nella loro giurisdizione, sia per un numero limitato di appassionati attraverso autorizzazioni sperimentali temporanee o per la popolazione generale dilettante attraverso un'autorizzazione nazionale soggetti al n 4.4 del regolamento delle radiocomunicazioni. Tra le Amministrazioni partecipanti autorizzazioni temporanee variano rispetto alle frequenze consentiti e limiti di potenza. Il corpo principale di questo documento individua le amministrazioni che consentono tali operazioni e affronta alcune caratteristiche comuni di queste stazioni e le loro operazioni. L'allegato al presente documento illustra le condizioni e le attività svolte nell'ambito di alcune di queste autorizzazioni temporanee.

2 amatoriali e sperimentali osservazioni di propagazione vicino 500 kHz

Esperienza amatoriale di propagazione a queste frequenze è che durante il giorno, la comunicazione per propagazione terra-onda è fattibile tra le stazioni interne fino a qualche centinaio di chilometri di distanza. Dopo il buio, segnali cielo-onda sono paragonabili a quelle di terra onda a distanze dell'ordine di 100 km o superiore, portando a multi-percorso dissolvenza con un periodo dell'ordine di minuti, spesso con cancellazione ideale vicino del segnale nullo. A distanza di centinaia di chilometri e oltre, di propagazione è esclusivamente sky-onda, anche oggetto di multi-path dissolvenza. Questo rende la comunicazione vicino a 500 kHz sfida a distanze superiori a qualche centinaio di chilometri, con livelli di segnale spesso al di sotto della soglia del rumore, anche nelle larghezze di banda molto strette generalmente utilizzati.

I dilettanti hanno studiato la propagazione di onde nei pressi del cielo 500 kHz attraverso l'esperienza di comunicazione a due vie, e anche attraverso l'utilizzo di trasmettitori Beacon. Recentemente, fari amatoriali in diversi paesi che utilizzano la modalità WSPR (segnale debole propagazione Reporter) operativo, recentemente sviluppata da dilettanti, sono stati utilizzati con successo. WSPR usa una stretta segnale MFSK larghezza di banda che può essere decodificato con successo e quantificato in condizioni di segnale debole (-3 dB SNR in larghezza di banda 6 Hz) che lo rende adatto per l'uso da stazioni amatoriali a basso erp Ogni stazione alterna tra trasmissione e ricezione fasce orarie, in modo che i segnali possono essere monitorati tutti i percorsi tra le stazioni faro attivi. Dati dei segnali ricevuti da tutte le stazioni vengono registrati automaticamente e caricati in un database accessibile al pubblico on-line per ulteriori analisi.

3 Lista delle amministrazioni e delle condizioni di funzionamento

3.1 Elenco delle amministrazioni

L'International Amateur Radio Union ha individuato le seguenti amministrazioni ad aver autorizzato un'operazione amatoriale o sperimentale tra 415 e 526,5 kHz novembre 2010.

3.1.1 autorizzazioni secondarie

Country	Frequency range	Comments
Belgium	501-504 kHz	
Norway	493-510 kHz	
New Zealand	505-515 kHz	On a temporary basis
United Kingdom	501-504 kHz	A notice of variation is required

3.1.2 licenze di prova

Country	Frequency range	Comments
Ireland	501-504 kHz	Until mid-2011, may be renewed. Allows communication with licensed amateur radio stations in other countries.

3.1.3.Licenze sperimentali

Country	Frequency range	Comments
Croatia	493-510 kHz	One year until June 2011
Iceland	493-510 kHz	Temporary until end 2010
Denmark	501-504 kHz	One station so far
Netherlands	501-504 kHz	One year until end of 2010 (later extended until April 2011)
Sweden	501-507 kHz	2 stations until end of 2011
Canada	504-509 kHz	One year, renewable
United States	461-478 kHz 495-510 kHz	Five years until August 2015

3.1.4 licenza Scientific

Country	Frequency range	Comments
Australia	505-515 kHz	Only communication between the 6 licenses allowed, beacon allowed

3.1.5 Beacons (continuamente trasmissione stazioni per uso nel monitoraggio di propagazione)

Country	Frequency range	Comments
CzechRepublic	505.06 kHz	Call sign: OK0EMW
Germany	505.1 kHz	Six experimental beacon stations

3.2 Condizioni di funzionamento - Osservazioni generali

Anche se ci sono alcune variazioni, la maggior parte di queste autorizzazioni consentono solo per piccole modulazione di larghezza di banda - soprattutto Morse telegrafia (CW). Livelli di potenza differiscono pure, sia nella definizione (potenza di uscita del trasmettitore o ERP) e di livello, che vanno da 1 W ERP a 200 W di potenza di uscita del trasmettitore.

Alcune delle autorizzazioni sono state rilasciate per un solo anno. Molti di questi possono essere rinnovati fino WRC-12.

Molte delle autorizzazioni che sono elencati sopra licenze sperimentali o scientifici non sono autorizzati ad avere contatti a due vie con le stazioni al di fuori del proprio paese o territorio. Per i grandi paesi come il Canada, gli Stati Uniti e l'Australia questo darà ancora dati propagazione preziosi da breve a medio raggio, mentre in altre parti del mondo i segnali provenienti da stazioni con una licenza sperimentale in un paese servirà come fari per esperimenti di propagazione a radioamatori in altri paesi.

4 caratteristiche della stazione e il normale funzionamento

La maggior parte delle stazioni sono simili a quelli descritti nel Rapporto ITU R M.2200, "caratteristiche di trasmissione di stazioni radio amatoriali nella banda 415÷526,5 kHz per gli studi di condivisione". La maggior parte delle stazioni utilizzano CW, PSK 31, o un altro modo di dati come descritto in questa relazione

ALLEGATO

Esempi dettagliati di operazioni da parte delle amministrazioni

I seguenti amministrazioni hanno fornito descrizioni delle operazioni che hanno autorizzate.

1 Australia

1.1 Introduzione

La presente relazione descrive le attività sperimentali svolte recentemente in Australia nella banda 505-515 kHz. Alcune amministrazioni in tutti e tre i dell'UIT R Regioni hanno autorizzato il funzionamento da parte degli operatori del servizio amatoriale nell'ambito della loro giurisdizione, sia per un numero limitato di appassionati attraverso una licenza sperimentale, l'autorità temporanea speciale, o alla popolazione generale dilettante attraverso un'autorizzazione nazionale. Tali autorizzazioni variano nelle frequenze consentite e potenza per ogni stazione.

La banda 505-515 kHz non è attualmente disponibile per il servizio amatoriale in Australia; tuttavia, l'Istituto Wireless of Australia (WIA) è stato rilasciato licenze sperimentali che hanno permesso le trasmissioni nella banda. Lo scopo delle trasmissioni era di permettere studi da intraprendere per informare preparativi dell'amministrazione australiana per la WRC-12. Principali obiettivi dovevano dimostrare che le trasmissioni pratici e utili potrebbe essere fatto da strutture di servizio amatoriale rappresentativi senza causare interferenze alle vicine media frequenza (MF) ricevente per la radiodiffusione o per gli utenti esistenti della banda 415-526,5 kHz. Le trasmissioni anche consentito la valutazione della copertura ottenibile sotto diurno, terra-onda e notturna, condizioni di propagazione sky-onda. Di seguito vengono descritte le operazioni sperimentali condotte in Australia.

1.2 operazione sperimentale in Australia

Le licenze sperimentali che sono stati rilasciati a

TABELLA 1

Ammesse caratteristiche del trasmettitore nelle trasmissioni WIA autorizzati con le seguenti caratteristiche:

	Mode of operation				
	Morse telegraphy	PSK-31	FSK-31	MSK-31	Other digital modes
Frequency band (MHz)	0.505-0.515	0.505-0.515	0.505-0.515	0.505-0.515	0.505-0.515
Emission designator	150HA1A	62H0J2B	62H0F1B	62H0G1D	1K00D1D
Authorized e.i.r.p.(watt/dBW)	25/14	25/14	25/14	25/14	25/14

Durante il periodo delle attività sperimentali, cinque stazioni (due in Australian Capital Territory e uno in ciascuno dei New South Wales (NSW), Victoria (VIC) e South Australia (SA)), funzionano con una varietà di installazioni del trasmettitore fatto in casa e attrezzature commerciali. Trasmissioni

sperimentali sono verificati sia una ad hoc e ad orari prefissati. Il lavoro sperimentale svolto nelle condizioni di licenza inclusi:

- Normale on-off calettato codice Morse (modulazione A1A)
- velocità molto lenta on-off e spostamento di frequenza digitato il codice Morse
- Modalità di debole intensità Propagazione Reporter (WSPR)
- trasmissioni Beacon utilizzando una varietà di "scheda audio" modi digitali
- Un numero limitato di contatti bidirezionali
- Sviluppo di attrezzature; trasmettitori, ricevitori e sistemi di antenne
- permesso Internet ricevitori
- Trasmissione Picture
- Misura della forza del campo d'onda terra e station stima effettiva potenza irradiata

Mentre le comunicazioni a lunga distanza sono stati raggiunti durante gli esperimenti, i segnali più lunghe onde gamma cielo erano generalmente impercettibile con livelli inferiori al livello di rumore di fondo. Questi segnali sono stati rilevati e decodificati solo in virtù della capacità di elaborazione del segnale intenso che è possibile quando si utilizza un personal computer per estrarre e decodificare i segnali.

1.3 Trasmissioni CW Beacon

Accoglienza diurna di normali segnali in codice Morse esteso ad alcune centinaia di chilometri, mentre la ricezione di notte esteso a circa 2 000 km. AX2VKW operator Station (VIC) ha mantenuto un faro CW su 507 kHz sulla maggior parte dei fine settimana per tutta la durata delle attività sperimentali. Questo beacon era molto utili per lo sviluppo della capacità di ricevere in quanto ha fornito un segnale stabile off-aria per il test. Altre stazioni gestiscono fari utilizzando una varietà di modalità su una base ad hoc e questi erano utili nella sensibilizzazione dei vari modi digitali.

1.4 Trasmissioni CW molto-lenti Connessione

Molto-bassa velocità on-off e spostamento di frequenza il codice Morse digitato e Hellschreiber sono modi semplici spesso utilizzate per la comunicazione con segnale debole. Queste modalità fanno uso di tecniche di Digital Signal Processing (DSP) per ottenere un significativo aumento di lavorazione. Queste tecniche permettono segnali molto deboli con larghezze di banda fino a 1 Hz da estrarre da sotto il livello di rumore in un ricevitore con una larghezza di banda nominale di 2,7 kHz.

Queste modalità consentite trans-Tasman ricezione di segnali; con i segnali provenienti da Nuova Zelanda amatoriale MF beacon possono essere regolarmente osservati in Australia e un numero più limitato di segnalazioni di ricezione di segnali australiani MF in Nuova Zelanda.

1.5 Propagazione segnale debole Reporter

Modalità WSPR utilizza un multi-frequenza di trasmissione del cambio a bassa velocità con ForwardErrorCorrection (FEC) codifica; rapporti di ricezione vengono riportati automaticamente in tempo reale via Internet. Stazioni multiple operano in un intervallo di frequenza di 200 Hz utilizzando un sistema di divisione multiplex tempo sincronizzato ad un intervallo di tempo di due minuti. Rapporti segnale contengono l'identificazione univoca del trasmettitore e misurazioni affidabili segnale-rumore rapporto che sono utili per valutare le condizioni di propagazione attraverso vari percorsi. Questo sistema permette un tempo di serie di rapporti di segnale da creare che fornisce dati utili per l'analisi continua delle condizioni di propagazione.

Una rete di tali centrali potrebbe monitorare la propagazione su una vasta area e, eventualmente, aggiungere alla conoscenza delle variazioni a breve e lungo termine, così come i cambiamenti di propagazione locali e regionali. Ogni segnale WSPR decodificato produce testo che mostra il tempo e il segnale misurato rumore in dB (in una larghezza di banda di riferimento 2 500 Hz) Il guadagno di

elaborazione disponibile con il software WSPR è significativa e funzionerà in modo affidabile con un rapporto segnale-rumore di -30 dB. Tipici esempi dei risultati ottenuti con queste tecniche sono mostrati nelle Figg. 1 e 2: **Figura 1**

Questo grafico mostra le variazioni di WSPR riportato rapporto segnale-rumore su una distanza di 917 km (Canberra, ACT a Nairn, SA). La trama è stata prodotta dai dati ottenuti dal database WSPR

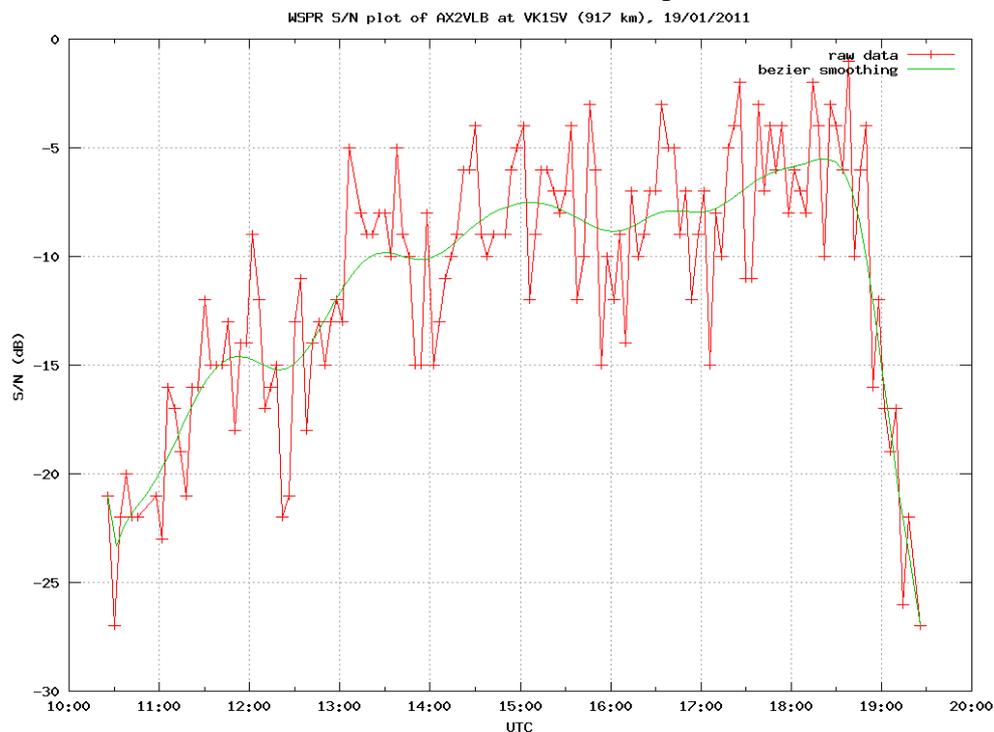
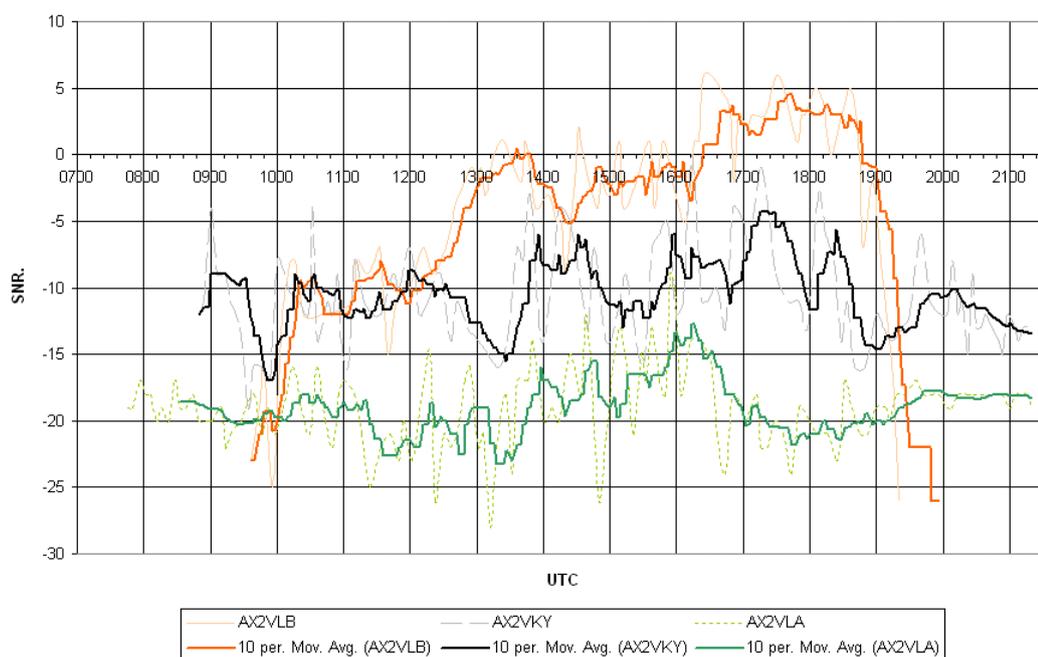


FIGURA 2

AX2VKY (ACT) e AX2VLA (NSW) vengono macinati stazioni distanza onda a circa 140 km di distanza dal ricevitore. AX2VLB (SA) la distanza sky-onda è di circa 1 060 km

AX2VLB, AX2VKY and AX2VLA Received by VK2DDI - 26/01/2011



1.6 Modalità digitali

Sono state realizzate trasmissioni Beacon utilizzando una varietà di "scheda audio" modalità digitale, con e senza FEC. Queste trasmissioni beacon hanno dimostrato la capacità di modi digitali per la diffusione affidabile di informazioni di testo che possono essere utili in situazioni di emergenza o di emergenza. Gamme diurne di circa 200 km e notturna varia fino a circa 1 000 km sono stati raggiunti.

Comunicazioni a lunga percorrenza sono stati in gran parte raggiunti, con un segnale negativo al rumore. Ciò dimostra l'importanza del guadagno di elaborazione disponibile utilizzando comunicazioni appropriate software applicativo. Spesso il segnale non era udibile, ma molto pochi errori sono stati osservati nel testo ricevuto.

1.7 Contatti due vie

Un numero limitato di contatti a due vie utilizzando modi sia codice Morse che tastiera hanno dimostrato che le comunicazioni affidabili a due vie possono essere realizzati su percorsi fino a almeno 1 000 km di notte.

Si sono verificati diversi contatti due vie CW; AX2VKW (VIC) e AV2VKZ (ACT) su una distanza di circa 440 km, e tra AX2VKW (VIC) e AX2VLB (SA) su una distanza di circa 650 chilometri.

Per le modalità di tastiera, velocità di trasferimento dati modesti di circa 40 a 50 parole al minuto sono stati usati con prestazioni senza errori su percorsi a lunga distanza (Canberra, ACT a Nairn, SA).

1.8 Sviluppo di trasmettitori, ricevitori, sistemi di antenne e di mitigazione interferenza

Le licenze sperimentali permesso una notevole quantità di competenze da sviluppare nel processo di creazione e il funzionamento di una stazione MF in un tipico ambiente urbano. Significativamente, non ci sono notizie note di interferenze radio o trasmissioni televisive reception o altri servizi già presenti sul mercato.

Potenze trasmettitore tipiche erano nella gamma da 10 a 100 watt; tuttavia l'efficienza dell'antenna relativa alla potenza è bassa, la potenza irradiata è stata in genere molto meno di 1 watt. Antenne trasmettenti tipiche erano della forma di top-caricato verticale, generalmente da 10 a 15 m. Antenne riceventi erano di solito un frusta attiva o spira magnetica perché questi tipi di antenne sembrano essere meno sensibili al rumore di fondo. Alcuni esperimenti utilizzando basse dipoli orizzontali hanno indicato che svolgono meglio di quanto si poteva aspettare a MF, in modo che si possano rivelare utili per le persone che hanno spazio sufficiente.

Rumore elettrico locale ha dimostrato di essere un problema significativo per la ricezione a queste frequenze. Ogni operatore che ascoltava ha dovuto affrontare la questione e il problema è stato risolto mediante l'applicazione di una o più delle seguenti tecniche:

- filtri di rete che si installa su apparecchi rumorosi
- Installazione di una bassa impedenza di terra RF
- Montaggio in modo comune strozzatori a linee di alimentazione dell'antenna
- Alimentatori isolati per preamplificatori riceventi e antenne attive
- Isolamento delle apparecchiature radio dal computer che vengono utilizzati per l'analisi del segnale e decodifica

1.9 Misure Campo-resistenza

Misure di campo-resistenza sono state realizzate con una antenna e Selective Level Meter (SLM). Questo è stato effettuato per misurare la potenza irradiata efficace da un rappresentante ferroviaria di una tipica stazione amatoriale in un ambiente urbano. Un trasmettitore 50 watt alimentante un'antenna Marconi "T" è stato utilizzato per la sorgente di segnale e una D2055 SLM Siemens con antenna amplificata 8 svolta per la ricezione. I risultati ottenuti dalla rilevazione sono riportati nella tabella 2.

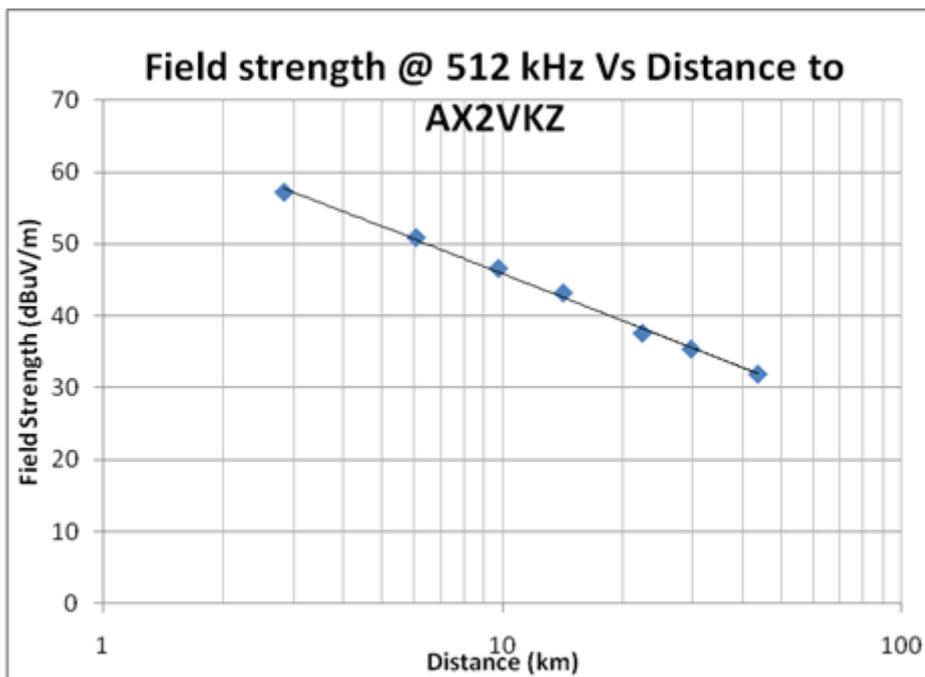
TABELLA 2

Elettrico campo-forza in funzione della distanza

Distance (km)	E_f ($\mu\text{V/m}$)	dB ($\mu\text{V/m}$)
2.83	725	57.2
6.07	351	50.9
9.77	214	46.6
14.21	145	43.2
22.45	76	37.6
29.76	59	35.4
43.77	39	31.9

FIGURA 3

Campo-forza dalla tabella 2 tracciati in decibel riferito a 1 mV / m vs. distanza in chilometri



È utile confrontare il grafico in Fig. 3 con Fig. 6 della raccomandazione ITU R P.368-9, terra curve di propagazione delle onde di frequenze comprese tra 10 kHz e 30 MHz. Utilizzando tale grafico e prendendo la lettura alle 10 km per 500 kHz dà una intensità di campo di 87 dB sopra 1 mV / m, che è 41 dB sopra la lettura di fig. 3 per la stessa distanza. Notando che le classifiche dell'UIT assumono 1 kW di potenza irradiata, l'effettiva potenza irradiata da AX2VKZ può essere calcolato come 0,08 watt. Questo risultato può essere confrontato con altri metodi di calcolo.

La Società Radio della Gran Bretagna pubblicazione LF Today (2nd Edition, P101), fornisce un metodo per calcolare la potenza equivalente irradiata dal campo elettrico misurato:

$$P_{erp} = \frac{E_f^2 d^2}{49}$$

dove E_f è l'intensità del campo in V / m e d è la distanza in metri. Utilizzando i valori riportati nella tabella 2, la potenza effettiva irradiata per l'installazione di prova è risultata essere di circa 77 ± 15 mW (una deviazione standard), rispetto ai 80 mW calcolati utilizzando le tabelle ITU. L'effettiva potenza teorica irradiata può essere calcolata conoscendo l'altezza effettiva (h_{eff}) dell'antenna e la corrente RF (I) alla sua base, 8,5 e 1,7 m amplificatori in questo caso, che assicura:

$$P_{erp} = I^2 160\pi^2 \left(\frac{h_{eff}}{\lambda}\right)^2 = 0.95 \text{ watts}$$

Il valore misurato è di circa 10 dB al di sotto del valore calcolato sopra e la differenza è pensato per essere dovuto al fatto che l'antenna trasmittente è in prossimità di una casa, alberi e altra vegetazione. Misure di massima indicato che le grandi correnti RF scorreva in alberi vicini, impianti idraulici e cavi elettrici quando il trasmettitore operava. Ciò ha comportato una significativa quantità di potenza dissipata in perdite resistive che si trovano ben all'interno del campo vicino reattivo dell'antenna. Installazioni commerciali MF evitano questo problema individuando antenne trasmittenti in aree libere lontano da edifici e vegetazione; aumentano anche l'efficienza con l'installazione di grandi sistemi a bassa resistenza di terra per ridurre le perdite.

Nonostante la bassa efficienza dell'antenna (0,15%) e la piccola potenza irradiata, comunicazioni affidabili e utili sono stati raggiunti da questa stazione. Questi risultati dimostrano che la maggior parte degli operatori starebbero lottando per avvicinarsi al 25 W EIRP limite consentito per le licenze sperimentali. Questa limitazione fondamentale riduce significativamente il rischio di interferenze ad altri servizi.

1.10 Conclusione

Il lavoro sperimentale svolto sotto le licenze temporanee nella banda 505÷515 kHz coperto una vasta gamma di attività e ha dimostrato la potenziale utilità della banda per la comunicazione fra dilettanti. L'ampia copertura onda di terra è diversa da quella delle allocazioni amatoriali a frequenza superiore e queste caratteristiche potrebbero essere molto utile per comunicazioni affidabili quando altri mezzi non sono disponibili.

La disponibilità di sofisticati software che include FEC e DSP permette comunicazioni affidabili in circostanze che sarebbero state impossibili. Una combinazione di trasmettitori di potenza relativamente bassi e sistemi di antenne inefficienti significa che la possibilità di interferenze ai servizi già presenti sul mercato è molto bassa, ma il guadagno di elaborazione disponibili da tale software consente comunicazioni affidabili e utili che possono fornire un servizio prezioso in situazioni di calamità e di emergenza.

2 Canada

2.1 Quadro per gli esperimenti di radioamatori in Canada

Industry Canada ha autorizzato alcuni membri del Canadian servizio radioamatoriale per condurre esperimenti in prossimità di 500 kHz, ma richiede loro di farlo, non come membri del servizio radioamatoriale, ma come membri del canadese "servizio dello sviluppo". "Servizio dello sviluppo" è definito dalle norme radio canadesi come segue: "... un servizio di radiocomunicazione che prevede la

ricerca e lo sviluppo, la sperimentazione e la dimostrazione di apparecchi radio, o la valutazione della commerciabilità di apparecchi radio, le nuove tecnologie o servizi di telecomunicazione".

Gli sperimentatori nel servizio di sviluppo devono ottenere una licenza di sviluppo che definisce i termini tecnici e normativi dell'esperimento.

Membri di servizio amatoriali che hanno ottenuto una licenza di sviluppo per esperimenti 500 kHz possono comunicare direttamente con altri titolari di licenze di sviluppo amatoriali ma solo in Canada, come ad esempio non esistere accordi bilaterali o di altre per le comunicazioni con le stazioni sperimentali autorizzate da altre amministrazioni. Dilettanti in possesso di titoli di sviluppo non possono comunicare con i membri del servizio radioamatoriale operante nelle bande radioamatoriali assegnate. I titolari di licenza di sviluppo devono cessare le operazioni, se avvisati che stanno causando interferenze a un utente primario della frequenza.

2.2 caratteristiche della stazione e il normale funzionamento

La maggior parte delle stazioni sono simili operativamente a quelli descritti nel Rapporto ITU R M.2200, "le caratteristiche di trasmissione di stazioni radio amatoriali nella banda 415-526,5 kHz per gli studi di condivisione." La maggior parte stazioni utilizzano CW (telegrafia Morse), PSK 31, o altri modalità dati. Fanno anche un modo trasmissioni di prova faro. Trasmettitori genere hanno di uscita fino a 200 Watt variabile (23 dBW) per mantenere l'autorizzato canadese 20 Watt (13 dBW) erp limite. Le antenne utilizzate sono in genere: 16 metri monopoli con unità corrispondenti (guadagno -13,8 dBi); Antenne "Tee" con parte verticale 13-25 metri e top fili di carico fino a 80 metri di lunghezza (utili che vanno da -9,64 dBi a -12 dBi); e Inverted "L" (Marconi) antenne, porzioni verticali da 13 a 20 metri con tratti orizzontali 48-115 metri di lunghezza, (utili che vanno da -7,6 a -21,1 dBidBi).

2.3 operazioni sperimentali in Canada

Le operazioni sperimentali vicino a 500 kHz per radioamatori autorizzati da Industry Canada sono definiti esperimenti condotti sotto gli auspici di Radio Amatori del Canada (RAC), società membro dell'Unione Internazionale Radio Amateur per il Canada.

I radioamatori sono stati rilasciati titoli di sviluppo per il funzionamento tra 504 e 509 kHz, utilizzando i segnali di chiamata in VX9xxx blocco. Le licenze sono valide per un anno e sono rinnovabili. In generale, le stazioni trasmettono usando le seguenti caratteristiche di trasmissione:

	Mode of operation			
	Morse telegraphy	PSK-31	FSK-31, WSPR	MSK-31
Frequency band (kHz)	504-509	504-509	504-509	504-509
Necessary bandwidth and class of emission (emission designator)	150HA1A	62H0J2B	62H0F1B	62H0G1D
Authorized e.r.p. (dBW)	13.0	13.0	13.0	13.0

Le stazioni sono autorizzati ad operare in postazioni fisse come da condizioni di licenza di sviluppo. Attualmente ci sono stazioni sulle coste est e ovest del Canada, e nel Canada Centrale (Ontario). Alcune delle stazioni hanno completato una serie di comunicazioni a due vie con l'altro, utilizzando protocolli comuni per le operazioni nel servizio amatoriale (ad esempio quelli che si trovano nella raccomandazione ITU R M.1677-1 per Morse telegrafia). Stazioni di sviluppo canadesi possono comunicare solo direttamente con altre stazioni di sviluppo canadesi.

Le trasmissioni sono stati prevalentemente a senso unico, trasmissioni beacon ai fini del test di propagazione sulla massa di terra del Nord America. I radioamatori e gli ascoltatori a onde corte sono stati invitati a presentare rapporti di ricezione. Gli sperimentatori controllano anche le operazioni di esperimenti da radioamatori autorizzati da altre amministrazioni e punti di forza del segnale relazione. Inoltre, gli sperimentatori sono anche monitorando le trasmissioni utilizzando tecnologie di sviluppo, come WSPR, trasmessi da emittenti autorizzate da altre amministrazioni per valutare la loro utilità per la sperimentazione e le operazioni di dilettante se è un accantonamento al servizio amatoriale concesso.

Ore di funzionamento, di comunicazione a due vie, rapporti di ricezione, e le denunce di interferenza sono rigorosamente registrati e documentati. Poiché le operazioni iniziarono nell'ottobre 2009 e fino alla data di pubblicazione della presente relazione non possiamo lamentarci delle interferenze che sono stati ricevuti.

Molti rapporti di ricezione sono venuti dal Canada orientale e occidentale e dagli Stati Uniti. Inoltre, alcuni rapporti sono stati ricevuti dall'Europa. Gli sperimentatori consigliano che la ricezione delle onde di terra affidabile sembra essere possibile fino a 200 a 500 km in sentieri di terra che utilizzano le stazioni tipici descritti in PDN Rapporto ITU R M.2200. Per esperienza sulle bande amatoriali, in cui la comunicazione a queste distanze è spesso fatta su 3,5 MHz e 7 MHz e superiori, durante le tempeste ionosferiche sono impraticabili, la comunicazione vicino a 500 kHz rimane spesso possibile. In altre parole, la propagazione a 500 kHz è più costantemente stabile rispetto a bande di frequenza più elevate.

3 Stati Uniti d'America

Un certo numero di interventi sperimentali nella gamma di frequenza sono stati autorizzati dalla Federal Communications Commission degli Stati Uniti. Tra i più attivi di queste sono operazioni condotte sotto l'egida della American Radio Relay League (ARRL), società membro dell'Unione Internazionale Radio Amateur per gli Stati Uniti.

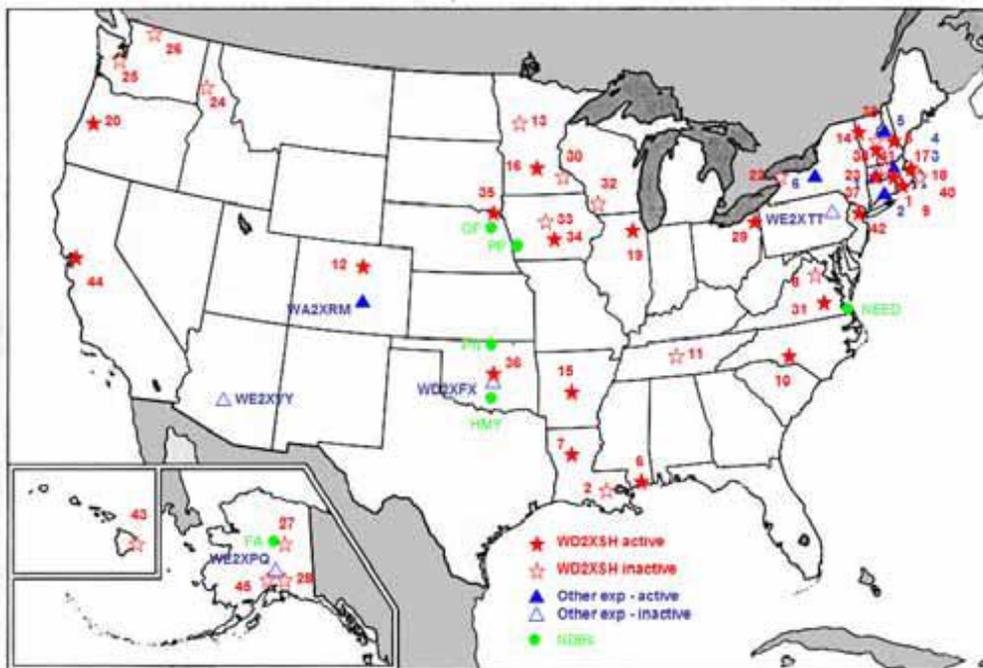
ARRL è stato rilasciato un titolo sperimentale per il funzionamento 461÷478 kHz e 495÷510 kHz, utilizzando il segnale di chiamata WD2XSH. Quarantadue gli operatori sono stati autorizzati a trasmettere con le seguenti caratteristiche di trasmissione.

	Mode of operation			
	Morse telegraphy	PSK-31	FSK-31, WSPR	MSK-31
Frequency band (kHz)	461-478 495-510	461-478 495-510	461-478 495-510	461-478 495-510
Necessary bandwidth and class of emission (emission designator)	150HA1A	62H0J2B	62H0F1B	62H0G1D
Authorized e.i.r.p. (dBW)	15.1588	15.1588	15.1588	15.1588

Le stazioni sono autorizzati ad operare in posizioni fisse e stazioni mobili entro 50 km della postazione fissa. Le posizioni autorizzate e lo stato di attività corrente (alcune stazioni inattive sono stati attivi nel passato) per la licenza ARRL sono indicati in rosso nella mappa qui sotto. Le posizioni di altri licenziatari sperimentali degli Stati Uniti sono indicati in blu, e la posizione approssimativa delle stazioni osservati nei servizi incombenti in verde.

FIGURA 4

Sedi di stazioni sperimentali e stazioni incombenti osservati negli Stati Uniti



Un piano operativo è stato istituito per ridurre al minimo il rischio di interferenze con i servizi già presenti sul mercato. Stazioni incombenti sono stati osservati periodicamente su 500 kHz (operazioni periodiche di legacy stazioni costiere marittime utilizzando Morse telegrafia), 505 kHz (una trasmissione beacon, identificando come "bisogno", da qualche parte nelle vicinanze di Norfolk, Virginia) e 510 kHz (un aeronautico NDB, identificando come "OF", operante nel Nebraska orientale). Il piano operativo limita tutti gli utenti della gamma 499÷501 kHz per fornire spazio ad operazioni a 500 kHz. Stazioni vicino le trasmissioni beacon sono limitati da trasmettere entro 2 kHz dei fari durante il loro esercizio. Nel 2011, il piano operativo è stato modificato a spostare le operazioni nella gamma 461÷478 kHz.

Trasmissioni sono prevalentemente stati a senso unico trasmissioni beacon ai fini del test di propagazione. Le persone con ricevitori in grado di operare, sono stati invitati a presentare rapporti di ricezione tramite un sito web. Inoltre, le stazioni hanno completato una serie di comunicazioni a due vie con l'altro, utilizzando protocolli comuni per le operazioni nel servizio amatoriale (ad esempio quelli che si trovano nella raccomandazione ITU R M.1677-1 per Morse telegrafia).

Ore operative, comunicazioni a due vie, rapporti di ricezione, e le denunce di interferenza sono rigorosamente registrati e documentati. Dalla nascita delle operazioni nel 2007, 29 delle 44 stazioni autorizzate sono operativi a un certo punto, con gli altri che lavorano per diventare operativi. Al 31 agosto 2011, queste stazioni hanno completato 451 comunicazioni a due vie, verificati 13 457 rapporti di ricezione, e si erano combinati per operare 1 061 588 ore di stazione, con zero denunce di interferenza.

4 Regno Unito

4.1 Antefatto

Nel corso degli ultimi anni, il regolatore britannico ha messo a disposizione Annunci di variazione (novembre) per consentire ai titolari UK Amateur licenza completa di accesso a breve termine per la

gamma di frequenza 501÷504 kHz su un Research Special Permit (sperimentale) base, con un limite di potenza massima trasmessa di 10 W ERP. Queste Annunci di variazione sono rilasciate previo non causare interferenze ad altri servizi.

Ciò ha dato ai dilettanti l'opportunità di sperimentare nello spettro tra la LF esistente e allocazioni MF al Servizio Amateur. Settantuno titolari Licenza Amateur UK completa sono stati emessi con NoVs e si sono impegnati in una vasta gamma di sperimentazione. Questo documento considera il futuro sviluppo tecnico attuale e potenziale e le indagini da dilettanti che utilizzano le frequenze vicine 500 kHz. Inoltre, un faro di monitoraggio propagazione ha operato ininterrottamente per lunghi periodi nel Regno Unito, con molti altri anche ad operare su un "assistito", e quindi a tempo parziale nel Regno Unito e in Europa.

4.2 trasmissione antenna design e prestazioni

Una questione importante che gli operatori del Regno Unito sono venuti contro, per quanto riguarda il funzionamento di una stazione amatoriale nei pressi di 500 kHz, è la dimensione e l'efficienza delle antenne pratiche. Antenne amatoriali sono limitati in termini di dimensioni a causa dei vincoli di spazio nei locali domestici, vincoli urbanistici e di costo. A queste frequenze le dimensioni di antenne amatoriali, particolarmente l'altezza, raramente possono essere più di una piccola percentuale della lunghezza d'onda di funzionamento. Tali piccole elettricamente antenne hanno inevitabilmente bassa resistenza di radiazione e perdite elevate che riducono l'efficienza di radiazione, spesso meno di 1%. Limitazioni pratiche sulla potenza di uscita del trasmettitore e gestione della potenza antenna spesso provocano la ERP massima di stazioni amatoriali che possono essere ben al di sotto dei limiti consentiti. Questo contrasta con le antenne in atto da utenti professionali, che in genere coinvolgono grandi alberi per raggiungere l'efficienza e tenuta in potenza molto più elevata. Questi problemi sono stati coperti più dettagliatamente nella Relazione ITU R M.2200.

La frequenza di funzionamento relativamente bassa facilita misure amatoriali con antenne 500 kHz. La lunghezza d'onda è relativamente meno soggetto a riflessione, diffusione, propagazione e perdite nella zona intorno all'antenna di frequenze più alte. Questo consente misurazioni quantitative ripetibili da effettuare sull'antenna in situ, piuttosto che richiedere una gamma antenna dedicata. La bassa frequenza semplifica anche la progettazione e la taratura dei sistemi di misura. L'accesso alle frequenze vicino a 500 kHz per questo lavoro sperimentale, completa l'attuale allocazione 136 kHz, per il quale valgono considerazioni analoghe, e permette la ricerca di effetti dipendenti dalla frequenza sulle prestazioni dell'antenna.

4.3 La progettazione del sistema Ricezione

La progettazione del sistema ricevente è coperta in dettaglio nel Rapporto ITU R M.2200. Con cura, le antenne possono essere progettati con figure di rumore sotto il rumore ambientale, e con adeguato filtraggio e gamma dinamica di operare in presenza di segnali di alto livello in parti adiacenti dello spettro. Queste antenne compatte possono essere posizionati per sfruttare localmente bassi livelli di intensità di campo del rumore, o combinati in array di attuare programmi di cancellazione di rumore o produrre nulli orientabilidirezionalmente.

4.4 Modalità operative vicino 500 kHz

Per i test di propagazione a lunga distanza, in cui SNR solito è molto al di sotto di 0 dB in normali larghezze di banda di trasmissione, è stato fatto uso di tecniche di trasmissione a banda stretta con successo precedentemente impiegati a 136 kHz, come la bassa velocità del codice Morse telegrafia con larghezze di banda estremi, frazioni di herz, e banda stretta, le trasmissioni dati altamente ridondanti, come la modalità beacon WSPR.

Per la comunicazione a due vie, una gamma di modi digitali sviluppati per l'uso nella gamma HF e sopra, sono stati provati. La modulazione MFSK è favorita, in quanto il segnale di ampiezza costante consente contemporaneamente la larghezza di banda del segnale di essere strettamente controllata, e per il trasmettitore si possono utilizzare progetti semplificati. Le modalità MFSK, ROS1 MF e MF ROS7 sono state adattate appositamente per soddisfare le esigenze di comunicazioni a queste frequenze, con larghezza di banda di modulazione di 100 Hz. La disponibilità di modem DSP e il potente software in esecuzione sul PC hardware a basso costo è stato un importante impulso allo sviluppo di nuove modalità di trasmissione digitale su tutte le bande amatoriali, e c'è molto spazio per lo sviluppo di modulazione e codifica tecniche specificamente per MF.

4.5 Attrezzatura e progettazione

Per il funzionamento, vicino a 500 kHz, c'è ben poco equipaggiamento prodotto commercialmente disponibile che è adatto per l'uso amatoriale. Proseguendo un trend iniziato con la banda di 136 kHz, di classe D ed E design switch-mode sono stati sviluppati. I dilettanti nel Regno Unito hanno sviluppato anche modulatori di ampiezza per l'utilizzo in classe D e trasmettitori E, permettendo l'intera gamma di tipi di modulazione da sfruttare in combinazione con sistemi di generazione dei segnali DSP.

Un altro settore in cui dilettanti stanno sviluppando apparecchiature è la strumentazione, per esempio, per l'impedenza antenna e misurazione del campo-forza. Questa zona di autoapprendimento approfitta della frequenza operativa relativamente bassa, il che significa che è possibile per dilettanti di costruire e calibrare la strumentazione in grado di ottenere dati quantitativi utili senza accesso di attrezzature costose e professionali.

4.6 Conclusioni

Si può notare che la autorizzazione sperimentale MF ai radioamatori nel Regno Unito viene utilizzato per ulteriori sviluppi Radio scientifica e tecnologica in numerosi settori. L'uso sperimentale di queste frequenze da dilettanti nel corso degli ultimi anni ha dimostrato indagini tecniche interessanti, così come le attività di comunicazione locali e internazionali, possono essere condotte con successo dalle strutture relativamente modesti disponibili. Questo è stato possibile entro i limiti di piccole antenne, basso erp trasmesso, l'esistenza di una vasta gamma di potenziali fonti di interferenza alla reception, e una piccola banda disponibile.

bibliografia

Radio Communications Handbook, la 11 ° edizione, capitolo 10 basse frequenze 136 kHz e 500 kHz.
Radio Society of Great Britain, ISBN 9781-9050-8674-0.