

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DELLE
TELECOMUNICAZIONI

**Studio e Sviluppo di un Sistema di
Trasmissione Dati presso la
Ex-Base NATO di Monte Giogo**

Relatore:

Chiar.ma Prof. Annamaria Cucinotta

Correlatori:

Chiar.mo Prof. Stefano Selleri

Marco Toni

Tesi di laurea di:

Claudio Poletti

Anno Accademico 2007-2008

Dedicato alla mia famiglia. Con affetto.

Claudio

Indice

Introduzione.....	8
1. Cenni storici	10
1.1 Introduzione.....	10
1.2 North Atlantic Treaty Organization.....	10
1.2.1 <i>Storia</i>	12
1.2.2 <i>Stati membri</i>	13
1.2.3 <i>Struttura politica</i>	15
1.2.4 <i>Struttura militare</i>	16
2. La rete ACE-HIGH	18
2.1 Introduzione.....	18
2.2 Funzionamento.....	19
2.3 La tecnologia Troposcatter	20
2.3.1 <i>Scattering</i>	23
2.3.2 <i>La sezione d'urto</i>	24
2.3.3 <i>Scattering multiplo</i>	25
2.4 Mappa della rete.....	26
3. Ex-base Troposcatter di Monte Giogo	29
3.1 Introduzione.....	29
3.2 Descrizione del complesso.....	29
3.2.1 <i>Aspetti tecnici</i>	32
3.3 Il futuro di Monte Giogo	34
4. Introduzione al sistema D-Star	36
4.1 Introduzione.....	36
4.2 Caratteristiche del segnale	37
4.2.1 <i>Analogico o digitale?</i>	40
4.3 Studi ed implementazioni	41
4.3.1 <i>ICOM D-Star</i>	43

4.4	Cinque esempi di applicazioni D-Star.....	47
4.4.1	<i>Applicazione 1</i>	48
4.4.2	<i>Applicazione 2</i>	48
4.4.3	<i>Applicazione 3</i>	49
4.4.4	<i>Applicazione 4</i>	49
4.4.5	<i>Applicazione 5</i>	50
5.	Progettazione ed implementazione di un sistema digitale D-Star	51
5.1	Introduzione.....	52
5.2	Assemblaggio	52
5.3	ID-RP2C.....	53
5.3.1	<i>Specifiche tecniche</i>	53
5.4	ID-RP400V	54
5.4.1	<i>Specifiche tecniche</i>	54
6.	Caratterizzazione di antenne e filtri a cavità risonante.....	56
6.1	Introduzione.....	56
6.1.1	<i>Filtri passivi</i>	57
6.1.2	<i>Filtri notch</i>	59
6.1.3	<i>TR-System notch</i>	63
6.2	Antenne.....	64
6.2.1	<i>Antenne direttive</i>	65
6.2.2	<i>Antenne collineari</i>	68
7.	Conclusioni	70
	<i>Bibliografia</i>.....	72

Introduzione

Dire che negli ultimi anni la tecnologia abbia fatto dei passi da gigante è forse una banalità, ma certamente il settore delle telecomunicazioni ha subito dei cambiamenti notevoli. La necessità di comunicazioni digitali ha preso il sopravvento con la nascita di internet e la digitalizzazione delle informazioni dei moderni calcolatori e componenti elettronici. In particolare, il mondo delle radiocomunicazioni, che da sempre ha rivestito un ruolo fondamentale sia in ambito civile che in ambito militare, ha subito una serie di evoluzioni che hanno permesso di mettere in comunicazione praticamente tutto il globo. Negli ultimi anni si è focalizzata l'attenzione sugli apparati rice-trasmittivi (filtri, antenne, ecc...) per migliorare la qualità delle comunicazioni. In particolare, questo lavoro di tesi è stato focalizzato nello studio e nell'analisi di un protocollo utilizzato nelle radiocomunicazioni digitali: il protocollo D-Star. Nei capitoli e paragrafi che seguiranno saranno illustrate, anche con l'ausilio di esempi pratici, le enormi possibilità che questo protocollo offre a livello di trasmissione e ricezione sia di fonia che di dati. La tesi si divide in sei capitoli informativi ed uno conclusivo. La prima parte vuole essere una breve introduzione a quello che è il sistema politico-militare della NATO, con particolare attenzione alla rete ACE-HIGH. Questo perché, come si potrà riscontrare proseguendo nella lettura, il sistema sviluppato e studiato durante questo lavoro di tesi è stato applicato ad apparati militari una volta in uso sulla ex-base NATO di Monte Giogo, nel comune di Comano, in provincia di Massa Carrara. I capitoli quattro e cinque sono inerenti all'applicazione del protocollo D-Star a questi apparati, con particolare attenzione ad alcune tecnologie, oramai obsolete, ma che presentano ancora un raro utilizzo in

ambito militare. Si parlerà, inoltre, di sistemi proprietari già funzionanti con questo protocollo, con particolare attenzione agli apparati sviluppati dalla ICOM, unico produttore che abbia sino ad ora svolto ricerca in questo senso. Infine verrà fatto un cenno alla teoria dei filtri a cavità risonante e al loro impiego nel sistema descritto e saranno presentate le possibili antenne utilizzabili intorno alla banda dei 400 MHz.

Cenni storici

1.1 Introduzione

In questo primo capitolo verrà fatta una breve introduzione alla struttura politico–militare della NATO (North Atlantic Treaty Organization) in quanto verranno descritti alcuni apparati militari usati per le comunicazioni digitali un tempo gestiti da questa organizzazione.

1.2 North Atlantic Treaty Organization

L'Organizzazione del Trattato Nord Atlantico, più conosciuta come NATO, indica l'organizzazione internazionale per la collaborazione nella difesa militare, creata nel 1949 in supporto al Patto Atlantico che venne firmato a Washington D.C. il 4 aprile 1949. Un suo ulteriore nome ufficiale è l'equivalente francese, *Organisation du Traité de l'Atlantique du Nord*, o OTAN. La misura fondamentale del trattato viene enunciata nell'articolo 5 che stabilisce:

« Le parti concordano che un attacco armato contro una o più di esse, in Europa o in America settentrionale, deve essere considerato come un attacco contro tutte e di

conseguenza concordano che, se tale attacco armato avviene, ognuna di esse, in esercizio del diritto di autodifesa individuale o collettiva, riconosciuto dall'articolo 51 dello Statuto delle Nazioni Unite, assisterà la parte o le parti attaccate prendendo immediatamente, individualmente o in concerto con le altre parti, tutte le azioni che ritiene necessarie, incluso l'uso della forza armata, per ripristinare e mantenere la sicurezza dell'area Nord Atlantica. »



Fig. 1.1: La bandiera ufficiale della NATO

Questa misura era concepita in modo tale che, se l'Unione Sovietica avesse lanciato un attacco contro uno qualsiasi dei paesi membri, questo sarebbe stato trattato da ciascun paese membro come un attacco diretto, ed era rivolta soprattutto a una temuta invasione sovietica dell'Europa occidentale. La temuta invasione sovietica non avvenne mai, ma questa misura venne utilizzata per la prima volta nella storia del trattato il 12 settembre 2001, in risposta all'attacco terroristico del giorno precedente a New York, negli Stati Uniti.

1.2.1 Storia

Il 17 marzo 1948 Belgio, Francia, e Regno Unito firmano il Trattato di Bruxelles, creando quindi l'Unione dell'Europa Occidentale (UEO) che è il precursore dell'accordo NATO. Il 4 aprile 1949 il Trattato NATO viene firmato a Washington. Il 14 maggio 1955 il Trattato del Patto di Varsavia viene firmato a Varsavia (Polonia) dall'Unione Sovietica e dai suoi stati satelliti allo scopo di controbilanciare la NATO. Entrambe le organizzazioni si fronteggiarono durante tutta la Guerra Fredda. Durante gli anni si sono succedute diverse modifiche, sia al trattato, sia alla composizione originale degli stati membri e delle loro funzionalità. Nel 1966, infatti, Charles de Gaulle decide di rimuovere la Francia dal comando militare NATO per poter perseguire il proprio programma di difesa nucleare. Questa decisione ha accelerato il “trasloco” del quartier generale NATO da Parigi a Bruxelles, che avviene il 16 ottobre 1967. Mentre il quartier generale politico si trova a Bruxelles, il quartier generale militare SHAPE (Supreme Headquarters Allied Powers Europe), si trova poco più a sud, nella città di Mons. Il 31 marzo 1991 finisce il Patto di Varsavia, che viene sciolto ufficialmente il 1 luglio. A conseguenza di questo importante fatto storico, l'8 luglio 1997 tre paesi ex-comunisti, Ungheria, Polonia e Repubblica Ceca, sono invitati ad unirsi alla NATO nel 1999. Il 24 marzo 1999 la NATO vede il suo primo impiego militare durante la Guerra del Kosovo, dove per 11 settimane conduce una campagna di bombardamenti contro la Jugoslavia, che terminerà l'11 giugno 1999 (Operazione Allied Force). Il 12 settembre 2001, un giorno dopo la tragica data del crollo del World Trade Center, la NATO invoca, per la prima volta nella sua storia, un articolo del suo statuto che stabilisce che ogni attacco a uno stato membro è da considerarsi un attacco all'intera alleanza. In questi ultimi anni l'organizzazione è stata “ristrutturata” nel cercare di

semplificare una struttura oramai priva del significato che l'aveva portata a compimento, ovvero quei periodi di “guerra fredda” che, da tempo, si sono spenti. La figura 1.2 mostra i paesi facenti parte del trattato atlantico e, in contrapposizione, i paesi che aderirono al patto sovietico.

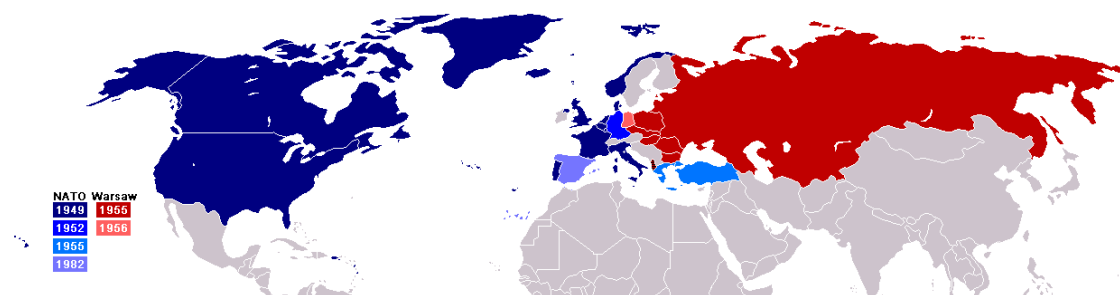











Fig. 1.2: Mappatura dell'area NATO e dell'area Warsaw.

1.2.2 Stati membri

I membri della NATO sono attualmente 26: 21 di questi sono anche membri dell'Unione Europea, mentre 24 di questi sono membri a vari titolo (membri effettivi, membri associati, paesi osservatori, partner associati) dell'Unione dell'Europa Occidentale.

Adesione alla NATO	Stati	Allargamento	Note
4 aprile 1949	 Belgio	Fondatori	
	 Canada		
	 Danimarca		
	 Francia		La Francia si è ritirata unilateralmente dal comando militare nel 1966. Da allora partecipa solo alla struttura politica: le sue forze armate non sono più state reintegrate nell'alleanza.
	 Islanda		L'Islanda è il solo membro che non ha un proprio esercito e ha aderito alle condizioni di non doverne creare uno. Tuttavia ha una Guardia Costiera e ha recentemente fornito truppe in

	 Italia		Norvegia per missioni NATO di mantenimento della pace.
	 Lussemburgo		
	 Paesi Bassi		
	 Norvegia		
	 Portogallo		
	 Regno Unito		
	 Stati Uniti		
18 febbraio 1952	 Grecia	Primo	La Grecia ha ritirato le proprie forze dal comando militare dal 1974 al 1980 per via delle cattive relazioni greco-turche risultanti dall'invasione turca di Cipro nel 1974.
	 Turchia		
9 maggio 1955	 Germania	Secondo	(come Germania Ovest; la Saarland è stata riunita nel 1957 mentre i territori di Berlino Ovest e della Germania Est sono stati riuniti il 3 ottobre 1990)
30 maggio 1982	 Spagna	Terzo	
12 marzo 1999	 Repubblica Ceca	Quarto	
	 Polonia		
	 Ungheria		
29 marzo 2004	 Bulgaria	Quinto	
	 Estonia		
	 Lettonia		
	 Lituania		
	 Romania		

	 Slovacchia		
	 Slovenia		
Invitati ad aderire alla NATO dopo i negoziati d'accesso:			
previsto 2009	 Albania	Sesto	
	 Croazia		

Tab. 1.1: Stati membri della NATO.

1.2.3 Struttura politica

L'alleanza è sostanzialmente governata dai suoi 26 stati membri: ognuno di essi ha una delegazione presso la sede centrale della NATO a Buxelles. Il più anziano membro di ciascuna delegazione è chiamato "Rappresentante permanente". L'organizzazione politica della NATO comprende:

- il **Consiglio del Nord Atlantico** o North Atlantic Council (NAC), è formato dai Rappresentati permanenti ed è l'organismo con l'effettivo potere politico all'interno della NATO. Si riunisce almeno una volta a settimana e occasionalmente vengono realizzati con l'integrazione di Ministri degli esteri, Ministri della difesa o Capi di stato e di governo: questi incontri sono quelli in cui solitamente l'alleanza prende le decisioni politiche più importanti.
- il **Segretario Generale** o Secretary General: presiede il Consiglio e rappresenta la NATO a livello internazionale.
- l'**Assemblea parlamentare** o Parliamentary Assembly, è formata da legislatori dei parlamenti dei paesi membri integrati da quelli di 13 paesi associati. È ufficialmente una struttura parallela ma staccata dalla

NATO: il suo scopo è quello di riunire deputati dei paesi NATO per discutere di temi relativi alla sicurezza e alla difesa.

1.2.4 Struttura militare

Il secondo membro importante di ciascuna delegazione presso la NATO è il rappresentante militare: un ufficiale anziano che proviene dalle forze armate di ciascun paese membro. L'organizzazione militare della NATO comprende:

- il ***Comitato militare*** o Military Committee (MC), è formato dai Rappresentati militari e ha il compito di decidere le linee strategiche di politica militare della NATO. Provvede inoltre alla guida dei Comandanti strategici, i cui rappresentanti partecipano ai consigli, ed è responsabile per la conduzione degli affari militari dell'alleanza sotto la guida del Consiglio. Come questo occasionalmente viene realizzato con l'integrazione dei Capi della difesa dei paesi membri;
- il ***Presidente del Comitato Militare*** o Chairman of the Military Committee: presiede il Comitato e dirige le operazioni militari della NATO insieme a due Comandi strategici.

Prima del 2003 i due comandi strategici erano:

- il ***Comandante Supremo Alleato Europeo*** o Supreme Allied Commander Europe (SACEUR);
- il ***Comandante Supremo Alleato Atlantico*** o Supreme Allied Commander Atlantic (SACLANT).

Oggi i due comandi strategici sono diventati:

- il ***Comando delle Operazioni Alleate*** o Allied Command Operations (ACO), responsabile delle operazioni NATO a livello mondiale;
- il ***Comando dell'Addestramento Alleato*** o Allied Command Transformation (ACT), responsabile per la formazione e l'addestramento delle forze NATO.

Il Comandante dell'ACO mantiene il titolo di SACEUR ed è di stanza al Supremo quartier generale alleato europeo o Supreme Headquarters Allied Powers Europe (SHAPE) di Casteau, cittadina belga vicino a Mons. Il comandante dell'ACT prende il nome di Comandante supremo dell'addestramento alleato o Supreme Allied Commander Transformation (SACT) ed è di stanza a Norfolk, Virginia, USA.

La rete ACE HIGH

2.1 Introduzione

Negli anni cinquanta la NATO si trovò nella necessità di disporre di un sistema di comunicazioni wireless autonomo ed affidabile, capace di coprire tutto il territorio europeo di sua competenza, che si estendeva dalla Turchia alla Norvegia. Come gli odierni siti dell'USAF (United States Air Force), esso aveva l'onere di collegare i principali centri operativi radar di risposta rapida con i siti esecutivi ed i vertici di comando. Le informazioni inviate erano strettamente confidenziali: il sistema doveva quindi possedere anche alte doti di sicurezza. Essendo l'era dei satelliti ancora lontana, si optò allora per un sistema terrestre di recente adozione basato sulla tecnologia Troposcatter, della quale si approfondirà nei paragrafi seguenti. Il network, che nel periodo di massimo impiego si estendeva per ben 8300 miglia, fu denominato *ACE-HIGH Project* e nel nostro paese contava una decina di stazioni, fino ad alcuni anni fa segretissime ed inviolabili, operate per conto della NATO da reparti del genio trasmissioni. In questo capitolo si cercherà di spiegare come operava questa importante rete e di capire quali erano le sue funzioni, la tecnologia ed i mezzi impiegati.

2.2 Funzionamento

Come già accennato, le trasmissioni operate dalla rete ACE-HIGH avevano il compito di rendere organico l'impianto di difesa dell'alleanza atlantica, trasferendo in tutta l'area di competenza ordini, informazioni, dati e tutto quanto potesse servire all'organizzazione ed al funzionamento dell'apparato difensivo. È bene rammentare che la necessità di cui andiamo dicendo si palesò nell'alleanza già nella prima metà degli anni cinquanta, periodo in cui le attuali reti di comunicazione satellitare dovevano attendere ancora quasi trent'anni per divenire operative. Quindi, il sistema di comunicazione che stava per essere progettato e sviluppato doveva essere rigorosamente terrestre, ovvero basato su una rete formata da più stazioni situate in luoghi opportunamente selezionati ed in grado di collegare tra loro, con piena sicurezza, affidabilità e segretezza, i singoli punti nevralgici. Le stazioni della rete ACE-HIGH avevano il compito di veicolare informazioni di ogni tipo, ma, in particolare, servivano a costituire la dorsale di interconnessione tra le sedi dei radar di allarme immediato, che svolgevano continuamente il controllo dello spazio aereo. È evidente che, se si escludevano comunicazioni satellitari non ancora esistenti, la copertura dei territori interessati a questa rete era molto difficile da realizzare. Per ragioni economiche, ma, soprattutto, per semplicità di funzionamento, la rete doveva essere costituita dal minor numero di stazioni possibile. Inoltre, la notevole mole di informazioni da trasmettere e la necessità che le stesse non fossero diffuse in senso circolare ma inviate a precisi *target* di destinazione, obbligava all'utilizzo di frequenze piuttosto elevate, distribuite con sistemi punto-punto con l'ausilio di antenne fortemente direttive, quindi dotate anche di elevato guadagno. Infine, era necessario disporre di un largo spettro elettromagnetico al fine di aumentare

la sicurezza delle comunicazioni, di minimizzare le interferenze e di trasportare un elevato numero di canali.

2.3 La tecnologia Troposcatter

Quando la NATO affrontò le problematiche inerenti alla propria rete di comunicazione, si rivolse verso un apparato all'epoca piuttosto recente, ma già sperimentato con risultati positivi negli Stati Uniti, noto con il nome di *Tropospheric Scatter* o *Troposcatter*. Questo sistema fu scoperto casualmente durante i test eseguiti sulle emissioni radar che all'epoca impiegavano le gamme di frequenza poi utilizzate successivamente nelle comunicazioni Troposcatter. I tecnici, durante le prove di individuazione dei velivoli, notarono “echi” di radiofrequenza non attribuibili ai bersagli; di conseguenza, approfondendo le problematiche inerenti a questi avvenimenti, riuscirono a qualificare ed a quantificare il fenomeno in questione, che fu poi applicato agli allora moderni sistemi di trasmissione. Nell'enunciazione, il sistema è piuttosto semplice e si basa sul fatto che, nell'attraversare la troposfera (la parte più bassa dell'atmosfera, estesa fino a 14.500 metri di quota), i fasci di onde elettromagnetiche nella gamma VHF, UHF e SHF subiscono un fenomeno appunto definito di *scattering* (spargimento), il quale determina la riflessione verso il basso di una certa percentuale del segnale irradiato, dovuto alla presenza nell'aria di umidità, pulviscolo o altro. Va precisato che questa quantità è molto modesta, in quanto la maggior parte del segnale utile attraversa l'atmosfera e si perde nello spazio esterno, ma porta con sé tutte le informazioni immesse dalla stazione trasmittente. Va da sé che se una stazione ricevente è in grado di ricevere il segnale riflesso e di demodularlo (o di ritrasmetterlo, se si tratta di un *link*) si attuerà il collegamento tra due siti, esattamente come se questi fossero a portata ottica. La tecnologia

Troposcatter serve quindi a consentire il collegamento stabile ad elevata frequenza tra due stazioni tra loro non visibili otticamente, come nel caso in cui queste siano troppo distanti e quindi la curvatura terrestre ne impedisca il collegamento diretto, oppure nel caso in cui esistano ostacoli di mole, come catene montuose. Un semplice esempio di scattering a tutti noto per esperienza diretta, anche se improprio, è quello a cui è soggetta la luce concentrata di un proiettore puntato di notte verso l'alto. Il fascio di luce che noi vediamo da terra a forma di cono non è altro che lo "spargimento" che la luce subisce nell'attraversare le particelle contenute nell'atmosfera (per umidità ed altro) che riflettono una modesta percentuale del fascio luminoso nella nostra direzione, rendendolo visibile. Quel fascio, infatti, non sarebbe in alcun modo osservabile da terra se fosse proiettato nel vuoto. Quando il fascio viene proiettato in alto durante una notte di foschia, esso diviene maggiormente visibile da terra, in quanto le particelle di acqua e vapore sono presenti in maggior numero, e ciò determina un notevole aumento dello "spargimento" dei fotoni. Nel dettaglio, il rapporto tra i due siti rice-trasmittenti avviene come indicato nella figura 2.1. Le due antenne A e B, orientate con un dato puntamento, individuano un volume comune di troposfera che sarà *line-of-sight* per ambedue le stazioni e quindi consentirà il collegamento grazie allo "scattering" che in esso si verifica. Osservando l'immagine si intuisce che quanto più il volume comune sarà elevato rispetto al suolo, tanto maggiore sarà la distanza che sarà possibile coprire con il collegamento via Troposcatter. Normalmente, per le frequenze in uso in questi sistemi di comunicazione (0,5-5 GHz), le distanze nelle quali è attuabile il collegamento variano tra gli 80 e i 700 chilometri, per volumi comuni di scatter compresi tra i 700 e i 10000 metri di altezza sul livello del mare. Data la modestia della percentuale di radiofrequenza soggetta allo scattering

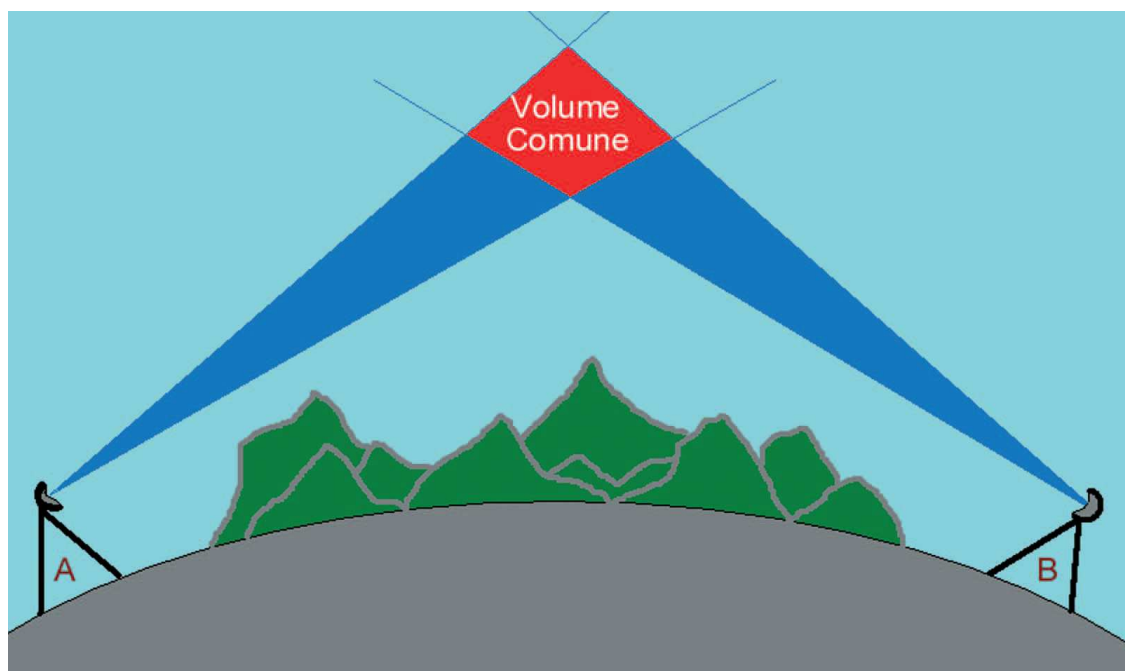


Fig. 2.1: Rappresentazione schematica della tecnica di trasmissione Troposcatter.

utilizzabile per il collegamento, le comunicazioni che adottano questo sistema necessitano di elevata potenza di trasmissione, unita all'impiego di antenne ad elevatissimo guadagno, nonché di ricevitori dotati di spiccata sensibilità e selettività. Nell'impiego militare l'utilizzo di antenne a forte direttività (normalmente paraboloidi di elevato diametro in rapporto alla frequenza impiegata) contribuisce fattivamente alla sicurezza delle comunicazioni, rendendole di difficile intercettazione. Come si vedrà successivamente, le antenne paraboliche utilizzate nei siti NATO Troposcatter, aventi un diametro di circa venti metri, necessitavano di puntamenti della precisione di un grado sessagesimale: di conseguenza l'eventuale ricezione occulta dei relativi segnali diveniva assai difficoltosa, necessitando di un preciso posizionamento dell'apparato di intercettazione. La criticità del puntamento di queste enormi parabole, dovuto all'elevata direttività, è ben visibile all'osservatore che visita i siti in questione. Le parabole utilizzate sono dotate

di cremagliere per l'aggiustamento e per il puntamento fine, e per ogni parabola sono dedicati almeno tre capisaldi topografici di quota e di posizione, mediante i quali avveniva l'esatto puntamento. Generalmente, ogni sito Troposcatter alimentava e gestiva una o più tratte *line-of-sight* di minor lunghezza mediante collegamenti a frequenze più elevate (attorno a 5 GHz), dirette a postazioni terminali poste a distanze contenute entro i 50 – 100 km, che spesso costituivano gli utilizzatori finali (aeroporti, comandi, porti militari o altro) delle informazioni trasmesse. Ad oggi, l'utilizzo della tecnologia Troposcatter è andata via via riducendosi a favore dei sistemi a concezione satellitare. Si notano ancora alcune applicazioni attive nel campo militare, in particolare nell'installazione di punti di accesso di emergenza e, in ambito civile, in alcuni ponti radio nel settore delle aziende di telefonia mobile.

2.3.1 Scattering

In fisica lo scattering (o diffusione) si riferisce ad un'ampia classe di fenomeni dove una o più particelle vengono deflesse (ovvero cambiano traiettoria) per via della collisione con altre particelle. In ottica ed in astrofisica di solito il fenomeno dello scattering è riferito alla dispersione della luce da parte di oggetti macroscopici (come gli asteroidi) o microscopici come il pulviscolo o gli atomi che formano un gas. Un esempio molto comune di scattering della luce è dato dal colore blu del cielo per cui la luce (bianca) del sole incide sull'atmosfera terrestre la quale diffonde con più facilità le frequenze più alte (ovvero più vicine all'ultravioletto). Un altro esempio tipico è il colore bianco del latte o delle nuvole: in questo caso tutte le frequenze vengono diffuse uniformemente e, siccome il processo si ripete moltissime volte all'interno del mezzo, non è più riconoscibile la direzione di provenienza della luce ed il

mezzo assume un colore bianco opaco. Il processo di scattering non include alcun tipo di assorbimento o di emissione.

2.3.2 La sezione d'urto

La teoria che sta alla base degli esperimenti con una diffusione finale si basa sul calcolo della sezione d'urto, ovvero una misura dell'area coperta dalle particelle presenti nello stato finale che corrispondono (in linea teorica) alle particelle deflesse o sparpagliate. Una sua semplice definizione è il rapporto tra il numero di particelle che vengono deviate nell'angolo solido ($d\Omega$) in 1 secondo e il numero di particelle che in 1 secondo attraversano l'unità di superficie. In formule:

$$d\sigma(\vartheta, \varphi) = \sigma(\vartheta, \varphi)d\Omega = \frac{\frac{\text{numero di particelle}}{\text{tempo}} \text{ deviate nel } d\Omega}{\frac{\text{numero di particelle incidenti}}{\text{tempo} \cdot \text{superficie}}} \quad (1.1.a)$$

dove Ω è l'angolo solido, θ e φ sono, rispettivamente, l'angolo rispetto all'asse x e rispetto all'asse z. L'unità di misura della sezione d'urto è il **barn**, ma si utilizzano più spesso i suoi sottomultipli (millibarn, simbolo mbarn; microbarn, simbolo μbarn). Nelle unità naturali si misura in $[\text{eV}^{-2}]$. Detto b il parametro d'impatto (le dimensioni del bersaglio o il raggio dell'interazione studiata), un buon metodo di vedere la sezione d'urto è uguagliando la superficie a disposizione del fascio prima e dopo l'impatto:

$$b db d\varphi = \sigma(\theta, \varphi) d\Omega(\theta, \varphi) \quad (1.1.b)$$

dove Ω è l'angolo solido, θ l'angolo rispetto alla direzione di moto del fascio, φ quello sul piano x-y, σ la sezione d'urto, funzione degli angoli θ e φ . Un

semplice esempio di scattering può essere l'urto contro una sfera rigida. In questo caso il parametro d'impatto sarà:

$$b(\theta) = R \cos \frac{\theta}{2} \quad (1.2)$$

dove R è il raggio della sfera. Ora, poiché la simmetria è sferica, la 1.1b si riduce a:

$$bdb = \sigma(\theta) \sin \theta d\theta \quad (1.3)$$

È semplice, quindi, calcolare la sezione d'urto angolare:

$$\sigma(\theta) = \frac{1}{4}R \quad (1.4)$$

e da questa la sezione d'urto totale:

$$\sigma_{\text{tot}} = \pi R^2 \quad (1.5)$$

La sezione d'urto potrebbe essere calcolata anche utilizzando concetti di meccanica quantistica, ma ciò comporterebbe enormi e complicati calcoli matematici che, il più delle volte, necessitano di formule di semplificazione per potere essere risolti agevolmente.

2.3.3 Scattering multiplo

L'ultimo, ma non meno importante cenno di questo paragrafo è per lo scattering multiplo, ovvero quei casi dove le particelle subiscono, all'interno del mezzo, un numero molto alto di eventi di scattering. In questi casi gli effetti complessivi sono spesso dominati più da effetti di media che dalle proprietà particolare dei singoli eventi. Un parametro fondamentale per

descrivere lo scattering multiplo è il cammino libero medio ℓ_c , definito come la distanza media fra due eventi di urto successivi. Data la complessità matematica questi fenomeni vengono di solito trattati attraverso delle ipotesi semplificative. Nel novembre 2004, ad esempio, è stato proposto un modello che spiega la polarizzazione della luce diffusa dal cielo sereno tramite un'equazione di quarto grado, ottenuta tramite la teoria delle singolarità

2.4 Mappa della rete

In questo paragrafo si vuole evidenziare la complessità di questo sistema di telecomunicazioni descrivendone, nel dettaglio, la mappatura. La creazione di questo network fu autorizzata nel 1956 dal Shape Technical Centre (STC) del Supreme Headquarter Allied Powers Europe (SHAPE), il Comando Supremo delle Potenze Alleate in Europa. La rete iniziò a svilupparsi nel nord Europa: in Norvegia furono avviate le prime stazioni sperimentali e successivamente essa venne estesa a meridione. Come mostra la cartina di Fig. 2.2, che ne riproduce l'impianto iniziale, la rete iniziava sull'isola di Senja in Norvegia e attraverso tre stazioni intermedie raggiungeva Oslo, quindi la base costiera nei pressi di Kristiansand. Questa dialogava con due siti: uno anch'esso costiero, posto a nord nei pressi di Borgen, mentre con il ramo meridionale si estendeva in Danimarca con terminale a Karup, sulla costa nord-orientale. Da qui, con un link di circa trecentocinquanta chilometri, scendeva poi in Germania, a Emden, mentre il ramo settentrionale di Borgen, attraverso una tratta sul mare del nord di circa trecentosessanta chilometri, comunicava con la stazione delle isole Shetland, che a sua volta collegava il link con la rete NARS sulle isole Faeroe nel mare di Norvegia, a metà strada con l'Islanda, e la prima stazione costiera nella Scozia settentrionale, nei pressi di Aberdeen.



Fig. 2.2: L'impianto originale della rete ACE-HIGH come progettata nel 1956, a protezione dei confini orientali dell'Europa.

La rete inglese scendeva poi verso Londra (Coldblow) attraverso le stazioni di Boulrner e Binbrook. Da Coldblow, saltando la Manica, il ramo inglese accedeva direttamente alla stazione di Parigi nord, allora sede del SHAPE e capomaglia di tutto il sistema ACE prima che la Francia uscisse dalla NATO. A Parigi giungeva anche, attraverso il Belgio, il ramo tedesco proveniente da Emden di cui prima si diceva. Il ramo francese si dirigeva poi a sud, verso il Mediterraneo fino a Nizza (sigla SNIZ), dalla quale stazione il network entrava in Italia attraverso la postazione di Monte Giogo (sigla IA) in provincia di Massa Carrara, un nodo di notevole importanza che collegava via Tropicater la stazione Tolfa (sigla IB), posta quaranta chilometri a nord di

Roma e via microonde la stazione bresciana del Dosso dei Galli (sigla IDGZ), che a sua volta dialogava con collegamento a microonde con la stazione veneta Troposcatter posta a sud di Portogruaro e da questa con la base di Aviano, e con quella di Feldberg (sigla AFEZ) nel sud della Germania. Lasciati i Monti della Tolfa, nei pressi di Roma, il *network* transitava da Napoli, sede AFSOUTH fruitrice delle informazioni, dalla quale si dipartivano due collegamenti microonde verso la Puglia. Poi continuava verso la base di Monte Nardello in Calabria e da lì in Sicilia da un lato (poi a Malta via microonde), e a Cefalonia in Grecia, quindi ad Atene, nodo di smistamento verso la Grecia centrale e nordorientale, verso Creta e la Turchia (stazione costiera di Izmir), poi verso Ankara e, a nordest, fino a Pazar (stazione costiera sul Mar Nero), mentre a sud giungeva fino a Cipro: l'ultimo tratto orientale portava presso Yozgat, nella Turchia centrale. Il network formava quindi una grande "C" composta da quarantanove stazioni Troposcatter a banda larga e quaranta collegamenti microonde tra Norvegia e Turchia capace di controllare tutto il fronte orientale dell'Europa, costituito dai confini occidentali dei Paesi satelliti dell'Unione Sovietica: Finlandia, Polonia, Cecoslovacchia, Ungheria, Jugoslavia, Albania, Romania e Bulgaria. A sud il controllo si estendeva sul Mar Nero, sulla Georgia, l'Azerbaijan e l'Armenia. Durante il periodo di attività la rete subì parecchie modifiche e sviluppi; per quanto riguarda l'Italia, in conseguenza dell'uscita della Francia dalla NATO, i rami ACE su quel territorio furono parzialmente esclusi e l'ingresso nord del network nel nostro Paese fu attuato attraverso la stazione alpina del Dosso dei Galli, nei pressi del Passo Maniva (Brescia). La dorsale nord-sud del network ACE-HIGH, con la chiusura del tronco Troposcatter Giego – Nizza, divenne quindi quella microonde Maniva – Giego: lunga circa 165 chilometri, attraversava in direzione nord-sud e viceversa la pianura padana.



Ex-base Troposcatter di Monte Giogo

3.1 Introduzione

Dopo avere introdotto alcuni concetti basilari, in questo capitolo si focalizzerà l'attenzione sulle relay station, ovvero sui ponti terrestri di questa rete militare. Va da sé che esse ricoprivano un ruolo fondamentale nel funzionamento e nell'efficienza del network. Si prenderà come campione di studio l'ex-base Troposcatter di Monte Giogo e si analizzeranno le caratteristiche tecniche, con particolare attenzione alle apparecchiature un tempo utilizzate per il suo normale funzionamento.

3.2 Descrizione del complesso

Come accennato nei capitoli precedenti, le singole basi italiane dipendevano dal comando AFSOUTH di Napoli. Un tipico esempio di stazione Troposcatter in quota è quella ancora esistente sul Monte Giogo (Fig. 3.1), ubicata nel comune di Comano in provincia di Massa Carrara, antico centro dell'alta Lunigiana posto all'interno del bellissimo Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano tra le province di Massa Carrara, Lucca,

Parma e Reggio Emilia. La base è posta a millecinquecento metri sul livello del mare e si estende per circa diciottomila metri quadrati, occupando l'intera sommità del monte. È costituita da quattro edifici principali, due rifugi antiaerei sotterranei e alcuni fabbricati accessori: guardiola blindata, centrale elettrica e autorimessa per i mezzi di dotazione. Una configurazione piuttosto standardizzata, quindi simile alle altre. All'accesso è annesso il corpo di guardia costituito da un locale dotato di ampia visibilità grazie alla vetratura blindata presente su tutti i lati. Tutto il perimetro della base, che ha uno sviluppo di circa settecento metri, era protetto da due barriere di rete metallica distanti circa due metri e costituenti il camminamento di guardia. Il corpo di fabbricato annesso all'ingresso comprendeva i locali di pertinenza della polizia militare, i dormitori, l'armeria, i locali mensa con sala da pranzo e cucina e



Fig. 3.1: Visuale aerea della ex-base Troposcatter di Monte Giogo

altri locali accessori di stivaggio in seminterrato. Salendo verso la sommità si trova il garage dei mezzi antineve a turbina ed il locale contenente i gruppi no break. Questi ultimi erano costituiti da due motori asincroni dotati di generatori – separatori cinetici (volani) e alternatori che mantenevano fisicamente separata la rete esterna di alimentazione da quella interna di impiego. La funzione era quella di eliminare le pendolazioni della linea (funzione stabilizzatrice) e di tamponare per circa quindici secondi l'eventuale mancanza di corrente, consentendo ai motori diesel dei generatori di raggiungere i giri di regime; ciò grazie all'inerzia dei volani stessi che, in mancanza di energia, mantenevano per quel tempo sufficiente corrente in linea per alimentare le apparecchiature. Tutto il sistema di autoalimentazione (compresi i no break cinetici) era ridondante, cioè era sdoppiato (due no break, due motori, due generatori), al fine di rendere estremamente remota la possibilità di interruzione delle trasmissioni causata da mancanza di energia elettrica, che avrebbe provocato gravi danni alle apparecchiature (soprattutto alle valvole) determinando una inevitabile interruzione delle comunicazioni e la necessità di effettuare opere di manutenzione. Il fabbricato posto in sommità era il corpo adibito alle funzioni primarie del sito e conteneva, oltre agli apparati di ricezione e trasmissione, gli alimentatori, il laboratorio per la manutenzione degli impianti, gli uffici ed un piccolo bar. Nell'ampia sala delle trasmissioni confluivano le guide d'onda che collegavano i trasmettitori ai paraboloidi della linea Troposcatter e quelle che alimentavano i paraboloidi di tre metri per le comunicazioni a microonde; questi ultimi erano installati su un traliccio centrale alto circa venticinque metri. Nella base era impiegata poco più di una decina di militari, tutti dell'Arma delle Trasmissioni, oltre ad alcuni Carabinieri addetti a compiti di polizia militare e di guardia.

3.2.1 Aspetti tecnici

Come detto queste stazioni erano a funzionamento automatico e continuo: ciò significa che la portante radio a larga banda era sempre attiva, alimentata da quattro ricetrasmittitori Troposcatter di produzione statunitense REL (Radio Engineering Laboratory, New York). Si trattava di apparecchiature di potenza variabile, costituite da trasmettitori da 1 KW accoppiati ad altrettanti amplificatori di potenza in classe “A” e a due ricevitori. L’elemento di potenza da 10 KW era costituito da un Klystron raffreddato a liquido, mentre l’eccitatore da 12 W era raffreddato ad aria. La portante radio veicolava 570 canali telefonici, 260 canali telegrafici e 60 circuiti dati, nei quali venivano trasmesse informazioni, ordini, tracciati radar. Le comunicazioni avvenivano con sistemi molto sofisticati e all’avanguardia per l’epoca, atti a ottenere la massima riservatezza ed affidabilità. Il sistema, infatti, operava in “quadrupla diversità” (Frequency and Space Diversity): ciò consentiva una notevolissima affidabilità di base della comunicazione. In pratica la stessa informazione veniva trasmessa su due diversi canali (Frequency Diversity) e veniva ricevuta da due paraboloidi diversamente spaziate rispetto alla stazione corrispondente (Space Diversity). Ciò consentiva di ridurre al minimo gli effetti di fading di varia natura ed eliminava altri inconvenienti: il sistema sceglieva poi tra le emissioni le due migliori per qualità e intensità di segnale, le rivelava, le convertiva e le applicava al trasmettitore che le ritrasmetteva. Il tutto, ovviamente, in tempo reale. Il sistema Space Diversity era invece già stato usato nella seconda guerra mondiale e dalle stazioni postali e militari su un unico canale utilizzando due antenne diversamente spaziate (normalmente di una lunghezza d’onda), mentre nei *network* Troposcatter viene per la prima volta usato il sistema a quadrupla diversità. L’ultimo e più attuale impiego del sistema Diversity è nelle reti digitali WiFi. Le comunicazioni avvenivano nella

gamma UHF da 830 a 950 MHz, all'incirca la stessa banda oggi utilizzata per il traffico cellulare. Il collegamento a microonde avveniva invece a 4,9 GHz con due parabole accoppiate del diametro di 3 metri (pari a circa 50λ). Di notevole interesse è la varia componentistica impiegata in questo sistema, a cominciare dalle antenne: quelle per il traffico Troposcatter sono infatti costituite da due coppie di paraboloidi pieni di produzione Krupp, aventi diametro di circa 20 metri, interamente di acciaio anodizzato. Esse sono state fabbricate appositamente per il network ACE-HIGH (come mostrano le siglature ancora visibili) e sono posizionate in sito mediante sette plinti di calcestruzzo cadauna che le rendono capaci di resistere a venti di 240 chilometri all'ora, nonostante il notevole ingombro dei loro piatti (314 metri quadrati). La struttura centrale è infatti rinforzata mediante una raggiera tubolare posteriore a sei elementi, culminante su un puntone reticolare atto a scaricare le spinte su un grosso basamento di calcestruzzo. Questa notevole struttura è tuttavia mobile e concepita per subire, una volta posta in opera, regolazioni fini mediante cremagliere, al fine di posizionarla nell'esatto assetto di puntamento, sia in brandeggio sia in elevazione. Ciò avveniva mediante tre capisaldi topografici di quota e brandeggio riportati sul terreno circostante (e ancora parzialmente visibili). Ogni paraboloide veniva alimentato da una guida d'onda di alluminio destinata a trasferire la radiofrequenza dal trasmettitore all'illuminatore posto, mediante un braccio metallico, nell'esatto fuoco della parabola. La guida d'onda era all'epoca un componente all'avanguardia e i paraboloidi del Giogo utilizzavano prodotti di due fornitori statunitensi già allora leader del settore. I segmenti dritti (Straight Wave Guide) erano forniti dalla ITE Circuit Breaker Co. di Philadelphia, mentre quelli di raccordo (Flex Wave Guide) erano della Co-Operative Industries, Inc. di Fort Worth (Texas); peraltro tutta la componentistica ad elevata

tecnologia era fornita da ditte statunitensi, come i pannelli di controllo della stessa REL, connessioni e derivazioni della PNC (Pyle National Company) di Chicago ed i sistemi di convogliamento e raffreddamento della TRANE (The Trane Company, Wisconsin). Oltre alla guida d'onda, l'illuminatore era raggiunto dall'aria calda riciclata dal raffreddamento dei Klystron, per impedire la formazione di ghiaccio. Queste antenne consentivano un rendimento elevatissimo sia in trasmissione che in ricezione, pari a 43 dB. Un tale guadagno significa che l'antenna, nella direzione di puntamento, moltiplica di circa ventimila volte il rendimento del segnale rispetto al dipolo isotropico. La base Troposcatter di Monte Giogo, come gran parte delle altre, fu chiusa nel 1994 e poco dopo quasi tutti i siti passarono al demanio civile.

3.3 Il futuro di Monte Giogo

Queste basi sono oggi siti di archeologia militare, ciononostante la loro presenza conserva aspetti di notevole valenza tecnica. Progettate negli anni cinquanta, si sono avvalse di una tecnologia ancora oggi attuale nei concetti di base, ma che all'epoca era estremamente all'avanguardia. Lo sfruttamento della tecnologia Troposcatter per collegamenti punto-punto a lunga distanza, l'impiego del Diversity, l'utilizzo della banda larga pluricanale, la comunicazione dati, l'utilizzo di paraboloidi a elevato guadagno alimentati con guide d'onda ed altri aspetti, tra i quali lo sfruttamento di linee a microonde ad alta frequenza, costituivano all'epoca aspetti di eccellenza tecnica ai quali ancora oggi si fa ricorso. L'insieme del network, progettato e costruito in un periodo in cui anche la parola digitale era ancora un concetto evanescente, è poi un relevantissimo esempio di dorsale di comunicazione wireless straordinariamente simile, per concezione e funzionamento, alle attuali reti numeriche di trasmissione dati. Su questa rete furono, infatti, utilizzati i primi

modem per il traffico dati. Per questi motivi la Sezione ARI (Associazione Radioamatori Italiani) Gruppo Troposcatter Monte Giogo di Parma ha ottenuto dalla competente Agenzia del Demanio la gestione dell'ex base Troposcatter NATO di Monte Giogo, con l'impegno di ristrutturare le esistenti strutture riportandole in condizioni di agibilità. In particolare all'interno della predetta Sezione si è costituito un gruppo (Gruppo Scatter Monte Giogo) con la funzione di gestire l'iniziativa che tende a rivalutare storicamente e tecnicamente le infrastrutture rimaste, con particolare attenzione al pregevole impianto di antenne, che potranno essere recuperate e riutilizzate per scopi di sperimentazione. Queste infatti sono strutture irripetibili per caratteristiche, ubicazione, costi ed accessibilità: quest'ultima è garantita da una strada di collegamento di circa tre chilometri, appositamente costruita e ancora esistente, che doveva essere percorribile anche con mezzi di mole e quindi agibile con qualsiasi veicolo. Dietro questa iniziativa si intravede poi il traguardo di riattivare alcuni dei collegamenti originari da inserire in una prospettiva di tipo museale attiva, come inizialmente proposto da associazioni radiantistiche estere, facendone la sede di varie intraprese di settore mirate alla rivalutazione di questo importante network, sia sul piano storico sia su quello prettamente tecnico.



Introduzione al sistema D-Star

4.1 Introduzione

Con l'avvento delle nuove tecnologie digitali, anche in campo radioamatoriale sono stati condotti vari esperimenti e studi che hanno portato alla realizzazione di apparati per operare in modo digitale, come avviene ormai da tempo nella telefonia mobile. I primi studi in tal senso sono stati condotti dal Ministero delle Telecomunicazioni Giapponese con una ricerca durata circa tre anni, grazie al coordinamento dell'associazione dei radioamatori Giapponesi (JARL, Japan Amateur Radio League). Il gruppo di ricerca riuscì nel 2001 a completare questi studi e realizzò uno standard che prese il nome di *D-Star (Digital Smart Technologies Amateur Radio)*. Nonostante si tratti di uno standard pubblicato dalla JARL è disponibile a chiunque sia interessato alla sua implementazione. Il D-Star è un protocollo "aperto", ovvero ogni apparecchiatura radio operante secondo le regole previste da tale protocollo, può interagire con altre apparecchiature dotate dello stesso sistema. Attualmente la *Icom* è l'unico produttore che supporta e che abbia realizzato qualche implementazione concreta di questo sistema di trasmissione digitale della voce e dei dati su un canale radio. In sostanza ciò che lo standard D-Star controlla è quello che viene definito l'air link, ovvero un link via etere che

permette ad apparecchiature radio D-Star di operare tra loro direttamente o attraverso appositi ripetitori compatibili con lo standard stesso. Questo protocollo controlla la conversione tra il segnale analogico della voce ricevuta dal microfono e il segnale radio digitale trasmesso via etere, mediante un proprio codec. Prevede, inoltre, la conversione sia dei segnali voce che dati. A tal proposito, gli apparati D-Star prevedono interfacce di comunicazione verso il computer quali le porte seriali RS232, USB o Ethernet. Per quanto riguarda il metodo di gestione dei segnali digitali voce-dati da trasferire via ripetitore, il tutto è lasciato allo studio di coloro che implementeranno questi ripetitori, dal momento che, attualmente, non vi è alcun vincolo in tal senso, se non nel modo di gestire la trasmissione del segnale in etere. Pertanto, la scelta del modo con cui un gateway repeater D-Star comunica con un altro nodo equivalente è del tutto libera ed arbitraria: può essere realizzato un link radio o, indifferentemente, un link Internet.

4.2 Caratteristiche del segnale

Di seguito si analizzerà un segnale ricevuto da un'apparecchiatura D-Star: i segnali fonia vengono convertiti in un flusso di dati, mediante un codec che implementa il metodo noto come AMBE (Advanced Multi Band Excitation), uno dei metodi più popolari ai giorni nostri. Viceversa, se si volessero trasmettere dati, il computer sarebbe connesso, nel caso di trasmissione a bassa velocità, via RS232 o porta USB all'apparato D-Star, oppure sarebbe connesso via Ethernet nel caso di trasmissioni dati ad alta velocità. Da qui si può capire come, per gestire le trasmissioni dati via etere, l'apparato D-Star può essere connesso al PC mediante una connessione Ethernet comportandosi come un normale apparato di rete. Sarebbe quindi possibile accedere a web server, mail server e quanto altro disponibile nella rete D-Star,

così come avviene oggi giorno via Internet. La velocità di trasmissione dati nello standard D-Star prevede una trasmissione a 4.8Kbps per la voce e di 128Kbps per i dati; ciò risulta sufficiente per garantire una buona qualità audio della fonia, fornendo al contempo una velocità doppia rispetto ad una connessione telefonica a 56Kbps per la trasmissione dati (come una connessione ISDN aggregando i due canali da 64Kbps). I dati trasmessi via etere seguono lo standard di modulazione 0.5GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), un tipo di modulazione FSK che minimizza gli effetti della distorsione delle onde radio trasmesse. I segnali D-Star vengono inoltre assemblati in pacchetti, un po' come avviene nel famoso modo packet radio (appunto un sistema a pacchetti, da cui packet). Ogni pacchetto contiene un radio header che consente di sincronizzare le trasmissioni degli apparati radio. Contiene, inoltre, il callsign di ogni ripetitore che dovesse essere coinvolto nella comunicazione ed in particolare il callsign della stazione trasmittente e di quella ricevente. In sostanza si ha un processo simile a quanto avviene normalmente nelle trasmissioni in packet, dove ogni scambio di messaggi viene incapsulato in pacchetti contenenti il mittente, destinatario ed eventuali digipeater frapposti. Questo processo è schematizzato nella figura 4.1 che riprende la schermata del sito www.dstarusers.org, il quale contiene tutte le informazioni su ogni singolo collegamento ad una delle migliaia di stazioni / ripetitori D-Star. Con la lettera A si identifica l'utente che sta effettuando la comunicazione (nell'esempio IW3HXO) il quale si è connesso (lettera B e C) alle ore 14:31:03 alla stazione IR3DB che lavora sui 440 MHz e si trova (lettera D) a Verona, in Italia. Questo è solo un esempio delle potenzialità di questo sistema: si intravede una forte analogia con i sistemi avanzati di comunicazione digitale operanti nella rete internet, quali router, access point, ecc... Una delle caratteristiche salienti di questo sistema digitale di comunicare



 Your Source for D-Star [DIGI/RTL](#) Information!

Current Time is 07/21/2008 14:34:14 UTC [\[Click here to disable refresh\]](#)

Callsign	Time Heard	Reporting Node	714 Unique callsigns heard in the last 24 hours
M1ERS	07/21/08 14:33:56 UTC	GB75F C 2 Meters	Sheffield UK
N7MK	07/21/08 14:33:54 UTC	KE7JFH B 440 MHz	Mesa AZ
G7MLL	07/21/08 14:33:50 UTC	GB75F C 2 Meters	Sheffield UK
W9FYI	07/21/08 14:32:45 UTC	KE7JFH B 440 MHz DVD	Mesa AZ
KB0ZSG	07/21/08 14:32:45 UTC	REF001 C 2 Meters DVD	Unknown
OZ2GRE	07/21/08 14:32:38 UTC	OZ2REA C 2 Meters	Copenhagen Denmark
N9XB	07/21/08 14:32:33 UTC	W9ARP B 440 MHz	Lafayette IN
GM7GDE	07/21/08 14:32:19 UTC	GB7DG C 2 Meters	Glasgow Scotland
W1FJM	07/21/08 14:32:09 UTC	AA1HD Dongle User DVD	Vernon CT
OE3MSU	07/21/08 14:32:02 UTC	OE1XDS B 440 MHz	Vienna Austria
DG1NFS	07/21/08 14:31:59 UTC	DB0FEU B 440 MHz	Feuchtwangen Germany
2E0XJS	07/21/08 14:31:49 UTC	GB7WF B 440 MHz	Bewdley UK
OZ3ACC	07/21/08 14:31:41 UTC	OZ2REA C 2 Meters	Copenhagen Denmark
I4OYU	07/21/08 14:31:41 UTC	IQ4GS B 440 MHz	Monte Giogo ITALY / Massa Carrara
VK3KSD D	07/21/08 14:31:27 UTC	VK3RWN A 1.2GHz	Melbourne Vic / Australia
HB9TXO	07/21/08 14:31:22 UTC	HB9IAC C 2 Meters	La Barillette Switzerland
KB7LMI	07/21/08 14:31:12 UTC	K7RST B 440 MHz	Tucson AZ
VE2QLR	07/21/08 14:31:05 UTC	VE2RVR B 440 MHz	Mont-Saint-Grégoire QC, Canada
IW3HXO	07/21/08 14:31:03 UTC	IR3DB B 440 MHz	Verona ITALY
ON4BC	07/21/08 14:30:40 UTC	ON9ULG B 440 MHz	University of Liege - Sart-Tilman [UFRC], Belgium
DO8IB	07/21/08 14:30:20 UTC	DB0BOS B 440 MHz	Boellstein Germany
CT2JFJ M	07/21/08 14:29:09 UTC	CQ0DSA B 440 MHz	Arrabida (Setubal) Portugal

A
B
C
D

Fig. 4.1: www.D-STARusers.org

è che, considerata una rete più o meno capillare di ripetitori D-Star su un determinato territorio, è possibile raggiungere ogni stazione in ascolto indipendentemente da dove essa si trovi ad operare, semplicemente indicando il callsign della stazione con cui si vuole essere in contatto. Un ruolo importante in questo tipo di trasmissioni è ricoperto dal ripetitore di zona, il quale memorizza in una propria lista tutti i callsign che operano attraverso esso: pertanto anche se una stazione non trasmette per diverso tempo, ogni ripetitore conosce la lista dei callsign che sono raggiungibili attraverso se. Ogni ripetitore locale comunica tale lista attraverso il backbone (la famosa dorsale descritta in precedenza) agli altri ripetitori della rete che pertanto riescono a conoscere gli instradamenti per raggiungere ogni utente della stessa. Quindi anche una brevissima trasmissione verso il proprio ripetitore di zona è sufficiente per essere registrati in rete. Nel momento in cui un altro utente della rete decidesse di effettuare una chiamata verso la vostra stazione,

sarebbe immediatamente connesso al ripetitore della vostra zona e la sua comunicazione potrebbe raggiungere la vostra apparecchiatura in un attimo pur operando da zone diverse, analogamente a quanto avviene oggi in packet radio quando utenti in aree diverse comunicano tra loro mediante le interconnessioni tra i digipeater.

4.2.1 Analogico o digitale?

In questo paragrafo si focalizzerà l'attenzione su ciò che offre questo nuovo protocollo, che è in realtà molto più ampio di quanto detto sino ad ora. A tal proposito si consideri la figura 4.2.

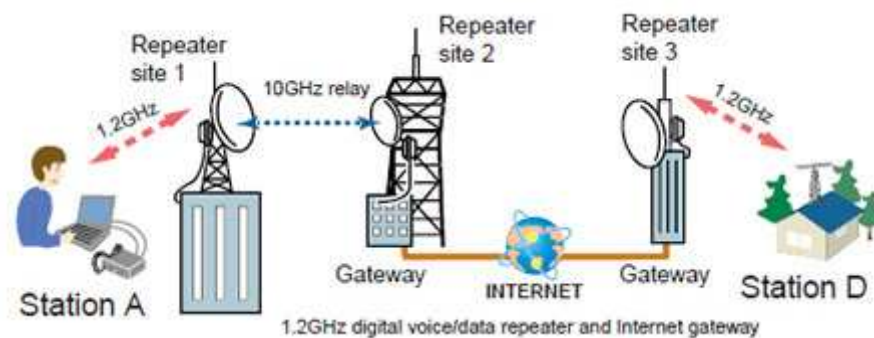


Fig. 4.2: D-Star Internet gateway relay

La stazione A trasmette un segnale su una frequenza di lavoro di 1.2GHz che viene captata dal primo ripetitore. Esso comunica con un secondo ripetitore alla frequenza di lavoro di 10GHz. Si supponga ora che il secondo ed il terzo ripetitore (rispettivamente Repeater site 2 e Repeater site 3) non siano in visuale ottica. Una soluzione per arrivare alla creazione del collegamento tra le sue stazioni potrebbe essere, come già visto nei precedenti capitoli, l'utilizzo della tecnologia Troposcatter, con tutti i problemi ed i dispendi, sia energetici che economici che questo comporta. Essendo invece il segnale in questione di

tipo digitale, possiamo pensare di collegare, mediante apposite apparecchiature, il secondo ripetitore ed il terzo ripetitore con un collegamento internet, appoggiandoci alla rete telefonica pubblica. Questo comporta sicuramente una spesa minore rispetto alla soluzione in tecnologia Troposcatter e, soprattutto, evita di dovere utilizzare complicati sistemi di rivelazione del segnale alla stazione finale. Giunto quindi al terzo ripetitore, il segnale può a questo punto essere trasmesso alla stazione D, che come quella iniziale opera alla frequenza di lavoro di 1.2GHz. È quindi facile comprendere che questo protocollo comporta enormi vantaggi, in particolare nel semplificare l'impiantistica della rete di supporto, che nel campo analogico ha una valenza economicamente non trascurabile. Va da sé che l'utilizzo di un sistema di trasmissioni digitali comporta anche altri enormi vantaggi, uno su tutti la possibilità di interagire con altre periferiche "digitali", quali router, computer, web-server ecc... Si parlerà di questo nei paragrafi che seguono, ove verranno anche illustrati alcuni esempi di funzionamento già testati ed attivi.

4.3 Studi ed implementazioni

Esistono diverse implementazioni D-Star introdotte recentemente dalla Icom su alcuni dei propri apparati, sia portatili che veicolari bibanda. La ARRL (American Radio Relay League) ha condotto dei test su alcune apparecchiature e, quelle che seguono, sono alcune considerazioni sulla trasmissione in fonia mediante una coppia di apparati D-Star. Le prove sono state effettuate cercando di trasmettere in fonia digitale in diverse condizioni di rumore sul canale radio. In una comunicazione voce di tipo analogica, nel momento in cui il segnale tende ad abbassarsi il rumore tende ad aumentare fino a rendere molto difficoltoso il contatto. Invece in una comunicazione di

tipo digitale, fintanto che i pacchetti vengono decodificati la qualità del segnale audio non subisce alterazione dovuta all'incremento del rumore, semplicemente perché il decoder ricostruisce la voce dal lato ricevente senza pertanto essere influenzato dal rumore che renderebbe il tutto difficile in un canale analogico. Le prove di misura sul SINAD (*Signal to Noise and Distortion*, ovvero il rapporto segnale rumore, spesso indicato anche con SNR) condotte sull'esemplare sotto esame non sono state effettuate in modo convenzionale dal momento che il codec usato per la trasmissione del segnale è ottimizzato per la trasmissione voce, per cui il test con segnale a nota di 1KHz con 3KHz di deviazione per rilevare il rapporto segnale rumore e distorsione verso il rumore e distorsione non risultano efficaci in questo caso. A tal scopo si è operato usando il misuratore di SINAD su un segnale ricevuto in modo analogico a cui si è applicato un attenuatore di segnale e si è osservato il rapporto SINAD ottenuto. Successivamente l'apparato è stato convertito in modo di trasmissione digitale effettuando dei test comparativi tra gli apparati di trasmissione e si ricezione sotto esame. Si è potuto rilevare una comunicazione virtualmente esente da rumore, equivalente al completo silenzio di ogni livello SINAD superiore a circa 6 dB. Da notare che la trasmissione in analogico era possibile anche se rumorosa, al punto che sarebbe stato preferibile avere un segnale di almeno 10 dB più forte nel modo analogico considerando circa 22dB SINAD richiesti per silenziare completamente il ricevitore. Ad un livello corrispondente a circa 3dB SINAD in modo analogico si è verificato la soglia di funzionamento in modo digitale per riuscire ad ascoltare ancora il corrispondente. In quelle stesse condizioni non è stato possibile continuare il collegamento in modo analogico. Un'altra cosa interessante che è emersa dai test è la velocità di sincronismo tra i vari apparati che rende fattibile anche il collegamento in mobile con cattiva

ricezione: infatti, nonostante la comunicazione possa essere persa momentaneamente per l'abbassamento del segnale, essa viene ripristinata molto velocemente appena si raggiunge ancora la soglia di riconoscimento dei pacchetti, senza cioè perdere troppo tempo per il sincronismo. In tal caso è possibile sostenere che anche in mobile non vi sarebbero perdite eccessive di collegamento a seguito delle fluttuazioni del segnale.

4.3.1 ICOM D-Star

Negli studi portati avanti dalla Icom la stessa casa ha prodotto una serie di apparecchiature per realizzare una rete interamente radio, in modo da potere disporre sia della parte di accesso per l'utente, sia della parte per costruire la dorsale della rete. Considerando la velocità di trasmissione dati presente sulle singole tratte e considerando quindi la larghezza di banda necessaria, la scelta è ricaduta sulle frequenze delle microonde. A tal proposito sono stati realizzati due set di apparecchiature: il primo set inerente all'accesso locale dell'utente mediante dei ripetitori D-Star nella gamma da 1.2 GHz; il secondo set per formare la dorsale degli apparati operanti nella banda dei 10 GHz (dove la banda disponibile risulta maggiore). La connessione tra i nodi della dorsale avviene ad una velocità di 10Mbit/s. Il funzionamento del sistema D-Star può essere brevemente rappresentato dalla figura 4.3. Come si potrà notare nell'immagine, ogni stazione ripetitrice può essere interconnessa con una sua simile tramite un collegamento di backbone, che potrà essere o un link a 10 GHz proprietario Icom , oppure un collegamento in WiFi a 2.4 GHz o in HiperLan a 5.8 GHz. Come già accennato precedentemente, non vi sono ancora attive alcune restrizioni di frequenza per il protocollo in questione. Nelle zone in cui non c'è possibilità di visibilità ottica, le stazioni ripetitrici possono comunicare attraverso una connessione in Virtual Private

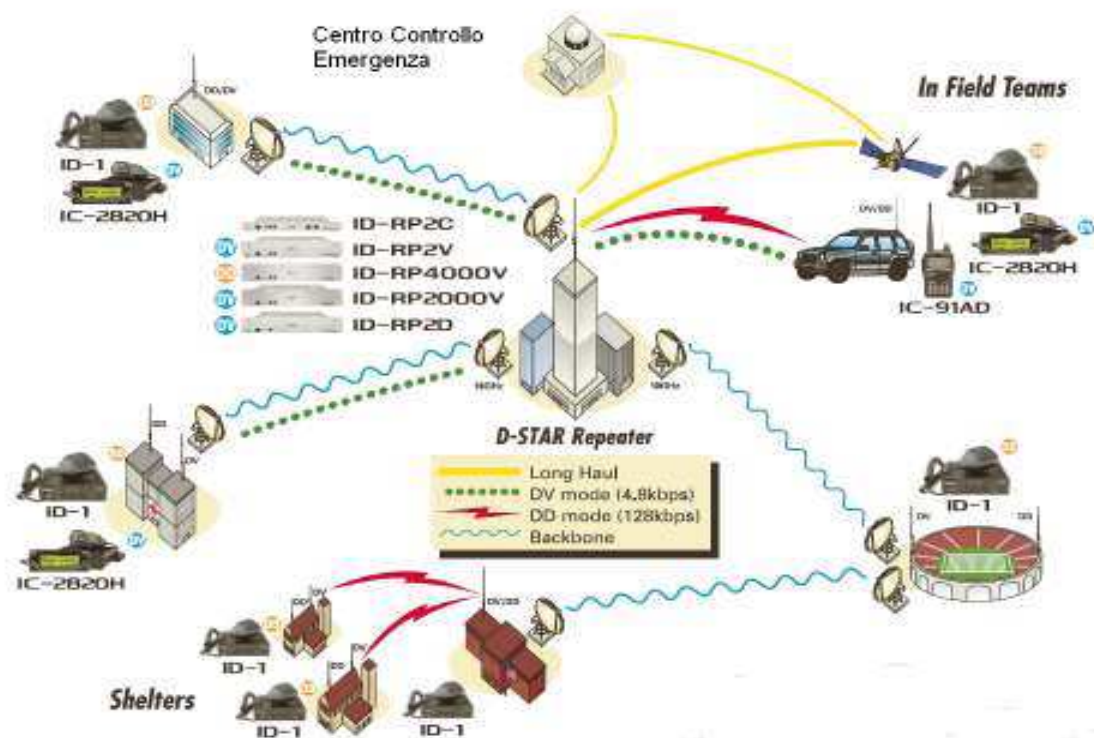


Fig. 4.3: Esempio di funzionamento di un sistema D-Star

Network – VPN, che si appoggia alla rete telefonica pubblica. Il sistema D-Star è costituito da più elementi in base alla frequenza di lavoro che si vuole fare funzionare il ripetitore. Icom ha sviluppato il sistema sulle tre bande in utilizzo al servizio di radioamatore, esattamente la banda di frequenza 2m (VHF) ripetitore ID-RP200V, 70cm (UHF) ripetitore ID-RP2000V, 23cm (SHF) ripetitore ID-RP2V e ID-RP2D. Il sistema può essere rappresentato dall'immagine di figura 4.4. Partendo dall'alto, i blocchi rappresentati sono:

- ICOM ID-RP2C - Repeater Controller;
- ICOM ID-RP2V - 1.2 GHz (23 cm) Voice Repeater;
- ICOM ID-RP2D - 1.2 GHz (23 cm) Data Repeater;
- ICOM ID-RP2000V - UHF (2 m) Voice Repeater;
- ICOM ID-RP4000V - VHF (70 cm) Voice Repeater;

- ICOM ID-RP2L – 10 GHz Microwave Link Repeater.

Come si nota il sistema è composto di un'unica unità di controllo ID-RP2C che può controllare tramite connessione LAN fino a 4 unità ripetitrici, come si nota nella configurazione massima illustrata nella figura allegata. Questa interfaccia di controllo è la parte intelligente del sistema D-Star in quanto permette il controllo della parte RF dei ripetitori radio e in più controlla anche l'eventuale interconnessione tramite i Link a 10 GHz verso altri sistemi ripetitori interconnessi a tale sistema ed inoltre permette il collegamento di tutto il sistema con il Server Gateway. La rete può funzionare stand alone anche senza essere interconnessa al sistema Server Gateway, proprio come un

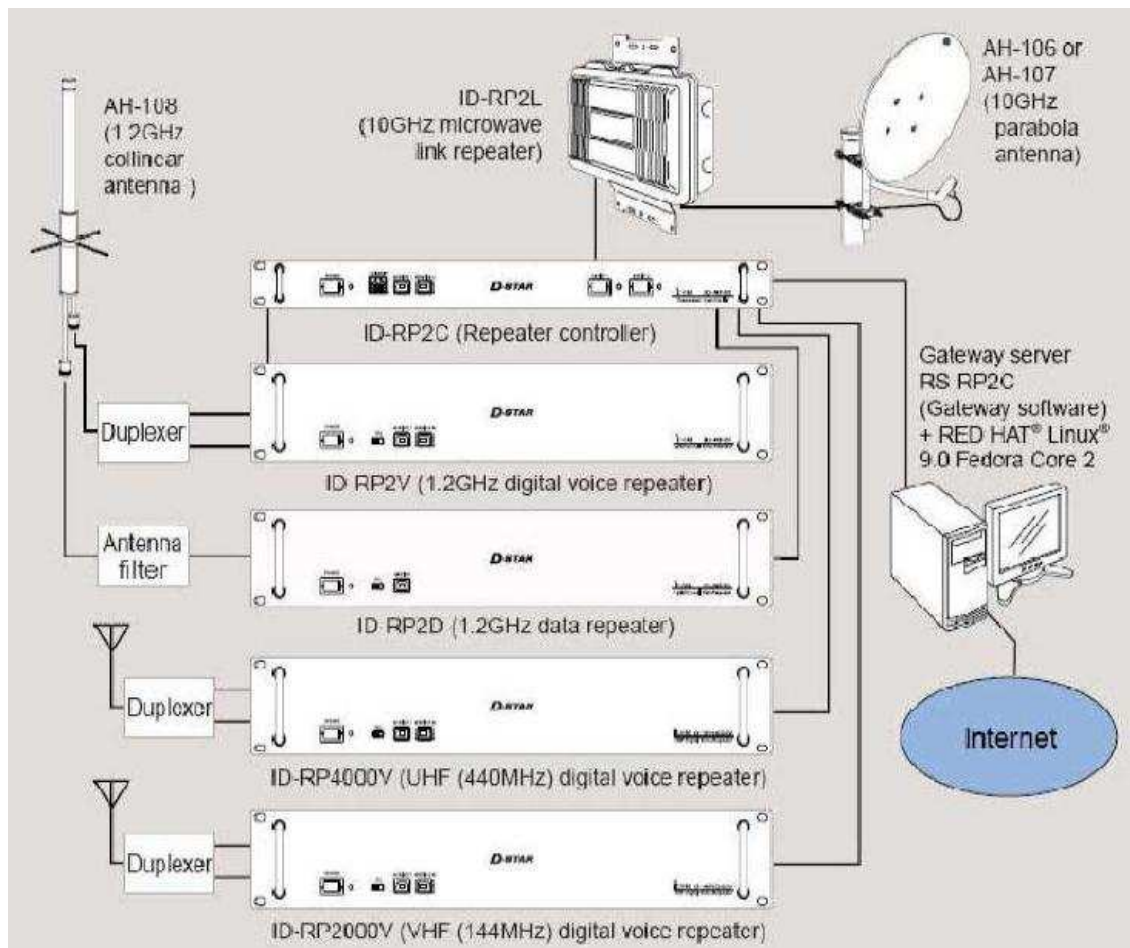


Fig. 4.4: Sistema ICOM D-Star

normalissimo ripetitore di fonia, con l'unica differenza che la comunicazione avviene in Digital Voice. Una parte importante del sistema è il Gateway Server che non è altro che un computer di buone caratteristiche con due schede di rete Lan installate e come sistema operativo Fedora Core 2 o RedHat Linux 9. In questo terminale va installato il software Gateway Control Software fornito dalla ICOM che permette l'interfacciamento del IC-RP2C Repeater Controller e il sistema Gateway Server. Schematicamente il sistema può essere brevemente rappresentato come in figura 4.5. Una volta riconfigurato il sistema e seguito le istruzioni riportate sul manuale Gateway Control Software RS-RP2C Set Up Instructions fornito con il ID-RP2C Repeater Controller e con una buona conoscenza del sistema operativo Linux il gioco è quasi fatto. Quasi fatto perché l'apparato così configurato non può parlare con gli altri sistemi D-Star installati in altre parti del mondo, in quanto il nostro sistema deve essere configurato per potere dialogare con la parte intelligente di tutta la rete, che nei manuali allegati viene appena citata, cioè il server Trust. Questo server Trust permette la comunicazione di tutti i

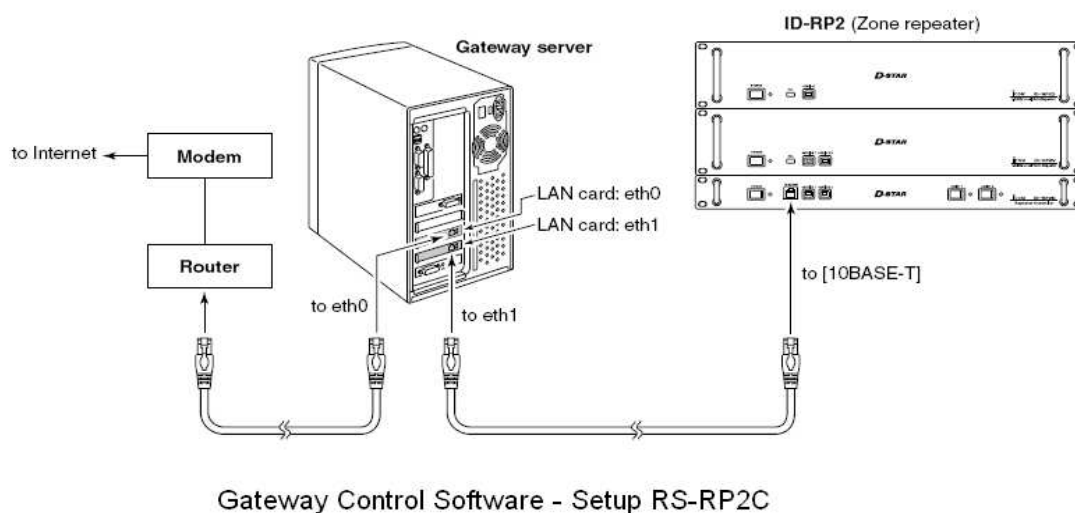


Fig. 4.5: Interfacciamento di un sistema D-Star e di un Gateway Server

pacchetti dei singoli sistemi gestiti dai singoli Gateway Server del sistema D-Star, cioè come avviene nella rete intelligente del sistema GSM permette la rintracciabilità del nominativo dell'utente che si è registrato al sistema tramite, o una codifica del callsign, o attraverso un indirizzo IP.

4.4 Cinque esempi di applicazioni D-Star

In questo paragrafo verranno illustrati cinque esempi di applicazioni digitali utilizzando il protocollo D-Star. Gli esempi sono suddivisi per applicazioni e ad ogni applicazione è collegato un singolo ripetitore (indicati con le lettere A B C D E): i ripetitori sono collegati tra loro mediante rete internet. Si hanno inoltre due modalità di comunicazione tra i ripetitori e gli apparati utilizzati dall'utente finale: MODO DV (4.8Kbps) e MODO DD (128Kbps), a conferma di quanto citato nei paragrafi precedenti. Tutto ciò è schematizzato nella figura 4.6.

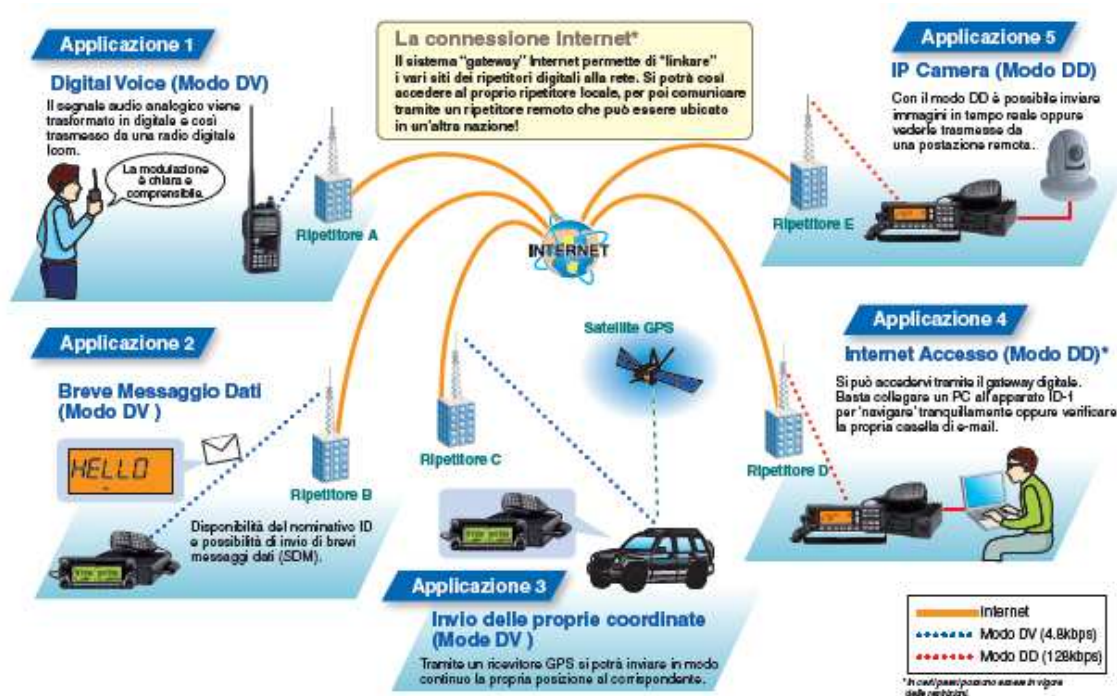


Fig. 4.6: cinque esempi di applicazioni D-Star

4.4.1 Applicazione 1

Una comunicazione digitale di questo tipo, che a prima vista è del tutto simile alle più consuete comunicazioni analogiche tra radioamatori, porta con sé notevoli vantaggi e, soprattutto, notevoli differenze. Nell'esempio, l'utente A, mediante un apposito apparato di utilizzo finale, si mette in contatto con il ripetitore A per effettuare una comunicazione vocale digitale. Si è già accennato al fatto che in una comunicazione analogica l'utente avrebbe dovuto identificarsi per rendere noto all'altra parte la propria identità. In questo caso non è necessario in quanto il callsign inviato dall'utente A lo identifica univocamente in tutto il mondo. Un ulteriore vantaggio nell'utilizzare un sistema di questo tipo sta nel fatto che una comunicazione digitale avviene anche quando il segnale ricevuto è basso, purché vi sia il livello minimo di segnale per potere effettuare la chiamata. In una comunicazione analogica, mano a mano che il livello di segnale scende, si inizia a deteriorare la qualità della conversazione fino ad udire unicamente dei fruscii incomprensibili. In una comunicazione digitale, invece, la comunicazione mantiene lo stesso livello di qualità audio, sino a quando non si ode più niente in quanto il livello di potenza della portante non è più sufficiente per poter effettuare la chiamata.

4.4.2 Applicazione 2

La seconda applicazione permette l'invio di brevi messaggi di testo (SDM), un servizio del tutto simile ai più consueti SMS inviati da telefono cellulare. A titolo di esempio, questo servizio potrebbe essere utilizzato nei mezzi di soccorso per avere indicazioni scritte sul target da raggiungere. Questo comporterebbe un enorme vantaggio nella semplificazione delle comunicazioni e soprattutto permetterebbe di non intasare il canale in uso.

4.4.3 Applicazione 3

La terza applicazione permette l'invio delle proprie coordinate GPS. Rimanendo su esempi di mezzi di soccorso, si pensi ad un'ambulanza che debba raggiungere un target in un luogo poco frequentato. Immaginando di realizzare un'apposita applicazione software che permetta di rilevare il luogo da raggiungere su una mappa cartografica, si potrebbe pensare di avviare un applicativo automatico che indichi all'equipaggio la strada più breve da percorrere.

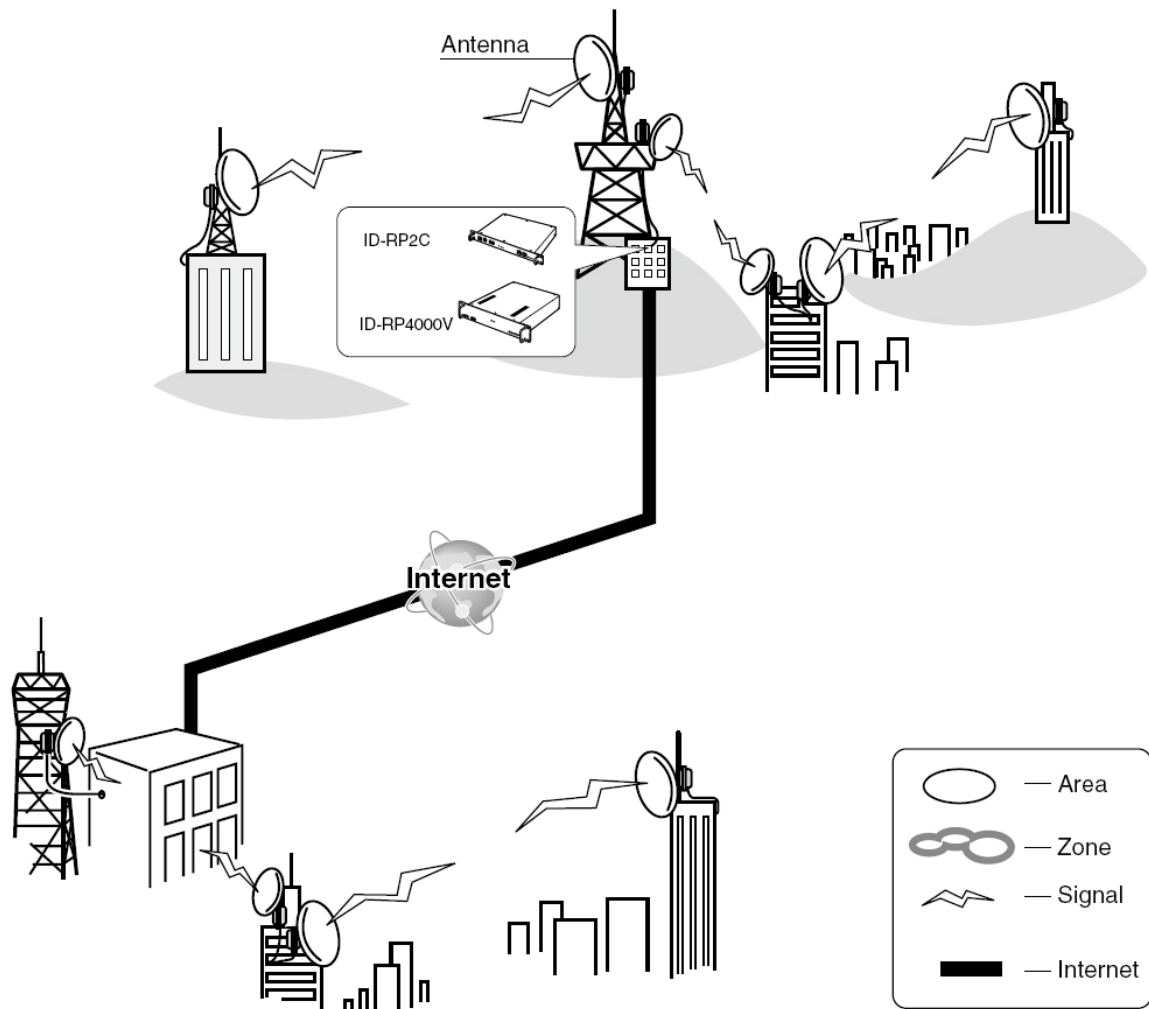
4.4.4 Applicazione 4

Questo tipo di applicativo sarà sicuramente il più utilizzato. Attualmente un qualcosa di simile è possibile se si pensa ad una connessione ad internet tramite un'interfaccia di telefonia mobile. Nell'ultimo anno questo tipo di servizio ha avuto un forte sviluppo essendo stato promosso da tutte le compagnie di telefonia mobile presenti sul territorio nazionale. Deve essere però precisato che non sono ancora previsti tariffari di tipo flat e che il più delle volte il prezzo da pagare viene conteggiato rispetto alla quantità di dati di cui si è usufruito nell'effettuare la navigazione. Quindi, questo tipo di tecnologia è sì all'avanguardia, ma è ancora utilizzabile da chi veramente non può farne a meno. Con un applicativo del tipo D-Star internet si potrebbe invece collegare un'interfaccia informatica al proprio server o al proprio hard disk di rete e potere accedere senza limiti di alcun tipo ai dati di cui abbiamo bisogno. Sicuramente, oltre che ad un notevole risparmio economico, si noterebbe anche un servizio decisamente migliore sia nel download che nell'upload del traffico, salvo alcuni recenti sistemi ideati in tecnologia HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) che permettono di avere una banda in download maggiore di 2Mbit/s.

4.4.5 Applicazione 5

L'ultima applicazione di esempio è l'IP-Camera. Sostanzialmente si tratta di una telecamera che può trasmettere dei pacchetti dati digitali e che può quindi essere visibile anche a distanze maggiori. Le moderne webcam svolgono più o meno lo stesso servizio, ma per potervi accedere è necessaria una connessione ad internet.

Progettazione ed implementazione di un sistema digitale D-Star



5.1 Introduzione

In questo capitolo si metteranno in evidenza alcune problematiche legate alla progettazione di un sistema digitale in tecnologia D-Star utilizzando apparati ICOM. A tale proposito, si sono accennate nell'ultimo paragrafo del precedente capitolo le possibili combinazioni di tali apparecchiature. Parte fondamentale per un corretto funzionamento dell'impianto è senza alcun dubbio il repeater link ID-RP2C, il quale permette di convogliare nella rete internet il traffico voce-dati già decodificato in digitale da appositi sistemi. Questi ultimi si differenziano per lunghezza d'onda alla quale possono lavorare. Nell'impianto proposto sarà utilizzato un componente che permette di convertire il traffico vocale in modo seriale ed in modalità semi-duplex ad una velocità di 4.8 kbps e con una lunghezza d'onda di 70 cm: si tratta dell'ID-RP4000V.

5.2 Assemblaggio

La figura 5.1a mostra l'impianto finale collegato e già in funzione presso la base di Monte Giogo. La struttura esterna e l'impiantistica sono stati realizzati dalla TR-System, azienda parmense operante nel settore delle telecomunicazioni. La figura a lato (5.1b) focalizza l'attenzione sui componenti di cui abbiamo già accennato, ovvero l'ID-RP2C e l'ID-RP4000V, i quali saranno rivisitati dettagliatamente nei prossimi paragrafi di questo capitolo. Per quanto riguarda, invece, l'apparato di uscita sull'antenna trasmittente-ricevente, si rimanda il lettore alla lettura del sesto capitolo, ove si daranno anche alcuni cenni circa la teoria dei filtri a cavità risonante ed alle possibili antenne che possono essere collegate a questo sistema.



Fig. 5.1a



Fig. 5.1b

L'apparato finale installato a Monte Giogo.

5.3 ID-RP2C

L'apparato ID-RP2C è un repeater controller che può essere utilizzato in ogni impianto di trasmissione-ricezione in tecnologia D-Star. Funziona sostanzialmente da relay di traffico vocale o dati. È richiesta un'unità per ciascuna postazione alla quale è possibile collegare sino a 4 moduli RF. Nel caso si utilizzi un Internet gateway server, il controller trasferisce il segnale richiesto allo specifico modulo RF.

5.3.1 Specifiche tecniche

Alimentazione:	13.8V DC \pm 15%
Assorbimento:	< 0.5A (con 13.8V)
Temperatura operativa:	-10°C ~ +50°C
Dimensioni:	483 x 44 x 257 mm

Peso:	2.7 kg.
Protocollo impiegato:	D-STAR* standard
Interfaccia ripetitore locale:	Connessioni massime: 4 Velocità di trasmissione: 128 kbps (dati); 4.8 kbps (fonia) Lunghezza cavo: 3 mt fornito con ID-RP2V/D
Interfaccia ponte a microonde:	Connessioni massime: 2 Velocità di trasmissione: 10 Mbps (dati) Lunghezza del cavo: 30 mt fornito con ID-RP2L
Interfaccia cablata:	Connessioni massime: 1 Tipo del cavo di connessione: Ethernet (10 base-T)

Tab. 5.1: Specifiche tecniche dell'ID-RP2C

5.4 ID-RP4000V

L'apparato ID-RP4000V è un ripetitore di traffico voce e dati che lavora alla frequenza di 440 MHz. Il traffico dati viaggia serialmente a 4.8 Kbps. Mediante un software dedicato è possibile settare sia la frequenza di trasmissione che la frequenza di ricezione che lavorano comunque in modalità semi-duplex.

5.4.1 Specifiche tecniche

Gamma di frequenza:	430 - 440MHz
Tipo di emissione:	F1D (GMSK), F7W con ID-RP2C
Stabilità in frequenza:	±0.8kHz (a 25°C)
Risoluzione di frequenza:	5/6.25kHz
Impedenza d'antenna:	50Ω (Type-N)
Velocità di trasmissione:	4.8kbps (Fonia 2400bps, FEC 1200bps, dati 952bps)
Alimentazione:	13.8V cc ±15 %
Assorbimento (a 13.8V cc):	Tx: alta/bassa < 7.0/3.0A Rx: Stand-by < 0.7A

Temperatura operativa:	-10°C ~ +50°C
Dimensioni:	483 x 88 x 428 mm
Peso:	7.5 kg.
Potenza in uscita (con 13.8V):	23–30W (alta) 2–3W (bassa)
Modulazione:	digitale con modulazione a quadratura
Larghezza di banda occupata:	< 5.5kHz
Emissione spurie:	< -60dB
Frequenza intermedia:	1 [^] 70.00MHz 2 [^] 455kHz
Sensibilità:	< 0.45μV @ BER 1×10 ⁻²
Selettività canale adiacente:	> 65dB (20kHz offset)
Reiezione all'intermodulazione:	< 65dB (±20kHz / 40kHz)
Reiezione a prodotti spurii:	< -57 dBm
Reiezione ad immagini:	> 70 dB

Tab. 5.2: Specifiche tecniche dell'ID-RP4000V

Caratterizzazione di antenne e filtri a cavità risonante

In questo ultimo capitolo si accennerà ai filtri a cavità che sono parte fondamentale dell'impianto di trasmissione e di ricezione. Verrà data inoltre luce alle possibili antenne utilizzabili nel sistema realizzato a seconda delle necessità dell'utente.

6.1 Introduzione

In elettronica un filtro è un dispositivo che realizza funzioni di trasformazione di un determinato segnale. In particolare, la sua funzione può essere quella di filtrare determinate bande di frequenza, lasciando passare le frequenze più alte o più basse di un valore determinato, oppure quelle comprese in un intervallo prestabilito. La funzione di trasferimento di un filtro può essere rappresentata con un diagramma di Bode. I filtri elettronici possono essere:

- Passivi o attivi;
- Analogici o digitali;
- A tempo discreto (campionato) o a tempo continuo;
- Lineari o non lineari;

I tipi più comuni di filtri elettronici sono lineari, indipendentemente da altri aspetti del loro progetto e molti sono anche dei sistemi risonanti. Ogni dispositivo reale funge per sua natura da filtro. Le forme più tradizionali di filtri elettronici sono quelle di filtri passivi, analogici e lineari, costruiti usando solo resistori e capacitori o resistori e induttori. Sono noti rispettivamente come filtri RC e RL a singolo polo. Per molti anni si sono utilizzati anche filtri multipolari LC, ovviamente più complessi dei precedenti, e la loro descrizione è ben nota nella letteratura tecnica. Esistono inoltre filtri basati su circuiti ibridi, che si realizzano solitamente utilizzando combinazioni di amplificatori analogici, risonatori meccanici (quarzi piezoelettrici oppure MEMS) e linee di ritardo (delay lines). Altri dispositivi, quali linee di ritardo a CCD (Charge Coupled Device), sono adottati come filtri a tempo discreto: questi ultimi, con la nascita del trattamento digitale dei segnali, sono divenuti filtri attivi digitali.

6.1.1 Filtri passivi

La realizzazione più semplice di un filtro lineare è basata sulla combinazione di resistori, capacitori ed induttori. Questi filtri sono i cosiddetti circuiti RC, RL, LC e RLC. Nel loro complesso sono chiamati *filtri passivi*, perché il loro funzionamento non dipende da una fonte di alimentazione esterna. Gli induttori bloccano i segnali ad alta frequenza e conducono quelli a bassa frequenza, mentre i capacitori si comportano al contrario. Un filtro in cui il segnale passa attraverso un induttore, o nel quale un capacitore fornisce un percorso verso terra, presenta quindi minore attenuazione ai segnali a bassa frequenza che a quelli ad alta frequenza ed è un filtro passa basso. Se il segnale passa attraverso un capacitore, o ha un percorso a terra attraverso un induttore, allora il filtro presenta un'attenuazione minore per i segnali ad alta frequenza che per quelli a bassa frequenza, ed è un filtro passa alto. I resistori

da parte loro non hanno la proprietà di selezionare le frequenze, ma sono aggiunti a capacitori e induttori per determinare le costanti di tempo del circuito e, di conseguenza, le frequenze a cui essi rispondono. A frequenze molto alte (maggiori di 100MHz) gli induttori sono semplicemente fatti da un singolo anello o da una striscia di lamina metallica ed i capacitori da strisce metalliche adiacenti. Tali strutture, che sono utilizzate anche per fare adattamento di impedenza, sono chiamate stub.

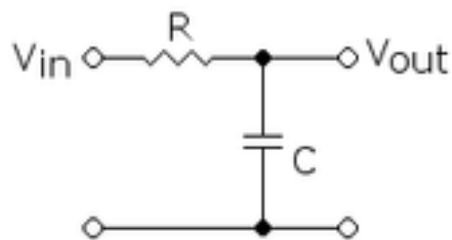


Fig. 6.1: Schema di un filtro passa-basso passivo

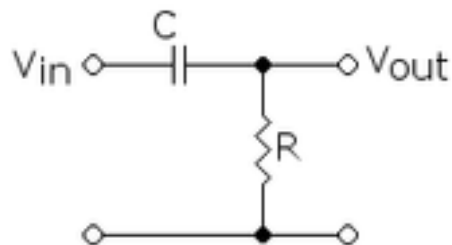


Fig. 6.2: Schema di un filtro passa-alto passivo

6.1.2 Filtri notch

Un filtro notch è un filtro che fa passare tutte le frequenze, ma che presenta una conca in una determinata frequenza di lavoro detta *roll-off*. L'ampiezza di questo intervallo di "blocco frequenziale" si determina mediante un apposito apparato meccanico posto sul filtro vero e proprio: questo meccanismo aumenta o diminuisce a seconda dei movimenti meccanici scelti dall'utente la potenza reattiva e questo fenomeno permette appunto di allargare o stringere la concavità. Idealmente, diminuendo sempre di più la potenza reattiva, il filtro notch dovrebbe tendere ad un filtro ideale che passa tutte le frequenze di lavoro. Per comprendere meglio questo funzionamento, si faccia affidamento alla figura 6.3

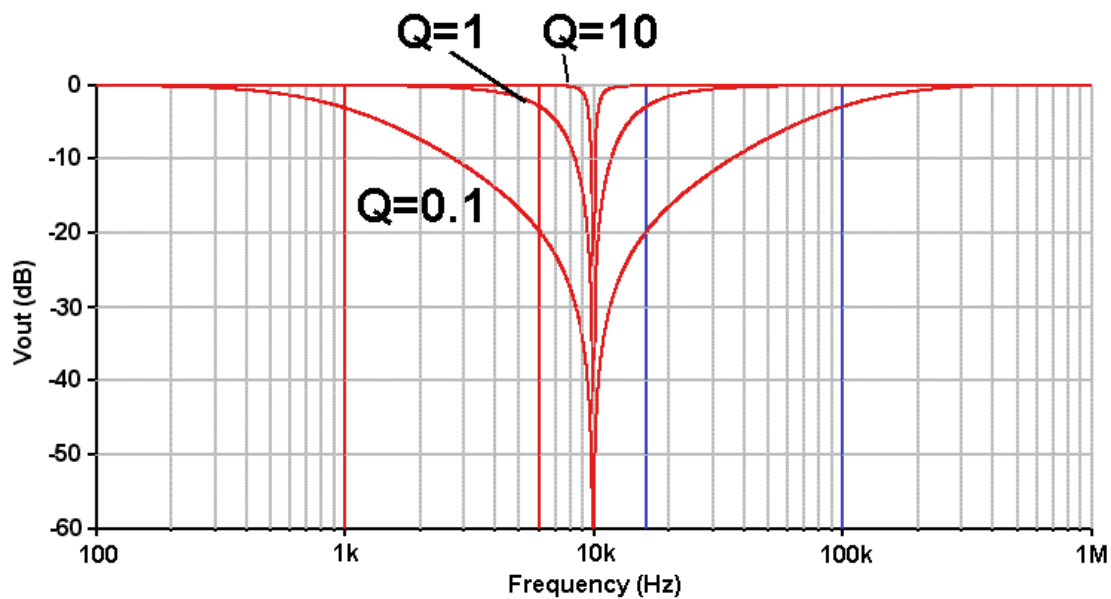


Fig. 6.3: Spettro di un filtro notch

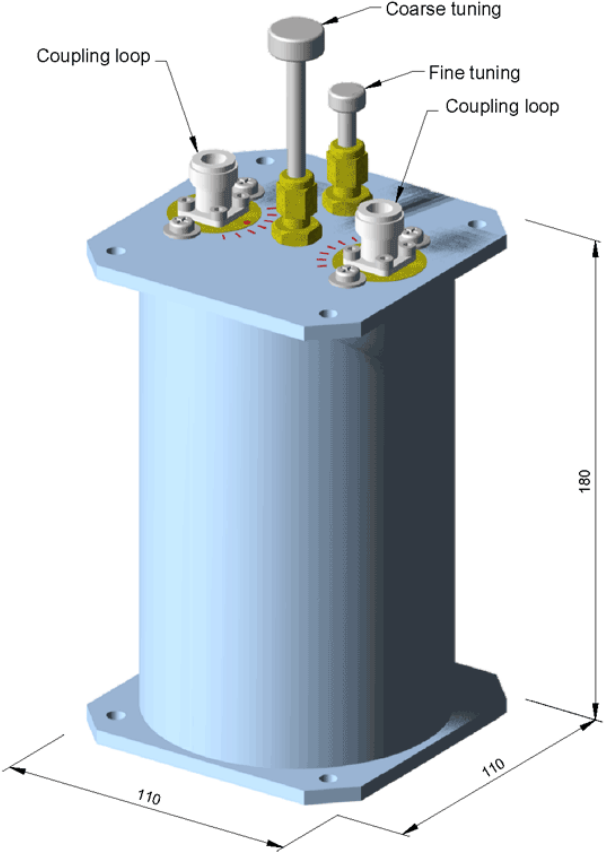
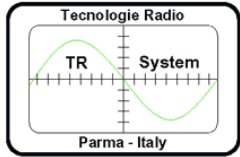
I punti a -3dB e -20dB sono determinati dalla larghezza della banda non passante, in relazione alla frequenza centrale scelta. Non è semplice creare una

relazione tra la potenza reattiva ed il punto di roll-off. Nel caso della figura 6.3:

- I punti a -3dB si trovano circa ad 1 kHz ed a 100 kHz per una potenza reattiva di 0,1 VAR e la frequenza centrale è di 10 kHz. Ad un decimo della banda, approssimativamente 600 Hz e 1,6 kHz, l'ampiezza è sotto i 20 dB;
- I punti a -3 dB sono a circa 600 Hz e 1,6 kHz per un Q di 1 VAR e la frequenza centrale è a 10 kHz. I punti a -20 dB, tuttavia, non sono marcati perché rimangono chiusi nella forte pendenza risultante dal grafico.

Quindi, qual è il valore limite? Vanno bene tutti i valori di potenza reattiva? Sfortunatamente, come già accennato precedentemente, no. A valori molto alti di potenza reattiva la risposta del circuito presenta fortissimi fenomeni di overshoot e di undershoot che andrebbero a distruggere l'integrità fisica del notch. Nelle prossime due pagine verranno mostrati due filtri notch della TR-System di Parma utilizzabili nella banda UHF.

Band pass cavity filter UHF
 Band 410÷480 MHz
 mod. T-6516



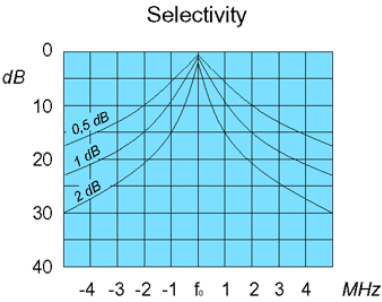
Electrical

Frequency	410÷480 MHz
Selectivity	see curves
Power	100 Watt
Impedance	50 Ω
Connectors	N female
Insertion loss	0,5 ÷ 2 dB
Temperature	-30° ÷ +60°

Mechanical

Dimensions [mm]	110 x 110 x 180
Material	silvered brass PTFE - Ninvar
Weight	2 Kg
Colour	Grey RAL 7001

- (*) - variable coupling
- Professional mechanics
- High stability to the temperature
- Modular element for Notch, Band pass, Duplexer filters
- Easy and fast tuning



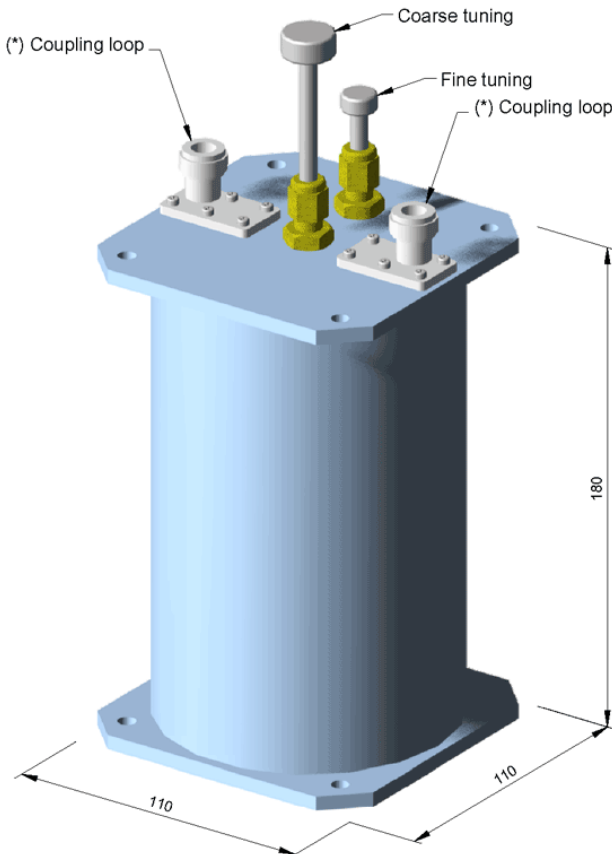
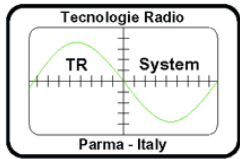
TR System s.n.c. - Tecnologie Radio Via E. Zacconi 21/B Parma Italy Tel. 0521-272850 Fax 0521-270923

I diritti dei progetti sono riservati a termini di legge. Qualsiasi azione senza il permesso della Ditta è illegale. La Ditta si riserva di apportare in qualsiasi momento le modifiche che ritiene più opportune.

Projects' rights reserved according to law. Act without the permission of the copyright owner is unlawful. Owner will reserves himself the option to bring most suitable changes in any moment.

Fig. 6.4: Band pass cavity filter UHF mod. T-6516

Band pass cavity filter UHF
 Band 410÷480 MHz
 mod. T-6517



Electrical

Frequency	410÷480 MHz
Selectivity	see curves
Power	100 Watt
Impedance	50 Ω
Connectors	N female
Insertion loss	0,5 ÷ 2 dB
Temperature	-30° ÷ +60°

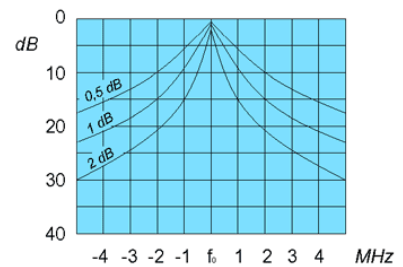
Mechanical

Dimensions [mm]	110 x 110 x 180
Material	Silvered brass PTFE - Ninvar
Weight	2 Kg
Colour	Grey RAL 7001

(*) - variable coupling

- Professional mechanics
- High stability to the temperature
- Modular element for Notch, Band pass, Duplexer filters

Selectivity



XGS_6517

TR System s.n.c. - Tecnologie Radio Via E. Zacconi 21/B Parma Italy Tel. 0521-272850 Fax 0521-270923

I diritti dei progetti sono riservati a termini di legge. Qualsiasi azione senza il permesso della Ditta è illegale. La Ditta si riserva di apportare in qualsiasi momento le modifiche che ritiene più opportune.

Projects' rights reserved according to law. Act without the permission of the copyright owner is unlawful. Owner will reserves himself the option to bring most suitable changes in any moment.

Fig. 6.5: Band pass cavity filter UHF mod. T-6517

6.1.3 TR-System notch

Nell'apparato in esame, prodotto dalla TR-System, si sono utilizzati 4 filtri notch, due in ricezione e due in trasmissione. Tutti questi filtri presentano un guadagno di -35 dB, cosicchè si riesce ad ottenere sia in trasmissione che in ricezione un guadagno di -70 dB. Le lunghezze di collegamento tra i vari apparati non sono ovviamente scelte a caso: tra i due filtri in ricezione ed in trasmissione la lunghezza del cavo di collegamento è di 13 cm. Rimane ora da capire quanto lunghi debbano essere i cavi di collegamento tra il raccordo a T e la parte ricevente–trasmittente. Ci si può arrivare con dei semplici calcoli:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (6.1)$$

dove:

- λ = è la lunghezza d'onda di un'onda elettromagnetica
- c = velocità della luce = $3 \cdot 10^8$ m/s
- ν = frequenza dell'onda

Sapendo quindi che questo sistema lavora ad una frequenza di circa 433 MHz, troviamo una lunghezza d'onda di circa 69 cm. Ora, sapendo che dal raccordo a T al primo filtro notch sulla parte trasmittente vi deve essere una distanza pari a $\lambda/4$ e che tra il raccordo a T ed il primo filtro notch sulla parte ricevente vi deve essere una distanza pari a $\lambda/2$, dalla (6.1) si trova che tra il raccordo a T ed il trasmettitore vi sono circa 17 cm (L1) e tra il raccordo a T ed il ricevitore vi sono circa 34 cm (L2). Ovviamente questi sono valori teorici che non tengono conto delle attenuazioni che si verificano nei cavi di

connessione e delle perdite dovute ai materiali. Considerando anche questi parametri si trova che L1 è 15,5 cm e L2 è 33 cm. Si ricorda infine che le frequenze di lavoro sono 431,525 MHz per la trasmissione e di 433,125 MHz per la ricezione, mantenendo così correttamente il rate D-Star shift di +/- 1,6 MHz secondo le normative vigenti.

6.2 Antenne

In questi ultimi paragrafi si parlerà delle possibili antenne che possono essere collegate all'impianto installato a Monte Giogo. In particolare, si focalizzerà l'attenzione su due tipi di antenne: antenne direttive (comprendenti anche le antenne a pannello) ed antenne collineari. Si dà per scontato che l'utente che legga questo testo possieda le conoscenze basilari per potere cogliere le differenze e le caratteristiche dei parametri che verranno mostrati. Per dare alcuni esempi di applicazioni fisiche vere e proprie, verranno mostrate alcune schede tecniche di antenne studiate, sviluppate e prodotte presso l'azienda TR-System. Alcune di queste sono già state collegate all'apparato D-Star in fase di sperimentazione, per potere così verificare la propagazione del segnale digitale in uscita dal sistema. Ovviamente, la scelta dell'impianto di antenne risente molto dell'utilizzo e delle funzionalità che si desidera avere. La posizione geografica dell'ex-Base NATO di Monte Giogo permette un'ottima propagazione del segnale digitale, sia con antenne direttive, sia con antenne collineari.

6.2.1 Antenne direttive

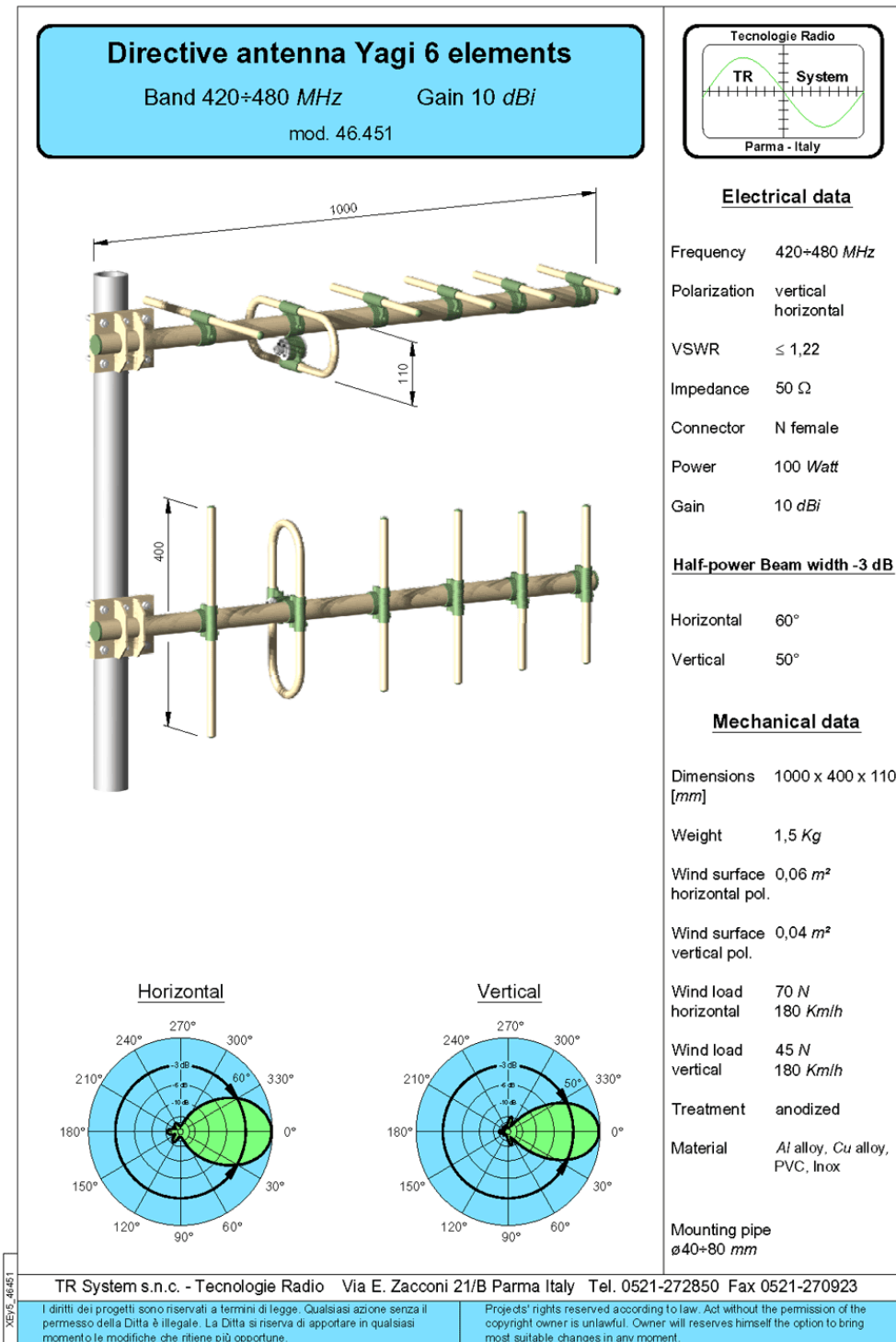


Fig. 6.6: Directive antenna Yagi 6 elements

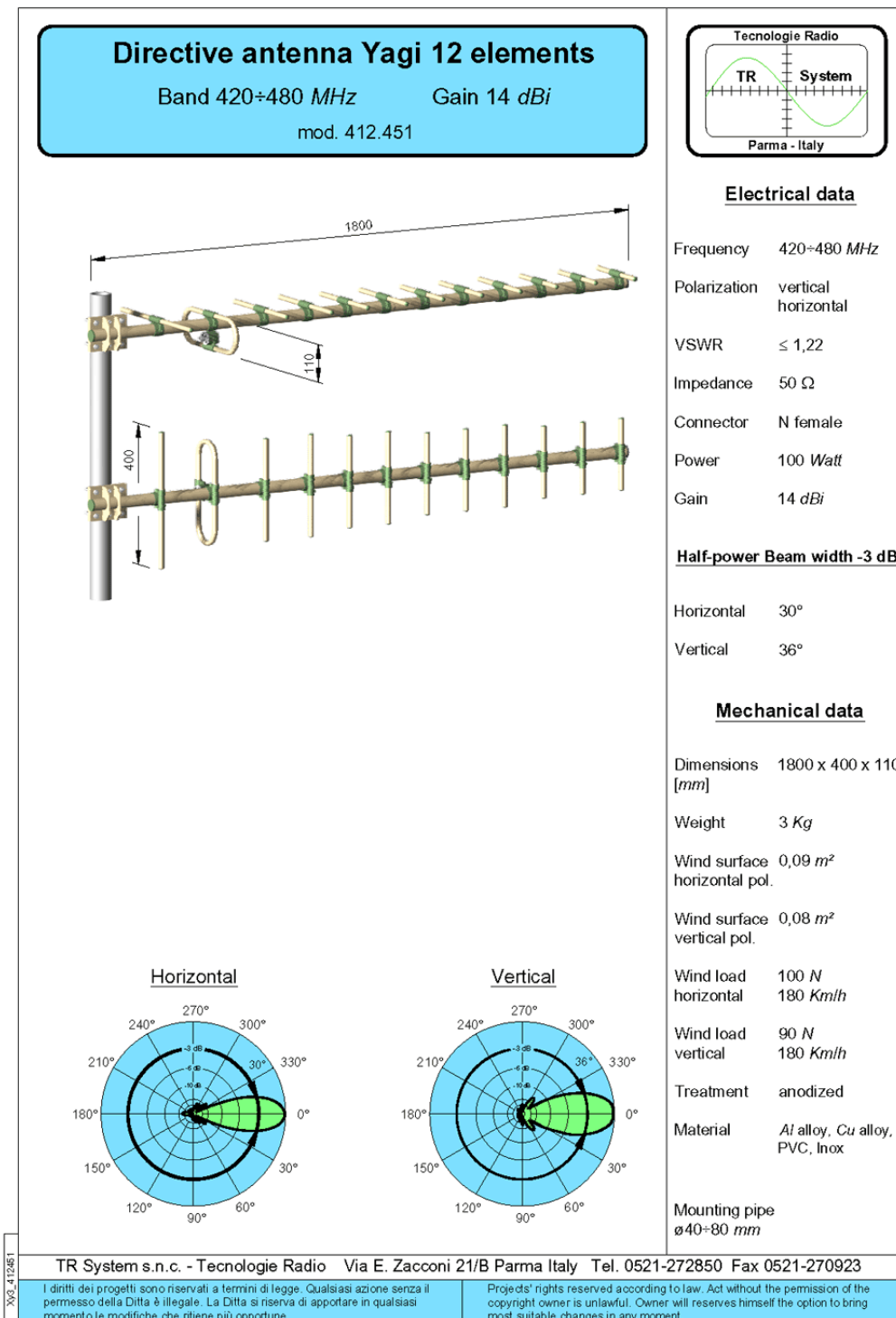
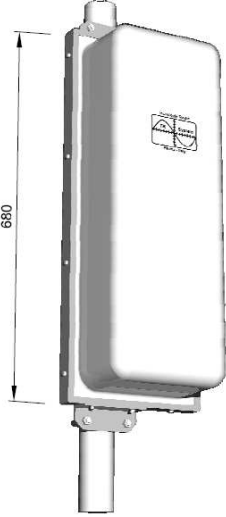


Fig. 6.7: Directive antenna Yagi 12 elements

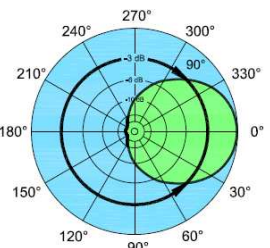
Directional Antenna UHF

Band 400+500 MHz Gain 10,5 dBi
mod. 62.452

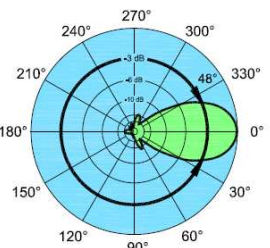


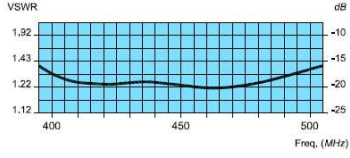
L'antenna direzionale a pannello mod. 62.452 consiste di due radiatori alimentati in fase fissati su di un pannello in alluminio con funzioni di riflettore e sostegno. Gli elementi sono tutti in Rame, saldati all'argento, e protetti da robusta copertura in vetroresina tale da assicurare la costanza delle caratteristiche elettriche e meccaniche nel tempo. Il minimo ingombro e la sagoma appositamente studiata, rendono minima la resistenza al vento, permettendo inoltre una grande versatilità di composizioni in multisistemi e di lobi di radiazione complessi. Il peso ridotto ed i pratici ancoraggi permettono il fissaggio su supporti tubolari o pareti senza difficoltà d'installazione. Con apposita staffa è possibile controllare l'angolo verticale di massima radiazione dell'antenna (Tilt angle). Ogni pannello viene controllato in fabbrica ed accompagnato da certificato di collaudo.

Horizontal



Vertical





Electrical data

Frequency	400+500 MHz
Polarization	vertical
Impedance	50 Ω
VSWR	≤ 1,3
Max Power In	500 Watt
Gain	10,5 dBi
Front to Back	≥ 22 dB
Connector	N female

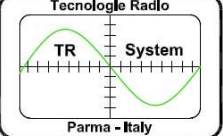
Half-power beam width -3 dB

Horizontal	90°
Vertical	48°

Mechanical data

Dimensions [mm]	680 x 265 x 180
Weight	6 Kg
Wind surface	0,18 m²
Wind load	240 N 200 Km/h
Colour	Grey RAL 7001
Material	lega Al, Cu, Inox Fiberglass
Mounting plpe	ø30+70 mm

Tecnologie Radio



Parma - Italy

TR System s.n.c. - Tecnologie Radio Via E. Zacconi 21/B Parma Italy Tel. 0521-272850 Fax 0521-270923

I diritti dei progetti sono riservati a termini di legge. Qualsiasi azione senza il permesso della Ditta è illegale. La Ditta si riserva di apportare in qualsiasi momento le modifiche che ritiene più opportune. Projects' rights reserved according to law. Act without the permission of the copyright owner is unlawful. Owner will reserves himself the option to bring most suitable changes in any moment.

Fig. 6.8: Directional antenna UHF

6.2.2 Antenne collineari

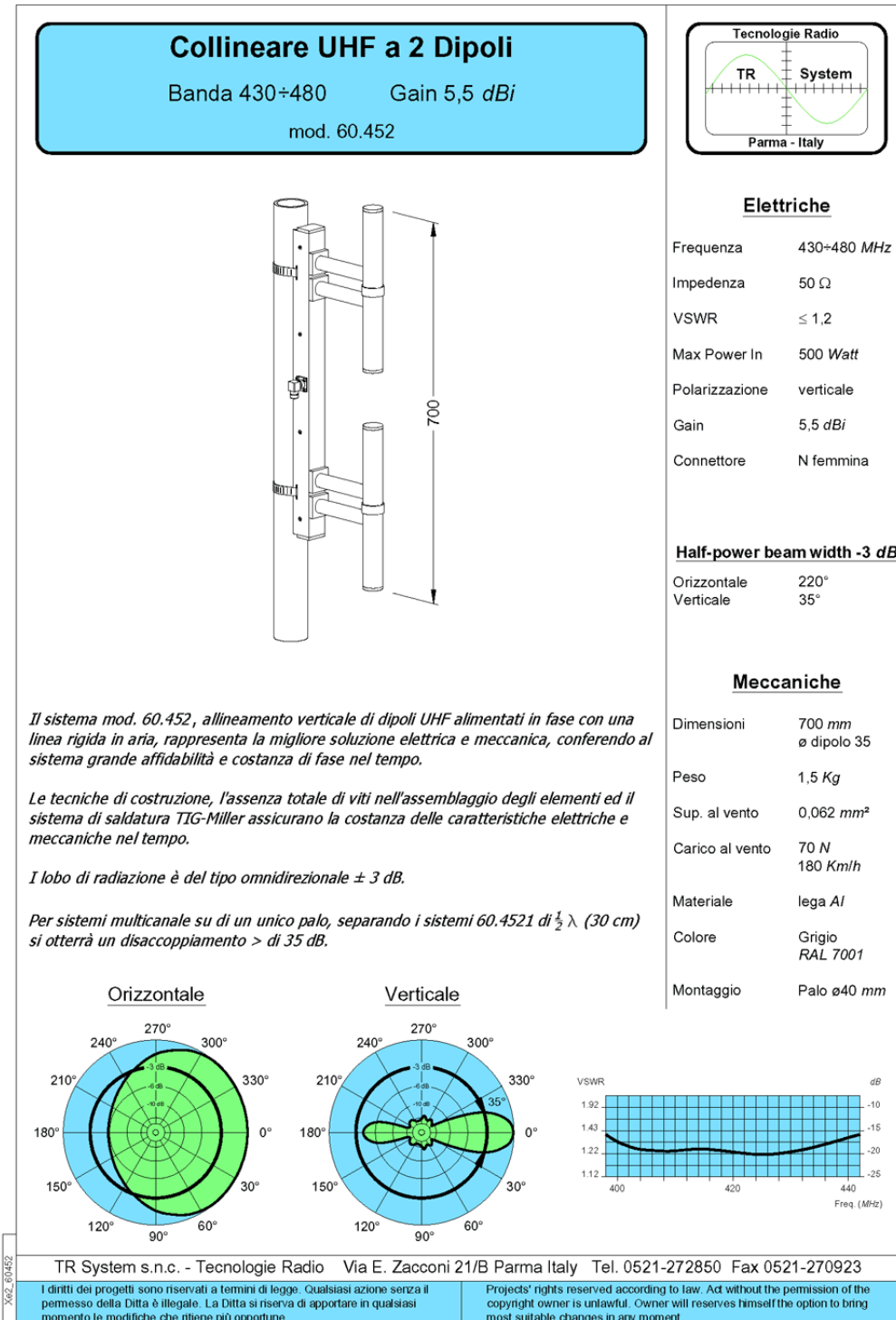
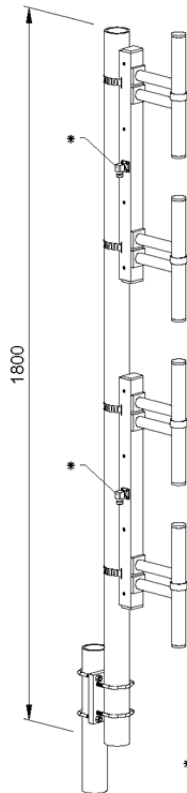
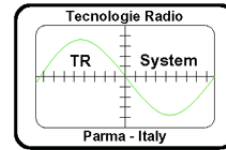


Fig. 6.9: Collineare UHF a 2 dipoli

Collineare UHF a 4 Dipoli

Banda 430÷480 Gain 8 dBi
mod. 60.454



Il sistema collineare di 4 dipoli UHF alimentati in fase mod. 60.454 è il risultato di un lavoro di ricerca e sperimentazione secondo le esigenze specifiche della banda 430÷480 MHz. La scelta di leghe anticorrosive, la tecnologia di costruzione e saldatura, l'assenza totale di viti di giunzione nei punti caldi, l'adozione di linee coassiali in aria per l'alimentazione in fase, i labirinti e l'eliminazione di parti vulnerabili assicurano efficienza e durata delle caratteristiche nel tempo. Tutte le parti sono galvanicamente a massa. Trova quindi un'adeguato impiego quale antenna ad alto guadagno in stazioni base e ponti radio UHF.

* - I cavi d'accoppiamento non sono rappresentati

Elettriche

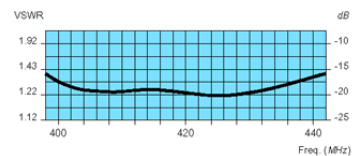
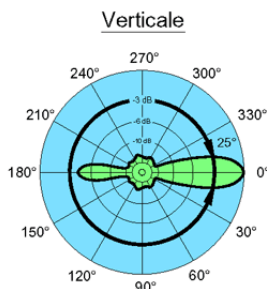
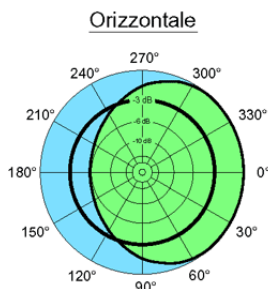
Frequenza	430-480 MHz
Impedenza	50 Ω
VSWR	≤ 1,2
Max Power In	500 Watt
Polarizzazione	verticale
Gain	8 dBi
Connettore	N femmina

Half-power beam width -3 dB

Orizzontale	220°
Verticale	25°

Meccaniche

Dimensioni	1800 mm ø dipolo 35
Peso	5 Kg
Sup. al vento	0,124 mm ²
Carico al vento	140 N 180 Km/h
Materiale	lega Al
Colore	grigio RAL 7001
Montaggio	Palo ø40 mm



X61_60454

TR System s.n.c. - Tecnologie Radio Via E. Zacconi 21/B Parma Italy Tel. 0521-272850 Fax 0521-270923

I diritti dei progetti sono riservati a termini di legge. Qualsiasi azione senza il permesso della Ditta è illegale. La Ditta si riserva di apportare in qualsiasi momento le modifiche che ritiene più opportune.

Projects' rights reserved according to law. Act without the permission of the copyright owner is unlawful. Owner will reserve himself the option to bring most suitable changes in any moment.

Fig. 6.10: Collineare UHF a 4 dipoli



Conclusioni

Da alcuni esempi mostrati nei vari capitoli si è visto che il sistema D-Star incorpora una serie di applicativi e funzionalità che, normalmente, non si è soliti trovare in una versione analogica attuale. Nei cinque esempi mostrandoti applicazioni che utilizzano questo protocollo, si sono potute osservare le enormi potenzialità che potrebbero essere sviluppate nel settore di protezione civile. A tal proposito, è in corso uno studio sperimentale dell'ARI (sezione di Terni) circa un progetto per un sistema di radiocomunicazioni digitali di emergenza, in previsione di una futura implementazione sui mezzi già dotati di radio digitali. Senza dubbio, il tipo di sistema di radiocomunicazione presentato offre molteplici vantaggi che consistono nel poter comunicare in modo digitale, impostando, ad esempio, in un gruppo chiuso di interlocutori, un tono CCTSS, che consente l'accesso selezionato e rivolto ad un solo gruppo di soccorritori. La tecnologia D-Star permette inoltre di poter inviare, unitamente al traffico fonia, anche quello dati, il che permetterebbe, con l'ausilio di apparecchiature GPS o microfoni dedicati, di poter far rilevare la perfetta posizione della stazione radio in una situazione di emergenza, evitando così che l'operatore perda tempo prezioso per comunicare la propria ubicazione. Inoltre, si è visto che una rete D-Star può essere interconnessa ad internet mediante l'apparato IP-RP2C: ciò permetterebbe una rapida diffusione dei dati alle agenzie preposte nello specifico settore. Un'ulteriore

caratteristica di questa tecnologia è la tracciabilità delle comunicazioni. Si è infatti visto come una comunicazione effettuata mediante protocollo D-Star sia completamente identificata dal mittente al destinatario e come sia possibile raggiungere ogni stazione in ascolto, indipendentemente da dove essa si trovi ad operare, semplicemente indicando il callsign del destinatario. Inoltre, si è dato cenno alle funzionalità dei ripetitori di zona, i quali, memorizzando tutti i nominativi che operano attraverso essi, creano una rete globale (backbone) che mette in comunicazione tutti gli apparati D-Star sul globo terrestre. Il sistema che è stato studiato e sviluppato potrà essere implementato e perfezionato in futuro, aggiungendo anche qualche nuovo componente all'impianto già funzionante. Un'ottima idea di implementazione futura potrebbe essere la creazione di un apparato rice-trasmittente al campus di Parma, il che permetterebbe di dimostrare, senza dovere salire ogni volta al Monte Giogo (un'esperienza comunque molto consigliata), le potenzialità offerte da questa nuova tecnologia. Un'ultima, ma non meno importante citazione, va all'Associazione Radioamatori Italiani (sezione di Parma) ed in particolare al Gruppo Troposcatter Monte Giogo, i quali, con grandissimo impegno e passione, hanno avuto la meravigliosa idea di ristrutturare e di rendere funzionale l'ex-base NATO di Monte Giogo che, oltre ad essere un patrimonio dal punto di vista tecnologico, lo è anche da un punto di vista storico.

Bibliografia

- [1] *Antenna Theory – Second Edition*
Constantine A. Balmain, Arizona State University

- [2] *Propagazione Elettromagnetica Guidata*
Stefano Selleri, Università degli Studi di Parma

- [3] *Wikipedia*
<http://it.wikipedia.org/>

- [4] *Associazione Radioamatori Italiani (ARI)*
<http://www.ari.it>

- [5] *Gruppo Scatter Monte Giogo – Sezione ARI di Parma*
<http://www.ik4mgv.it>

- [6] *ICOM*
<http://www.icomamerica.com>

- [7] *Tr-System*
<http://www.tr-system.com>

- [8] *D-Star users*
<http://www.dstarusers.org>