

Alles wird digital

Im Zeichen der Interoperabilität

Dipl.-Ing. Joachim Berns, DL1YBL

Die Digitalisierung schreitet im Funkwesen voran. Zur Sprachübertragung nutzen Funkamateure schon heute drei Verfahren: D-Star, APCO und DMR. Verbindungen zwischen diesen Inseln sind jedoch nicht möglich.

Die digitale Revolution hat seit einigen Jahren die Welt verändert. Das GSM-Handy ist heute treuer Begleiter und das Fernsehen wird digital in zumeist besserer Qualität im gleichen Übertragungskanal angeboten. Die Vorgaben der weltweiten Politik stimmen für den Wegfall analoger Übertragungstechniken, um eine bessere Ausnutzung der wertvollen Ressource Frequenzen zu ermöglichen. Dass auch unsere Frequenzen wertvoll sind, haben sicherlich schon viele nach den Versteigerungen für die „digitale Dividende“ festgestellt. Frequenzen, die durch den Umstieg von analog auf digital frei werden, sollen hauptsächlich für BWA, also den Ausbau des Internets in ländliche Regionen genutzt werden. Als Technik bietet sich dort LTE oder UMTS an. Diese technische Entwicklung zeigt, dass sich auch der Amateurfunkdienst mit diesen neuen Techniken auseinandersetzen muss und die Chancen für die Zukunft ergreift.

Viele neue digitale Übertragungsverfahren wie OLIVIA, WSPR u.ä. sind schon seit vielen Jahren auf KW etabliert. D-ATV wird auf den SHF-Bändern allerdings durch die Sendeturmproblematik und die starke Reglementierung im Wachstum behindert.

Neue Techniken zur Vernetzung von autonomen Systemen und der Zugriff auf schnelle DSL-Anschlüsse, erlauben es nun auch Relaisfunkstellen zu bauen, die nicht so exponiert hoch stehen, aber in kleineren Zellen für die Versorgung, z.B. von DV (Digital Voice), taugen. Nur die Digitalisierung von Sprache und Bildern als Datenstrom, verschafft uns die Mög-

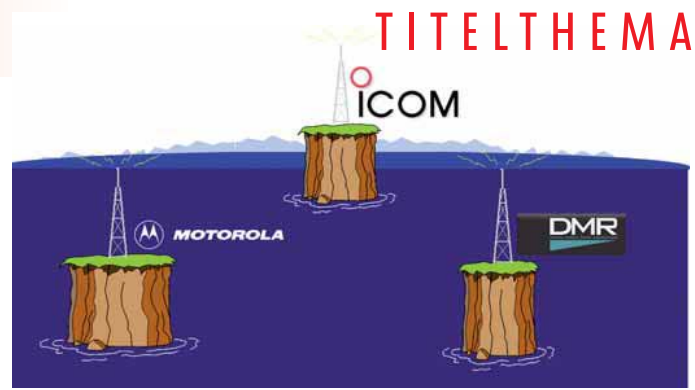
lichkeit, distributiv in die Breite zu gehen und sogar global zu vernetzen.

Erste DV-Tests im Jahr 2002

Im Jahr 2002 hatte der VFDB die Möglichkeit, Technik aus stillgelegten kommerziellen Netzen weiter zu nutzen. Einige dieser Geräte waren durch intensive Arbeiten und Firmwareupdates in der Lage, DV zu verarbeiten. Unter Leitung des damaligen VFDB-Vorstands und VUS-Referates hatte man die Tragweite und Nutzbarkeit solcher Systeme für den Amateurfunkdienst erkannt und gefördert. Daraus entstanden die heute noch im Betrieb befindlichen APCO-25-Systeme, die vornehmlich in den USA statt TETRA in Europa, im BOS-Funk (nömL), zum Einsatz kommen.

Da diese Systeme nur schwierig über das Internet zu vernetzen waren und wir den Einzugsbereich stetig vergrößern wollten, kamen wir auf die Idee die Relais mit einem zweiten Rx auszurüsten und dann per Monitoringverfahren zu verbinden. Die Anforderungen an die Technik waren groß und durch die guten Standorte und kommerzielle Relaischnik machbar. Dieses System funktioniert immer noch vollkommen autark vom Internet und umfasst die Bereiche von Bremen über Osnabrück und das Ruhrgebiet, weiter über Köln/Bonn, Koblenz, den Feldberg im Taunus, die Wasserkuppe in der Rhön, bis nach Würzburg.

Das APCO-25-System hat derzeit Hunderte von begeisterten Nutzern, aber allerdings auch das Problem, preiswerte und geeignete Endgeräte zu bekommen. Durch direkten Vergleich von analog zu digital konnte man sofort feststellen – Relais können digitale und analoge Signale



Fehlende Brücken der Systeme untereinander verhindern, dass Nutzer des einen Systems mit Nutzern des anderen Systems kommunizieren können

automatisch erkennen –, dass ein Signal bei einer Bandbreite von 12,5 kHz in den Randbereichen, mit dem verwendeten Sprachcoder der Firma DVSI, viel besser und störungsfrei zu empfangen war. Das ermutigte uns, den Ausbau der digitalen Sprachrelais weiter auszubauen.

In Japan entstand ein für den Amateurfunkdienst konzipiertes System: D-Star (Digital Smart Technology for Amateur Radio) bietet den Vorteil der Vernetzungsmöglichkeit über das Internet. Der Standard wurde vom japanischen Amateurfunkverband JARL durch eine Ausschreibung an alle japanischen Hersteller von Kommunikationsgeräten im Jahr 1999 veröffentlicht. Nur ein japanischer Hersteller (Icom) erstellte ein Angebot dazu. Wir bemühten uns, solch ein System auch für DL und Europa testen zu können. Der weltweite Erfolg ist bemerkenswert und auch Selbstbaugeräte als Relais und Endgeräte, wie das für Amateurfunk modifizierbare C-Netz-Telefon C5 mit D-Star-Platine oder der DV-Adapter 2.0 der Zeitschrift Funkamateure für viele gängige Transceiver, erfreuen sich großer Beliebtheit.

Leider werden solche DV-Systeme nicht naturgemäß „genormt“, sondern unterliegen Absprachen, um interoperabel und herstellerunabhängig zu sein. In der Vergangenheit wurde das z.B. bei dem APCO-16-Verfahren nicht beachtet, sodass eine große Vielzahl von unterschiedlichen Herstellern und Systemen untereinander nicht interoperabel (kompatibel)



Erhältlich bei der
DARC Verlag GmbH
Lindenallee 6
34225 Baunatal
Tel. (05 61)
9 49 88-73
Fax (05 61)
9 49 88-55
verlag@darcverlag.de
www.darcverlag.de

Dieser Artikel und die Beschreibung der verwendeten Systeme, beziehen sich in dieser Ausgabe auf reine Sprach- und Datenübertragung. Prinzipiell können natürlich Bilder (auch bewegt) damit übertragen werden.

Der BOS-Funk ist ein nichtöffentlicher mobiler UKW-Landfunkdienst (nömL), der von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) verwendet wird.

Standardisierte Systeme, die für Funkamateure in Betracht kommen:

- APCO P25 (Phase II), ITU TIA 102 suite of documents, internationaler Standard
 - TETRA (Release 2), ETSI EN300 392-2, Bündelfunktandard Europa
 - DMR (Release 1, 2, 3), ETSI TS 102-361, z.B. MOTOTRBO von MOTOROLA
 - dPMR 446, ETSI TS 102-490
 - dPMR (Mode 1, 2, 3) z.B. IDAS von Icom, ETSI TS 102-658, Peer to Peer, GW, Interface, Trunking
 - D-Star, Amateurfunkstandard der JARL
- Weiterhin gibt es noch folgende Verfahren: TETRAPOL, EDACS, DIMRS (IDEN), IDRA, FHMA, die teilweise herstellereigen sind und wenig Bedeutung haben.



Übersicht vorhandener deutscher DMR-Repeater mit Stand 30. Dezember 2010. Colourcode 1; Talkgroup: WORLD (1); IP-Timeslot 1: USA und VK, IP-Timeslot 2: DL (derzeit Mülheim, Aachen, Feldberg, Berlin und Dortmund)

waren. Hier hatte jeder Hersteller seine eigene Insel geschaffen, ohne für stabile Brücken zu sorgen. Die ITU und auch später die ETSI versuchten nun dieses Dilemma durch genaue Absprachen, Prozeduren und Regeln zu ersetzen. Auch Interoperabilitätstests zwischen den Geräten der Hersteller wurden nun bei großen Treffen organisiert.

Ein System, das für den Amateurfunkdienst eingesetzt werden soll, muss offen sein, d.h. jeder muss weltweit in der Lage sein, bei angemessenen Kosten so ein Gerät kaufen und am Funkverkehr teilnehmen zu können. Dieser wichtige Aspekt findet sich auch in den Vorschlägen des VUS-Referates, zur Änderung der Amateurfunkverordnung. Eine Verschlüsselung des Datenstromes, vor allem mittels geheimer Schlüssel, ist für uns nicht

statthaft. Dies ist die neue Definition von offener Sprache im Amateurfunkdienst, die wir gemeinsam mit der BNetzA und dem BMWI gefunden haben.

Seit Ende 2009 wird in DL ein relativ neues DV-System verstärkt aufgebaut. Innerhalb der ETSI ist es als DMR TS 102-361 standardisiert. Endgeräte und Relais werden von MOTOROLA unter dem Markennamen MOTOTRBO vermarktet. Auch andere Hersteller wie Hytera stellen Geräte für DMR her, die derzeit getestet werden.

Beispiel zur Interoperabilität

Keine dieser Inseln kann miteinander kommunizieren, und es gibt keine solide konstruierte Brücke. Allerdings haben wir Funkamateure mittlerweile auch drei verschiedene Systeme in Benutzung, die nicht oder noch nicht miteinander vernetzt sind: APCO-25 Phase1, D-Star und MOTOTRBO (DMR).

Alle Systeme nutzen einen von der Firma DVSI entwickelten Vocoder Typ AMBE. Dieser Vocoder ist das Herz jedes digitalen Systems. Die Kunst ist Sprache mit numerischen Verfahren so zu digitalisieren und zu komprimieren, dass eine Datenübertragung in kleinen Übertragungskanälen überhaupt möglich wird.

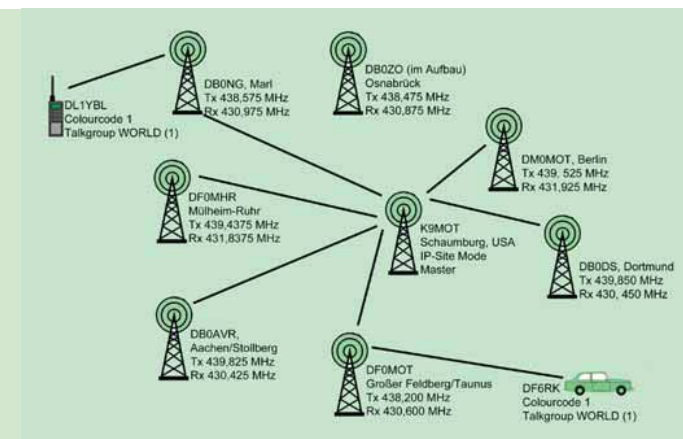
Die neuen Vocoder vom Typ AMBE2+ sind so genannte Half/Rate Coder, arbeiten also mit bewerteter gleicher Sprachqualität MOS mit 3,6 kBit/s inklusive

Fehlerkorrektur. Das noch bei APCO Phase1 eingesetzte IMBE arbeitet mit 7,2 kBit/s, ist allerdings auch deutlich robuster gegen Übertragungsfehler als der AMBE2+, erkaufte durch die doppelte Bandbreite des Systems.

Fazit zu den Systemen

Eine Gegenüberstellung aller Systeme – die derzeit getestet werden – ergibt ein differenziertes Bild. Jedes System hat für sich Vorteile, allerdings erfüllt nur D-Star alle Anforderungen, die wir uns als Funkamateure wünschen.

Das größte Argument für D-Star ist sicherlich der komplette Selbstbau und das Call-sign-Routing. Nur dieses System ermöglicht es weltweit, Rufzeichen-basierend, jemanden gezielt anzusprechen. Das System weiß, wer sich wo aufhält und kann das per DPRS und GPS-Informationen sogar direkt darstellen. Die Einflussnahme durch den Amateurfunk ist direkter auf künftige Trends und Entwicklungen möglich, als bei anderen professionellen Systemen. Ein DMR-Szenario wäre sicherlich das zusammenschalten aller deutschen Großstädte bzw. exponierte Relais an eine IP-Site. Das Nutzen von Roaming und das Verwenden von übergreifenden Zonen auf der gleichen Frequenz würde die Frequenz und Ressourcenknappheit entschärfen. Durch DMR hätte man dazu einen lokalen und einen DL-weiten Timeslot.



APCO-25 und D-Star

Digitale Funksysteme mit großer Verbreitung

DL1YBL ist Referent des VHF-/UHF-/SHF-Technik-Referats des DARC e.V.

Dipl.-Ing. Joachim Berns, DL1YBL

Die Wurzeln des D-Star-Systems gehen zurück auf das Jahr 1999. Heute, im Jahr 2011, verfügt es über einen recht großen Verbreitungsgrad. Für APCO-25 sind ebenfalls viele Relais installiert, die Endgeräte sind jedoch vergleichsweise rar.

Das D-Star-System unterliegt weder einer ETSI- noch einer ITU-Norm. Dadurch, dass nur ein Hersteller bisher Geräte anbietet, findet wenig Wettbewerb statt, aber die Gerä-

te gibt es für akzeptable Preise weltweit zu kaufen. Allerdings war D-Star zunächst nur für Japan und die USA gedacht. Im Rahmen meiner Tätigkeit als VUS-Referent des VFDB bemühen wir

uns in 2006 Testgeräte zu bekommen und dieses System bekannt zu machen. Der erste Testbetrieb, der weitere Ausbau mit mehreren Relais und die Vernetzung über das Internet hat zu einem Boom von Digital-Repeater in Europa geführt. Fast alle EU-Länder – außer Frankreich – haben kommerzielle und mittlerweile auch selbst gebaute Relais genehmigt und in Betrieb.

Zur IARU-Region-1-Konferenz in Cavtat/Kroatien wurden dann vom VUS-Referat des DARC die Grundlagen für eine

Frequenznutzung definiert. Viele Messungen zusammen mit Icom, der BNetzA und dem VUS-Referat hatten die Parameter festgelegt. D-Star arbeitet als FDMA-System im 6,25-kHz-Raster. Durch eingebaute Filter erfüllen die Repeater die entsprechenden Kriterien – leider nicht die Endgeräte!

Anforderungen an das System

Das System sollte keine systembedingte Begrenzung aufweisen, internetfähig sein sowie eine eigene Einrichtung und Administration ermöglichen. Skalierbarkeit und modularer Aufbau bilden die Grundlage für den weiteren Ausbau. Das System darf keine Verschlüsselungen aufweisen. Ein Schmalbandbetrieb für Sprache, Daten und Positionsinformationen sowie eine Möglichkeit hohe Datenraten zu übertragen, muss möglich sein.

Wie funktioniert D-Star?

D-Star nutzt Rufzeichen zum „Routen“ einer Verbindung. Jeder Nutzer kann durch die individuelle Programmierung seines Gerätes gezielt andere Nutzer oder auch Repeater ansprechen. Nicht nur dabei, sondern auch bei möglichen Direktverbindungen wird das Rufzeichen während jedes Sendedurchgangs übertragen. Jedes Rufzeichen muss für das Gateway bei einem Trustserver eingetragen werden.

Mittels der vier programmierbaren Rufzeichenfelder MyCall (eigenes Rufzeichen), UrCall (Rufzeichen der Gegenstation oder Zone) sowie Rpt1 (erster Repeater) und Rpt2 (zweiter Repeater) kann der Nutzer sein Ziel bestimmen. Um eine Gateway-Verbindung aufzubauen, müssen alle Rufzeichenfelder benutzt werden. Beispiel:

MyCall: DL1YBL

UrCall: der entfernte Repeater / DBØHRFB

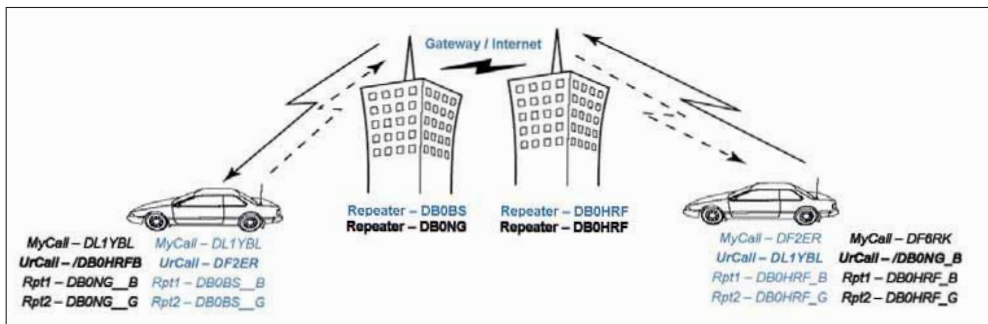
Rpt1: lokales Repeater-Rufzeichen DBØNG_B

Rpt2: lokales Repeater-Rufzeichen + G für Gateway: DBØNG_G

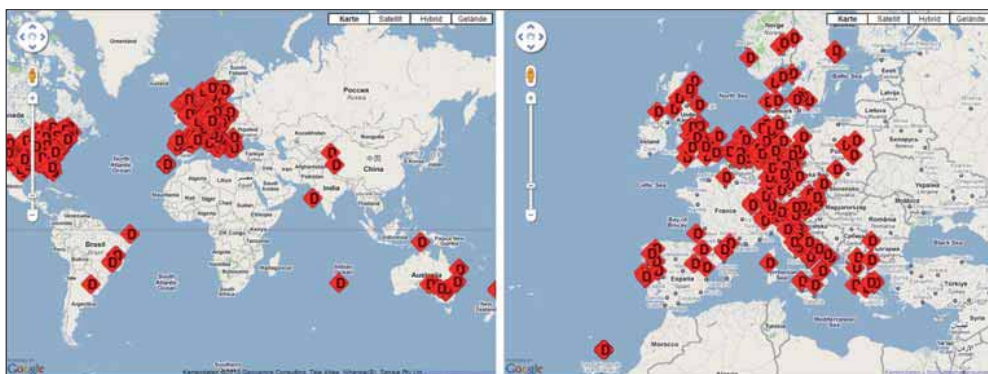
Durch Zusammenschaltung mehrerer Repeater über Zusatzsoftware wie dplus, das auf den Relais installiert ist, ist es möglich, ein großes virtuelles Relais zu schaffen. Das findet vollkommen transparent automatisch oder wahlweise für die Benutzer statt.

Registrierung wichtig

Damit das Callsign-Routing und der Reflektorbetrieb funktioniert, muss jeder Benutzer für das Gateway registriert sein. Je



Beispiele für die Programmierung der vier Datenfelder. Hier wird im Zonen-Routing (schwarze Schrift) ein Zielrelais angesprochen und im Callsign-Routing (blaue Schrift) ein einzelner Funkamateurlisten

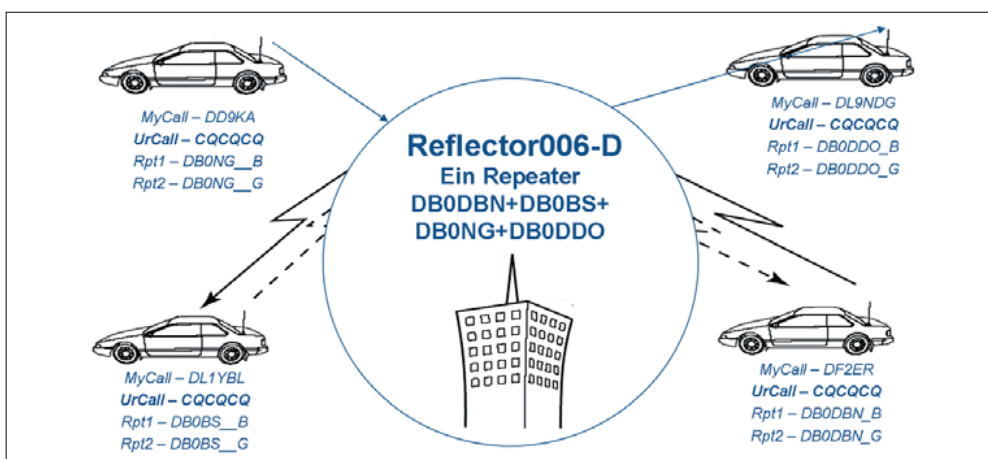


ircDDB

D-STARusers.org

D-Star-Relais welt- und EU-weit, im Webbrowser dargestellt auf einer Google-Karte

Zwei Webseiten informieren über derzeitige D-Star-Aktivität; links ircDDB und rechts D-Starusers



Im Reflektorbetrieb werden mehrere Relais zu einem virtuellen Relais bzw. einer Konferenz zusammengeschaltet. Jeder hört jeden ...

der Nutzer kann sich an beliebigen Relais einmal selber registrieren und kann sich mehrere so genannte Terminals für z.B. Mobil- oder Portabelbetrieb anlegen. Er wird dann weltweit in den Datenbanken geführt und aktualisiert.

Mit Einführung von ircDDB – ein System, das über den RFC-standardisierten IRC-Client/Server Daten zwischen den Relais austauscht – ist es nun möglich, auch Relais, die nicht registriert sind, also „Trustless“ ohne den eingangs genannten Trustserver, anzubinden. Der Benutzer sollte weiterhin im US-Trust registriert sein, um überall im Netz routbar zu sein. Man kann sich an fast allen Relais die im

US-Trust sind registrieren lassen oder z.B. bei der Taunus Relais Gruppe: www.trg-radio.de.

Positionsdaten über D-Star

Viele Geräte mit Zusatzoptionen erlauben es, GPS-Positionsinformationen zusammen mit der Sprache zu übertragen. Dieser Dienst heißt bei D-Star DPRS und ist dem APRS-Dienst verwandt. Einige Gateways stellen diese Information auch für beide Dienste zur Verfügung.

APCO-25 im Überblick

Die Abkürzung APCO steht zunächst für Associated Public Safety Communications Officials, Inc. Die letzten offiziellen Dokumente zur Verabschiedung des APCO-25-Standards wurden im August 1995 bei der APCO International Conference and Exposition in Detroit, Michigan, gezeichnet. Dieser Standard beschreibt ein Verfahren mit welchem z.B. die BOS in den USA ihr „two-way radio“ für die Zukunft sehen. Der Anforderungskatalog umfasst dabei folgende Punkte:

- Frequenzressourcen werden immer knapper (Forderung 6,25-kHz-Raster)
- Datenübertragung wird immer wichtiger
- Funksysteme brauchen immer mehr Funktionalität
- sichere Verbindungen haben hohe Priorität
- eine verbesserte Sprachqualität über die analoge Reichweite hinaus ist erforderlich

Der vorherige Standard APCO-16 hatte sich als eine Insellösung der einzelnen Hersteller untereinander entwickelt. Hier waren Funksysteme untereinander inkompatibel.

Technische Daten D-Star DV:

- F1D und F7W GMSK
- Digitale Übertragung (FDMA) 0,5 GMSK (Digitale Sprache/Daten)
- GMSK Quadratur-Modulator /FPGA (Base Band)
- Umschaltzeiten S/E 10 ms im Digitalmodus
- Sprachvocoder AMBE (2020) wandelt auf 2,4 kB/s FEC bei 3,6 kB/s
- Datenrate 4800 Bit/s
- Benötigte Bandbreite maximal 5 kHz
- Tx/Rx-Umschaltzeiten <100 ms

Technische Daten D-Star DD:

- GMSK-Modulation
- Datenrate maximal 128 kB/s
- Benötigte Bandbreite max. 150 kHz
- Tx/Rx-Umschaltzeiten <50 ms
- Simplex-Betrieb nur 23 cm

Der wichtigste Begriff bei digitalen Systemen ist daher die Interoperabilität. Darunter versteht man die Fähigkeit von Programmen, Daten in bestimmten Formaten oder Protokollen verarbeiten zu können. Programme verschiedener Hersteller sollen untereinander also Daten austauschen können.

Dies erlaubt eine Teilung des Marktes unter verschiedenen Firmen sowie die Möglichkeit, ein Endprodukt anhand mehrerer, spezialisierter, von verschiedenen Herstellern stammende Programme herzustellen.

Die Datenformate und Protokolle müssen daher offen (d.h. deren Definitionen für alle zugänglich) und zentral definiert sein. Im Internet ist die IETF Internet Engineering Task Force eine solche zentrale Definitionsstelle (anhand der RFCs), die zum Beispiel die im Internet üblichen Protokolle IRC, TCP/IP, HTTP, FTP u.v.m. definiert hat.

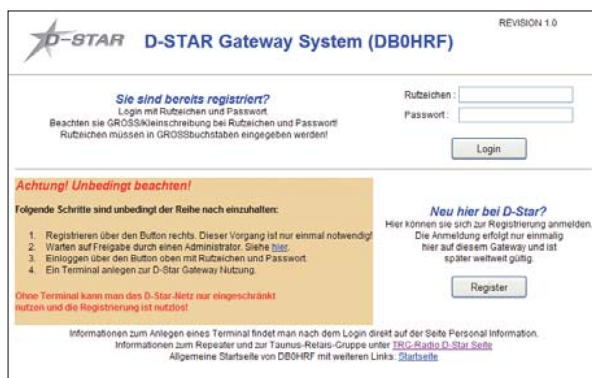
Diese Interoperabilität ist einer der wichtigsten Punkte bei der Definition von APCO-25. Die Luftschnittstelle, das so genannte Common Air Interface (CAI), war das schwierigste zu definierende Modul. CAI setzt den gewünschten Standard für „radio-to-radio digital signal compatibility and interoperation“. Das bedeutet, dass in einem APCO-25-System jedes mobile oder portable System von jedem Hersteller frei kombiniert werden kann.

Im November 1993 akzeptierte das APCO-Project 25 Steering Committee das TIArecommended „Common Air Interface Standard“-Dokument, welches sich wie folgt spezifizierte:

- FDMA Zugriffsmethode
- C4FM- und/oder QPSK-Modulation
- 9,6 kB Datenrate
- DVSI-Vocoder, in einem 12,5-kHz-Kanal



Motorola Quantar DSS-3



Eine einmalige Registrierung, hier z.B. bei DB0HRF, ist nötig, damit das Netzwerk den neuen Nutzer auch kennt

Viele Informationen zum laufenden Betrieb des D-Star-Netzes erhält man unter www.dstarusers.org und www.ircddb.net.

Die RFC (Requests for Comments, zu Deutsch „Bitte um Kommentare“) sind technische bzw. organisatorische Dokumente, die einen späteren Standard definieren. RFCs behalten auch dann ihren Namen, wenn sie sich durch Akzeptanz und Gebrauch zum Standard entwickelt haben.



Endgeräte für Funkbetrieb im APCO-Netz

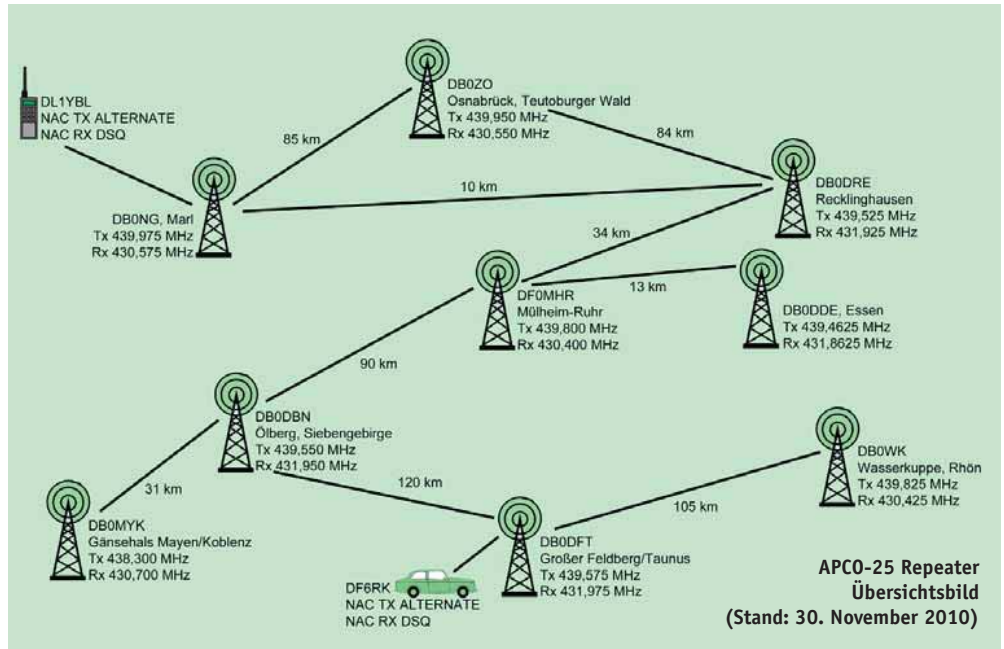
Erste Versuche im Amateurfunk

Im September 2002 hatten wir Zugriff auf ausgemusterte Relaisstationen des Modacomnetzes. Es entstand die Idee, die bisherigen reinen Datenrelais auch als Sprachrelais nach einem in den USA gebräuchlichen Verfahren zu nutzen. Die digitalen Relais vom Typ DSS-3 Quantar (Motorola) ließen sich nicht so ohne Weiteres umbauen, denn sie waren scheinbar nur für den reinen Datenfunk gebaut. Der Einsatz von neuen Controllerboards und Software löste unser Problem.

Endgeräte kann man vereinzelt bei den Auktionshäusern erwerben, sind allerdings etwas rar gesät.

Ende November 2003 erfolgten die ersten drei Relaiszuteilungen, um das Ruhrgebiet als erstes mit einem umfassenden digitalen Netz zu versorgen.

Alle Relais arbeiten Vollduplex mit einer Relaisshift von 7,6 MHz und sind miteinander über HF-Links vernetzt. Die Relais



akzeptieren nur digitale APCO-25-Signale mit definierten NACs, die sie dann umsetzen. Mittlerweile nutzen wir neun per

HF-Monitorlinks verbundene Repeater und überstreichen ein Gebiet von Norddeutschland bis Bayern.



Vorteile gegenüber APCO und D-Star

DMR im Amateurfunkeinsatz

Dipl.-Ing. Joachim Berns, DL1YBL

Vielen Funkamateuren ist DMR ein noch vergleichsweise unbekanntes System zur digitalen Kommunikation. Dennoch sind erste Versuche in den Reihen der Funkamateure bereits erfolgreich gelaufen und einige Relais in der Luft.

Das DMR ist ein so genanntes TDMA (Time Division Multiple Access) System. Bild 1 zeigt die Funktionsweise. Im Gegensatz dazu steht unser heutiges und vor allem im Bündelfunk eingesetztes FDMA (Frequency Division Multiple Access) System (Bild 2), bei dem auf einem exponierten Standort mehrere Relais auf unterschiedlichen Frequenzen betrieben werden müssen. TDMA nutzt dagegen Zeitschlitzte.

Man muss sich das so vorstellen, als ob man zwei virtuelle Relais an einem Standort hätte. Bild 4 zeigt den prinzipiellen Aufbau.

Technisch lassen sich bis zu 30 Relais in einem IP-Site-Mode zusammenschalten. Das entspricht bei den D-Star-Relais einem Reflektor. Alle hören alles was im jeweiligen Zeitschlitz gesprochen wird. Bedingung ist gleicher Colourcode und Talkgroup. Die RDAC-Software (Bild 5) zeigt den derzeitigen Ausbau in einem Bild. Jeder Repeater ist in diesem Netz komplett administrierbar und kann einen oder beide Zeitschlitzte zur Verfügung stellen.

Im RDAC sieht man, dass der derzeitige Master K9MOT, also die Clubstation von MARC (Motorola Amateur Radio Club), ist. Alle deutschen Relais stellen dem Netz beide Zeitschlitzte zur Verfügung.

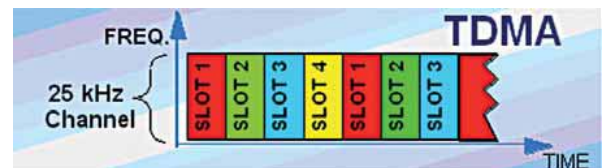


Bild 1: Ein Übertragungskanal wird zeitlich in zwei, vier oder mehr Blöcke aufgeteilt

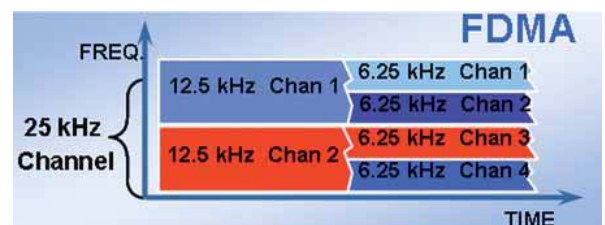


Bild 2: Kanalaufteilung bei FDMA

Denkbar wäre auch, nur ein Zeitschlitz dem IP-Netz zur Verfügung zu stellen und den anderen lokal zu nutzen. Das prinzipielle Problem ist nun die Bandbreite des Gesamtsystems. Jeder Peer im IP-Site-Mode muss als Upstream ca. $2(TS1 + TS2) \times 15 \text{ kB} (DV + DATEN) \times$

N (Anzahl der Relais) leisten können. Bei den 20 derzeit verlinkten Relais übersteigt die Datenrate schon das was viele DSL-Anschlüsse leisten können (>600 kBit). Nützlich wären demzufolge Multicast-Pakete, welche die Datenrate wieder um den Faktor N (Anzahl der Relais) reduzieren könnte. Leider unterstützen die meisten ISP diese nützliche Funk-

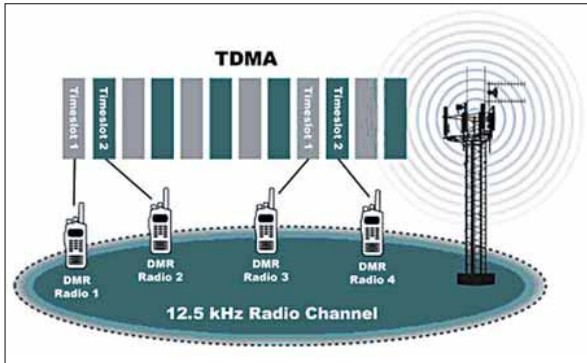


Bild 3: DMR nutzt zwei Timeslots (Zeitschlitz)

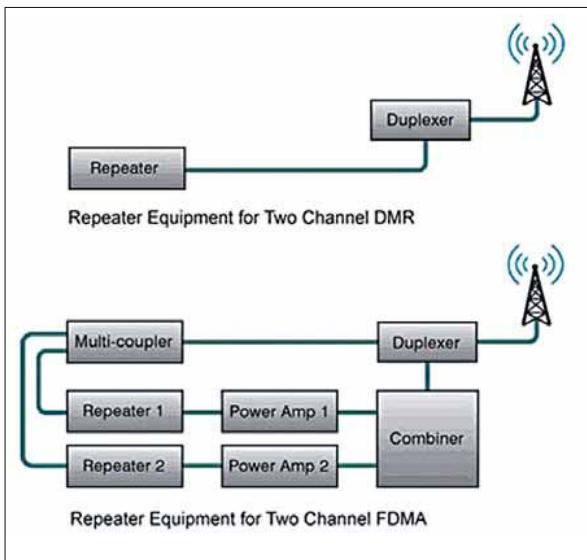


Bild 4: Repeater-Equipment für Zweikanal-FDMA und Zweikanal-DMR



Bild 5: Screenshot der Steuersoftware



Bild 6: MOTOTRBO-Repeater DR3000, das Handfunkgerät DP3400/3600 und Mobilgerät DM3400/3600

tion in ihren Routern nicht. Die derzeit verwendeten Repeater von Motorola unterstützen analog (12,5 kHz) und digital $2 \times 4,8 \text{ kBit/s}$ (12,5 kHz) automatisch, aber nicht im IP-Site-Mode und haben einen direkten Netzwerkanschluss.

Mittels Colourcode, einstellbar an den Relais, lassen sich auch überlappende Versorgungsbereiche auf gleichen Frequenzen realisieren. Die Geräte können direkt automatisches Roaming, sie suchen sich also nach bestimmten Kriterien das beste Signal heraus.

Durch das Steuern von Talkgroups zu OV-Gruppen, wie bei APCO-25, würde sich so ein kommerzielles System ebenfalls nutzen lassen.

Leider gibt es keine Multi-IP-Site, also das selektive Verbinden von verschiedenen IP-Sites. Auch kann noch nicht gezielt nach Rufzeichen geroutet werden. Eine Umsetzung von Callsign zur ID hatten wir zum Start des Systems mit den Amerikanern schon eingeführt. Z.B. hat DL1YBL bei MOTOTRBO folgende Radio-ID: 2624003 (262 = GSM Ländercode DL; 4 = PLZ; 003= beliebige fortlaufende Nummer) Die Liste ist einsehbar unter: <http://n6dva.org/trbo-database>.

Das Rufzeichen wird aber nur von Transceivern mit Display angezeigt und muss fortlaufend im Gerät gepflegt werden.

Ausstattung der DMR-Geräte

- Integriertes Daten Modem: Standard UDP/IP, kompatibel mit IP-Applikationen, Internet Protokoll (IPv4) Adressierung, ca. 2 kbps gesicherter Datendurchsatz pro Zeitschlitz, künftig auch doppelter Datendurchsatz durch Nutzung beider Zeitschlitz
- USB Schnittstelle: Für Windows-PC-basierende USB-Host-Applikationen über Motorola USB Programmierungskabel + Motorola USB Driver, für Nicht-Windows-basierende μC -gesteuerte Geräte über spezielles Motorola-USB-Datenkabel + XCMP/XNL-SW-Key + USB-Host-Treiber vom Integrator
- Integrierter GPS-Empfänger: Gesteuert über LRRP (Location Request and Respond Protocol)
- Integriertes Text-Übertragungssystem: Gesteuert über TMP (Text Messaging Protocol)
- Integriertes einfaches Telemetrie-System: Gesteuert über TP (Telemetry Protocol) erlaubt dies die Kontrolle über die GPIO
- Option Board fähig (release 1.2): Unterstützt durch XCMP (eXtended Control Management Protocol)

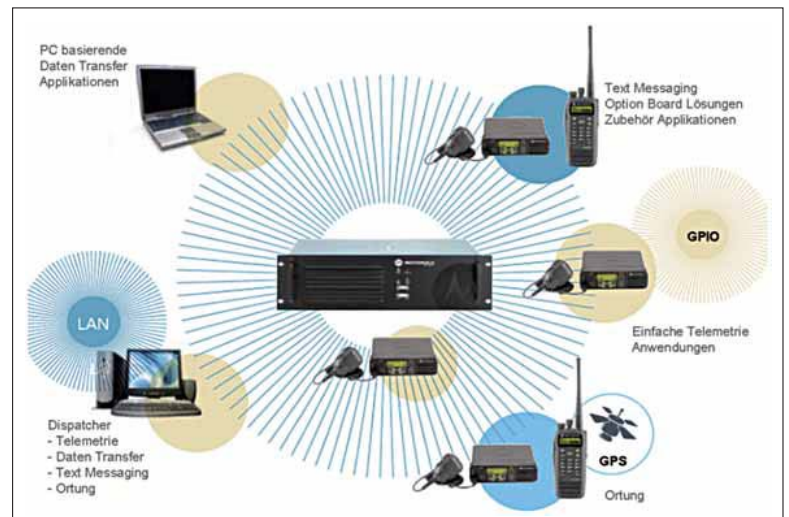


Bild 7: Praktisches Anwendungsbeispiel