

D-STAR – Digital Smart Technology for Amateur Radio

Av SM5CKI, Göran Jansson

D-STAR utvecklades av JARL (Japan Amateur Radio League) i början av tjugohundratalet och representerar ett nytt utvecklingssteg när det gäller införande av ny teknik inom amatörradion. Det som framför allt är nytt är att tal överförs digitalt samt att det finns stora möjligheter till att D-STAR-repeaterar kan kopplas samman lokalt och globalt genom Internet. Det helt digitala systemet ger också möjlighet för innovativa amatörer att skapa egna system samt i och med detta finns det en stor framtida potential. I dag finns det flera tillverkare av D-STAR-stationer.

I systemets enklaste form körs trafik, både tal och data, direkt mellan två eller flera stationer utan att det behövs någon repeater. I den andra formen körs trafiken över en lokal repeater på liknande sätt som dagens 2 m och 70 cm repeaterar. I den tredje formen körs trafiken över Internet till andra repeaterar, både regionalt och globalt. Det som skiljer den här funktionen från exempelvis Echolink är att användare inte behöver någon dator, utan trafiken körs till exempel mellan en handapparat i Uppsala och en mobilstation i Malmö, alltså en väsentlig skillnad. Det finns också möjligheter att överföra positionsdata från GPS på liknande sätt som det i dag sker genom APRS. För inte så länge sedan dök det upp en programvara som gör det möjligt att från sin dator få tillgång till det globala D-STAR-systemet utan att behöva ha en D-STAR-station. D-STAR har mycket stora utvecklingsmöjligheter då en hel del funktioner



ICOM IC-2820H.

ligger så nära Internet och det finns många intresserade och innovativa amatörer.

Det finns naturligtvis mycket att säga om teknik och användningsområden för det nya D-STAR-systemet och det är därför omöjligt att i den här artikeln ta upp dess helhet. Fokuseringen ligger på några grundläggande tekniska aspekter när det gäller själva överföringsprinciperna för tal och data, utan att gå in på hur man använder och handhar själva apparaterna. Det finns också mycket att säga om hopkopplingen av D-STAR-repeaterar via Internet, men även den delen lämnas här utanför. Fokuseringen blir därför på hur den digitala signalen skapas och hur den i D-STAR kan överföra både tal och data.

Låt oss börja med att titta på signalen från mikrofonen som är en rent analog signal och som förstärks och filtreras på ett helt vanligt sätt som i en vanlig analog station. Första steget är att digitalisera mikrofonsignalen. Alltså att skapa en digital signal som består av "ettor" och "nollor" och som representerar mikrofonsignalen. Detta görs med en analog till digitalomvandlare. Kretsen som används i ICOM-apparater är en 16 bitars AD: Analog Device AD73311. Det är en standardkrets som används i många digitala talkommunikationssystem.

Komprimering av det digitala talet

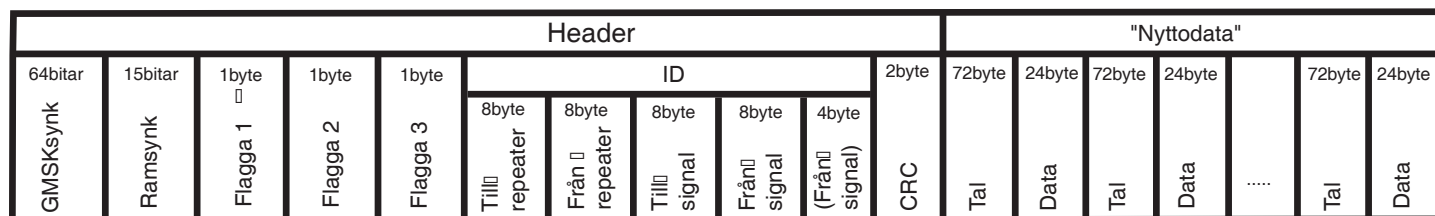
Vi har nu fått en ren dataström med "ettor" och "nollor" och som representerar signalen från mikrofonen. I detta skede är dataaktan (antal bitar per sekund) alldeles för hög för att den ska rymmas inom 6,25kHz kanalbredd som används av D-STAR-systemet. Det behövs därför någon form av minskning av dataaktan. Det har genom åren utvecklats olika tekniker för att åstadkomma detta. Till exempel så har mycket av komprimeringstekniken utvecklats inom mobiltelefonin. En annan användning av komprimering är musiken i mp3-filer där datamängden minskas tiofaldigt utan att det

ger en påtaglig förändring av ljudet. Just att reducera datahastigheten i D-STAR är alltså mycket viktigt för att hålla sig inom en så smal bandbredd som möjligt. ICOM använder sig av en standardkrets, AMBE-2020, från Digital Voice System. Detta är en krets som används i många andra digitala radiosystem där man ska överföra tal. Som exempel kan nämnas Inmarsat och Iridium. Kretsens syfte är att få ner den relativt höga dataaktan efter analog till digitalomvandlingen så att det digitala talet rymms inom den givna bandbredden. I D-STAR är dataaktan för överföringen av det digitala talet 2400 bitar/sekund. Med den teknik som finns i kretsen så minskas dataaktan till under 10 % av ursprunget. Reduceringen har sin nackdel och det är i denna punkt som det något "robotliknande" intrycket av talet uppstår. Just detta är den delen som det lagts ner mycket forskning på för att försöka få en så bra kvalitet på talet som möjligt.

Vi har nu fått fram en digital signal som representerar den analoga signalen från mikrofonen samt att dataaktan har reducerats väsentligt. Men det räcker inte för att överföra den, det behövs ytterligare modifieringar av signalen. I en digital radiokanal så uppstår det mer eller mindre med bitfel vid överföringen. Därför måste det på något sätt upptäckas bitfel och försöka rätta dom i den mottagna signalen. I D-STAR finns det därför en felupptäckande och felrättande teknik. När det gäller felupptäckandet så används en kontrollsumma som ska få ett visst värde om datat är rätt överfört. Om det finns bitfel, som det ofta gör, så används en beräkningsteknik som rättar bitfel upp till en viss mängd. När beräkningen inte lyckas med detta så blir det en hel del kvitter och pip från högtalaren. Vid digital överföring av digitalt tal så tenderar det att antingen fungera helt utan störningar eller så blir det skräp av det hela. Förhållandet vid vanlig analog överföring, där det hörs mer eller mindre brus, gäller



ICOM IC-E92D.



D-STAR datapaket.

inte för digital radio. Det tenderar mer att bli ett antingen eller.

I den digitala överföringen används också ett förfarande där databitarna skiftas tidsmässigt för att minska störningar vid korta bitfelsburstar, men hur det görs lämnas utanför här.

Det komprimerade talet tar 2400 bitar/sekund och den feluppträckande och felrättande kodningen tar 1200 bitar/sekund. Alltså blir dataaktan för det digitala talet 3600 bitar/sekund (2400+1200). D-STAR specificerar dataaktan till 4800 bitar/sekund i kanalen. De 1200 bitar/sekund som återstår till 4800 används för D-STARs datakanal. Där kan vi som användare av systemet själva välja vilket data vi vill överföra. Det är viktigt att komma ihåg att denna datakanal inte har någon feluppträckande eller felrättande kodning inbyggt i systemet utan det får vi själva stå för.

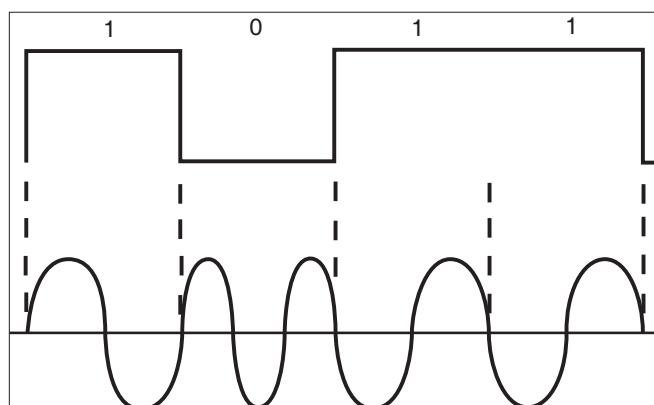
Förpackningen

Vid all överföring av digital information måste det finnas en viss struktur i datakanalen. Det är helt avgörande att mottagarsidan kan bestämma var data börjar och slutar. Den digitala signalerna i D-STAR förpackas i datapaket.

När PTT-tangenten trycks in så händer förenklat följande:

D-STAR datapaket

Stationen sänder ut 64 bitar nollor och ettor (GMSK-synk) för att starta upp modemmet och ge mottagarens modem möjlighet att synkronisera sig. Därefter sänds 15 bitars synkroniseringssignal (Ramsynk) som säger att här börjar ett datapaket. Sen kommer 3 byte (flaggor) som beskriver status och vad datapaketet innehåller. Därefter kommer 36 byte (ID) som innehåller information om till vem sändningen ska, vem som skickat den, vilken repeater den kom från



GMSK modulering.

och till vilken repeater den ska. Detta inledande block avslutas med 2 byte kontrollsumma (CRC). Hela den inledande informationen har på ett liknande sätt som det digitaliserade talet en felrättande kodning. Detta är vad som alltid inleder en sändning. Därefter följer "nyttodata". Den är uppdelad i mindre block: 72 byte tal och 24 byte data som upprepas hela tiden som sändningen pågår. I denna repetitiva dataström läggs då och då in en synkroniseringssignal så att mottagaren ska ha möjlighet att läsa på signalen om den på grund av QRM eller QSB skulle tappa signalen och därmed läsningen.

Modulationstekniken

Nu har vi kommit fram till den punkten där vi har "förpackad" data och nu till det sista steget nämligen modemmet (moduleringen). Att direkt överföra binärt data som består av "ettor" och "nollor" skulle innebära ett brett spektrum som är rikt på många övertoner. Därför har det utvecklats olika modulationsformer för att reducera bandbredden. Det finns i dag en mängd olika digitala modulationsformer. Den som valts för D-STAR är en typ som heter GMSK och står för "Gaussian filtered Minimum Shift Keying". Där är det viktigt att signalen efter modulatorens (modemet) inte ska påverkas av linjäriteten i sändarens slutsteg utan att det ska gå att använda ett enkelt klass C slutsteg. Det faktum att GMSK använder sig av två nivåer av kontinuerlig fasmodulering och därmed ställer mindre krav på linjäriteten i slutstegen har gjort att den blivit populär när det gäller överföring av digitala signaler via radio.

I D-STAR fallet så överförs en "etta" som en hel period och en "nolla" som en och en halv period.

GMSK modulering

Vi har på detta sätt skapat en MSK signal. Men detta räcker inte på grund av att signalen blir för bredbandig. Vi måste nu lägga till ett lågpassfilter för att reducera bandbredden. Det är här som det Gaussiska filtret kommer in. Alltså en metod där ett lågpassfilter används för att datasignalen inte ska breda ut sig och ta för stort frekvensutrymme. Allt detta tillsammans bildar grunden

för GMSK tekniken i D-STAR. Dataaktan i D-STAR är 4800 bits/sekund och rymmer inom 6,25kHz bandbredd – inte så dåligt. Modemkretsen som ICOM använder sig av i modulen UT-118 är CMX589.

D-STAR och repeatar

Jag ska inte gå in på något detaljerat vad det gäller repeaterfunktionerna. Men en viktig sak att förstå är D-STAR-repeaters förmåga att "reparera" inkommande signaler och rätta bitfel innan den sänder ut signalen igen. På en vanlig analog repeater så gäller: brus in = brus ut. Men – via D-STAR repeater så kommer bitfel att rättas, inom vissa gränser, och skickas ut som en 100 % signal. Alltså en klar förbättring av förutsättningarna jämfört med vanliga FM repeatar.

Bättre förbindelser med digital radio?

Det har diskuterats en hel del om bättre förbindelser (räckvidd) med D-STAR jämfört med vanlig analog FM vid direktförbindelse mellan stationer. Teoretiskt kanske det skulle gå lite bättre, men praktiska erfarenheter pekar nog på att det är ungefärligen detsamma. En del säger att man har sett en ökning av räckvidden och andra säger sig ha observerat en försämring. Så ett rimligt antagande är att det går ungefär lika bra som det gamla hederliga FM moduleringen.

Digitalt tal är inte den viktiga delen i D-STAR utan att det har skapats ett helt digitalt system för tal och data och där man har öppnat upp mot Internet och därmed fått en stor potential för innovativa och intresserade amatörer.

Min egen tro är att D-STAR med tiden kommer att växa som system, men att systemet inte kommer att finna så många användare hos amatörer som enbart vill ha en "snackkanal" – där fungerar det bra med vanlig FM. Det är i gruppen radioamatörer som är intresserade av teknisk utveckling, nya möjligheter och att hitta egna användningsområden som D-STAR kommer att växa. Sedan ligger det säkert en ganska stark nyfikenhetsfaktor att skaffa en D-STAR station hos de amatörer som inte har någon och därför inte kan lyssna på vad som sägs på "det digitala". Vem vet? Framtiden får utvisa.

SM5CKI, Göran