

Radioekko med lang forsinkelse: Når ionosfæren spiller oss et puss

Sverre Holm, LA3ZA

Som radioamatører er vi vant til at forholdene varierer, noen ganger er det lett å få forbindelse langt vekk og andre ganger er det helt umulig. Hvis man følger med på variasjonene i solflekketallet og jordas geomagnetiske indeks kan man til en viss grad forutsi hvordan forholdene i kortbølgeområdet vil være. Men fra tid til annen hender det at radiosignalene oppfører seg på helt uventede måter. Et av disse fenomenene er ekkoer som kommer igjen etter mange sekunder. Dette kan skje både på HF, VHF og UHF. For de fleste er det slik at radiobølger utbrei seg så fort at man ikke tenker over at de bruker noe tid i det hele tatt. Et tilfelle med merkbart forsinkelse er en TV nyhetssending med intervjuobjekt på et annet kontinent. Satellittforbindelsen gjør at det blir minst et halvt sekunds forsinkelse fra slutten av et spørsmål til man hører svaret komme, da signalet skal gå opp til satellitten og ned igjen to ganger, dvs. $4 \cdot 36\,000 \text{ km} = 144\,000 \text{ km}$. Men det finnes mange rapporter om mye lengre og uforklarlige ekko helt siden radioens barndom. Slike ekko opptrer veldig sjelden og kalles LDE (Long Delayed Echoes).

Det var nettopp 75-års jubileum for den første rapporten om slike forsinkede radioekko, og for norske lesere er det interessant at disse observasjonene først ble gjort i Norge. Professor Carl Størmer ved Universitetet i Oslo, kjent for målinger av nordlysets høyde, rapporterte om dette i Nature i 1928 [1] og det starter slik:

On Feb. 29 of this year I received a letter from Engineer Jørgen Hals, Bygdø, in which he says: "I herewith have the honour to advise you that at the end of the summer 1927 I repeatedly heard signals from the Dutch short-wave transmitter station PCJJ (Eindhoven). At the same time as I heard the telegraph-signals I also heard echoes. I heard the usual echo, which goes round the earth with an interval of about 1/7 second, as well as a weaker echo about 3 seconds after the principal signal had gone."

Publikasjonen i Nature førte til et samarbeid med den nederlandske fysikeren van der Pol, og målinger av forsinkelser på opptil 30 s. Det mest oppsiktsvekkende var at ekkoene fra PCJJ med bølgelengde 31,4 m (9,55 MHz) kunne komme samtidig og med like lang forsinkelse både i Oslo og Hilversum.

Før jeg går videre til mulige forklaringer på disse ekkoene, så la oss se på hva som var status for kortbølgekommunikasjon i 1927. Det var gått 5-6 år siden den første toveis kontakten over Atlanteren, og det var bare ett år siden utstedelse av det første "Worked All Continents" diplom. Den første europeiske kortbølgekringkasteren var nettopp Philips PCJJ som ble startet i mars 1927 for å holde kontakten med Indonesia fra Nederland. Kommersielle kortbølgeomottakere var det dårlig med, men Størmer og Hals takker Elektrisk Bureau og Telegrafverket for hjelp, så kanskje de fikk låne utstyr derfra?

Ved hjelp av ganske primitivt utstyr, sett i våre øyne, så hørte de ekko-effekten flere ganger. Fortsatt er dette fenomenet uten en enkel og grei naturlig forklaring. I vår tid, da vi tror at det

meste er forstått, er det også litt godt å komme over et fenomen der det fortsatt er plass for undring over hva som skjer.

Mange hypoteser er blitt prøvd ut ved hjelp av sterke sendere både i England, USA og Sovjet, uten at dette har ført til noen entydig konklusjon, men det har ikke vært rapportert om nye forsøk de siste 15-20 årene. QST hadde artikler om dette på slutten av 70- og begynnelsen av 80-tallet. En av de siste som skrev om dette i amatørpressen var DF5AI i 1993 [6].

1 Utenom-jordiske budskap?

Fantasiaen settes i sving når vitenskapen ikke har et klart svar. Den skotske science fiction-forfatteren Duncan Lunan foreslo i 1973 at det lå et romskip i ro i ett av likevektspunktene mellom jorda og månen. Nå hadde de hørt de første radiosendingene fra jorda, og de var begynt å sende tilbake meldinger som var kodet ved hjelp av forsinkelser. Når verdien for forsinkelsen i sekunder ble plottet, riktignok etter å ha trikset litt med den ene verdien, så kom det fram et bilde av stjernebildet Bjørnevokteren (Bootes). Den eneste forskjellen er at Lunans bilde var litt forvrengt, det var nemlig et bilde av Bjørnevokteren slik det så ut for 12 600 år siden, den tiden da de mystiske vesenene skulle ha dratt hjemmefra.

Den hviterussiske forskeren G.G. Filipenko har en annen tolkning. Han brukte de heltallige ekkotidene til å slå opp i det periodiske systemet, og fant sammensetningen til moderne halvledere som dioder og lysdioder. Kan noen allerede i 1927-1928 ha prøvd å lære oss hvordan de skal lages?

Det er ganske lett å komme med motforestillinger til slike forklaringer som bygger på tolking av ganske korte sekvenser av heltall. For det første så er det bare de aller første målingene som er gitt i hele sekunder. Forklaringen kan være så enkel som at måleutstyret ikke var bedre, slik at de rundet av målingene til heltallige sekunder. For det andre er ikke måleenheten sekund noe universelt, men noe som opprinnelig kommer fra det normale pulsslaget hos et menneske. Hvis en fremmed sivilisasjon kjenner oss så godt, hvorfor velger de ikke en litt mer opplagt måte for å kommunisere med oss? Og sist men ikke minst så er ikke ekkosekvensene særlig lange. Sekvenser som består av 3-20 sifre er ikke så usannsynlige, slik at alle tolkinger av dem må testes mot sannsynligheten for at tallene kan oppstå tilfeldig.

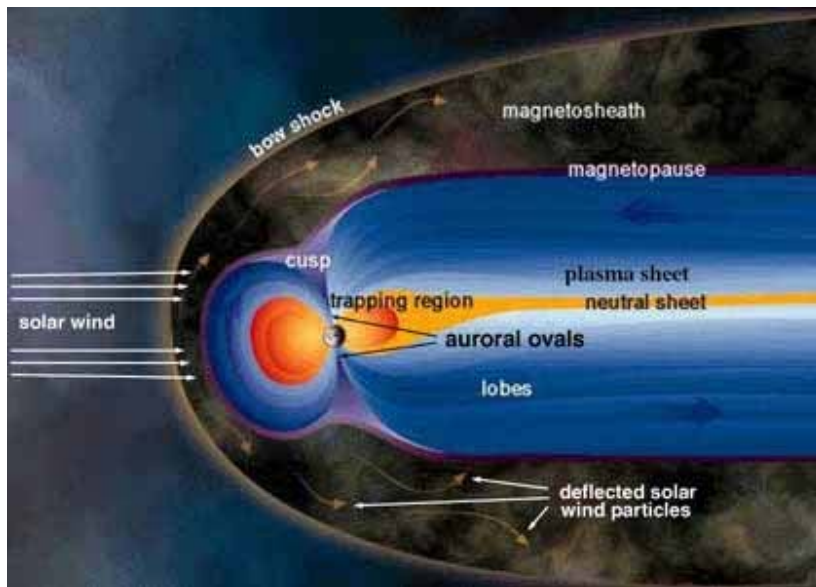
2 Naturlige forklaringer

Jeg har funnet omtrent femten forskjellige hypoteser for å forklare ekkoene, og de fem mest sannsynlige er gjengitt her [4]. Det som skiller dem er at de gjelder for ulike frekvenser fra kortbølge til UHF. Flere av forklaringene bygger også på at radiobølgene ikke går med hastighet på 300 000 km/s og at de heller ikke går i rette linjer.

1. Kanaler i magnetosfæren

Signaler i det lave kortbølgeområdet (1-4 MHz) kan gå ut gjennom ionosfæren over Norge, og følge en krum kanal langs jordas magnetfelt over til et sted i nærheten av Sydpolen. Der reflekteres de på toppen av ionosfæren, og kommer tilbake hit. De elektromagnetiske bølgene vil følge magnetiske feltlinjer på jordas nattsida, se figur 1, og opptil tre jordradier unna. Dette er

den eneste av hypotesene som er blitt bekreftet med forsøk fra satellitter. Effekten kan derfor til en viss grad forutsis og det er mest sannsynlig at det kan skje om vinteren i år med lav solaktivitet, 2-3 uker etter fullmåne, og helst lenger sør enn Norge [5]. Effekten har vært rapportert av amatører både i 160 og 80 meter båndene. Men denne effekten kan bare gi forsinkelser på opptil 0,5 sekund, og bare for disse lave frekvensene, så derfor er den ikke helt i klasse med de neste hypotesene.



Figur 1: Jordas magnetosfære (bilde fra NASA)

2. Signalene reiser mange ganger rundt jorda

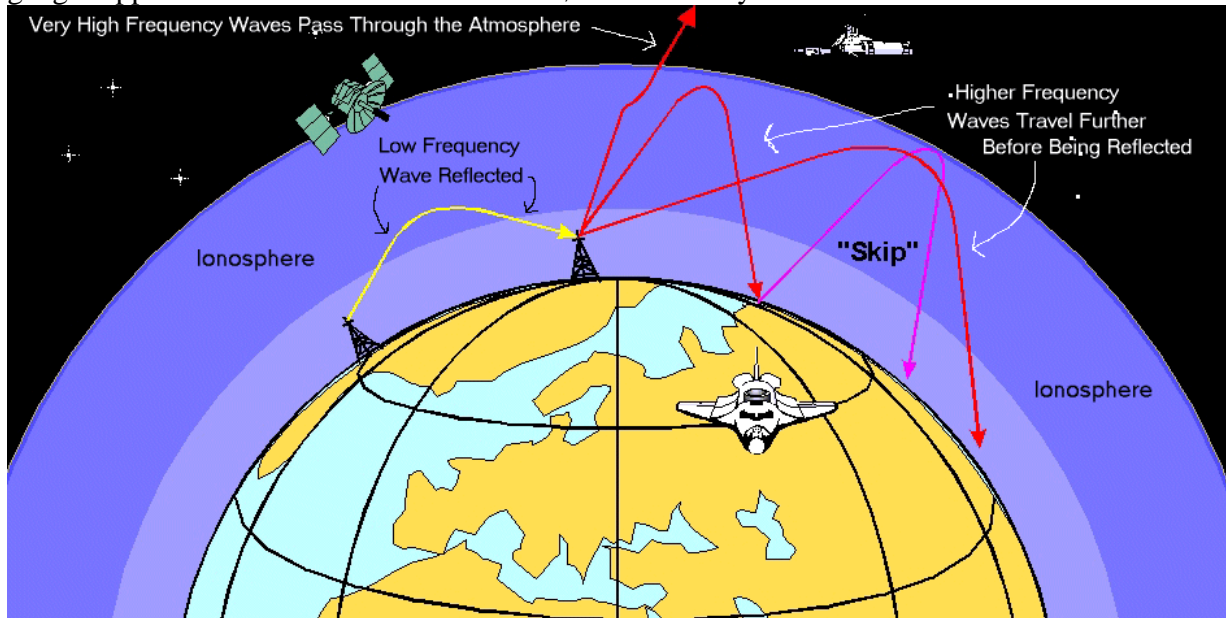
Det er ikke uvanlig at kortbølgesignaler kan gå én eller noen få ganger rundt jorda. Spesielle effekter i ionosfæren i høyden 100 - 400 km, kan tenkes å gi fokuserings- og forsterkningseffekter slik at et signal kan ledes mange titalls ganger rundt jorda, for så å gå ned til overflaten igjen [4]. Det kan gi forsinkelser på opp mot ti sekunder for høye kortbølgefrequenser. Så lange forsinkelser har vært rapportert der forsinkelsestidene ved en statistisk analyse viste seg å være et helt antall ganger omløpstiden rundt jorda (138 ms). Disse observasjonene ble gjort av A. K. Goodacre (VE2AEJ/3) og var i 10 meter båndet [3].

3. Overgang til plasmabølger i ionosfæren

På 30-tallet ble det oppdaget at Europas kraftigste sender, radio Luxembourg, kunne høres oppå andre mellombølgesendere hvis signalene måtte passere over Luxembourg. Denne effekten forklares ved at den nedre del av ionosfæren ikke er lineær og at refleksjonsevnen kan påvirkes av det kraftige signalet. Dette kalles Luxembourg-effekten, og lignende aktiv modifikasjon av ionosfæren gjøres bl.a. ved EISCAT-anlegget i Tromsø.

En ekkoeffekt basert på en beslektet effekt kan tenkes å oppstå på toppen av ionosfæren, dvs. det øverste lag i figur 2, der det kan skje en overgang til mekaniske plasmabølger. Disse bølgene går med bare ca 1 km/s og brer seg opptil et titalls km. Energien vil utbre seg lang magnetiske

feltlinjer, og vekselvirkning med ionosfæreplasmaet kan gi forsterkning av plasmabølgen. Så koples bølgen tilbake til en elektromagnetisk bølge igjen. Dette blir som en stor "hukommelse" for signaler med forsinkelser på opptil et titalls sekunder. Effekten kan skje for frekvenser nær den maksimale frekvensen som reflekteres vertikalt fra F2 laget, typisk 5-10 MHz, og noen ganger opp til 20 MHz. Ekkoene som Hals hørte kan ha skyldtes denne effekten.



Figur 2: Jordas ionosfære (bilde fra NASA)

4. Refleksjon fra plasmaskyer

I likevektspunktene mellom jorda og sola (Lagrangepunktene) vil det kanskje kunne ligge skyer av ioniserte gasser og partikler som kan tenkes å gi stabile refleksjoner. I disse punktene er gravitasjonen fra sola og jorda like store, og ett av dem ligger omtrent fire ganger så langt vekk som månen. Det vil gi ekko på åtte-ti sekunder for VHF- og UHF-signaler. Problemene med denne hypotesen er at signalene ville bli veldig svake pga. avstanden, og at det er observert andre tider for forsinkelsen enn den som stemmer med avstanden til det aktuelle Lagrangepunktet.

5. Ikke-lineære effekter i tillegg til plasmabølgeovergang

En annen mulig forklaring for VHF/UHF ekko er at det kunne finnes en ukjent sender på nesten samme frekvens som ens egen. På grunn av ikke-lineæritet i ionosfæren oppstår et signal på forskjellen mellom de to frekvensene. Differansfrekvensen kopler seg så til plasmabølger som nevnt tidligere, og etter å ha blitt forsinket kopler den seg tilbake igjen via det ukjente signalet til den opprinnelige frekvensen. Den kan forklare observasjonene til flere radioamatører som har mottatt forsinkede ekko både på 50, 144, 432 og 1296 MHz, spesielt ved forsøk på å sende signaler via månen. Et typisk eksempel er Hans Rasmussen (OZ9CR) rapport om ekkoer som var forsinket med 4,6 s på 1296 MHz [2].

3 - Jeg hørte det virkelig

Ekkoeffekten er meget sjelden, så man kan ikke forvente å høre ekko sånn uten videre. Man kan heller ikke vente å høre det på vanlig kringkastingssignaler. Noen ganger kan man riktignok høre

ekko på GSM-mobiltelefoner, men det skyldes at signalene i telefonsystemet går fram og tilbake, og at den adaptive ekkokanselleringen ikke gjør jobben sin. Selv må jeg innrømme at jeg aldri har hørt lengre radioekko enn de som har gått hver sin vei rundt jorda, men jeg er interessert i å høre fra andre som har hørt lengre ekko. Hvis det også finnes noen som vet noe om Jørgen Hals, hva han gjorde etter at han observerte ekko, og hvordan Elektrisk Bureau og Telegrafverket bidro ville det være interessant å høre om.

Hva har så skjedd med denne forskningen i Norge etter 1928? Hals og Størmer bodde bare ti minutters gange fra hverandre, så hver gang Hals hørte ekko kunne han ringe og få Størmer over. De gjorde flere observasjoner de neste årene, og Hals rapporterte til og med om ekko som kom flere minutter etter primærsignalet. Både Størmer og Hals skrev flere artikler om dette og Størmer tok det også med i sin bok om nordlyset i 1955.

Men etter 75 år gjelder fortsatt Jørgen Hals sine ord fra det første brevet til Carl Størmer: "*Hvor dette ekkoet kommer fra kan jeg ikke si nå. Jeg kan bare bekrefte at jeg virkelig hørte det.*"

Referanser

- [1] C. Størmer, Short wave echoes and the aurora borealis, Nature, No. 3079, Vol. 122, p 681, Nov. 3, 1928.
- [2] H. L. Rasmussen, "Ghost echoes on the Earth-Moon path," Nature, Vol. 257, p 36, Sept. 4, 1975.
- [3] A. K. Goodacre, "Observations of long-delayed echoes on 28 MHz," QST, March 1980, pp. 14-16.
- [4] R. J. Vidmar and F. W. Crawford, Long-delayed radio echoes: Mechanisms and observations, Journ. Geophys. Res., vol. 90, no. A2, pp 1523-1530, Feb. 1985.
- [5] G. R. A. Ellis and G. T. Goldstone, The probability of observing ducted magnetospheric echoes from the ground, Journ. Geophys. Res., vol. 95, no. A5, pp. 6587-6590, May. 1990.
- [6] V. Grassmann, "Long-delayed radio echoes, Observations and interpretations," VHF Communications vol 2, pp. 109-116, 1993, se <http://www.df5ai.net/>