

Af en toe komen we het begrip 'passieve repeater' tegen in verband met radio-verbindingen. Dat kan, vooral bij commerciële verbindingen, een speciaal daarvoor gebouwde reflector op een bergtop zijn. Maar ook een willekeurig gebouw of een andere constructie kan onze signalen toevallig reflecteren. En ten slotte kan onze passieve repeater ook nog een bewegend voorwerp zijn – zoals een vliegtuig.

Ik heb in de VHF-rubriek al eerder een kort verhaal geschreven over vliegtuigscatter en melding gemaakt van fraaie DX-verbindingen op 23cm waarbij een vliegtuig zorgt voor reflectie van de signalen.

Dankzij de Dutch Activity Contest ben ik er, mede door mijn maandelijkse verbinding met GM4CXM, van overtuigd geraakt dat met vliegtuigscatter fraaie DX-verbindingen mogelijk zijn die zonder de hulp van het vliegtuig vaak niet lukken.

Ik heb de afgelopen jaren met Ray GM4CXM vele testen gedaan die, als de vliegtuigen goed door ons gemeenschappelijk scattergebied vliegen, bijna altijd lukten. Let wel, we hebben het over een afstand van 729 km, wat ook voor menig 2m-station al een bijzonder fraaie DX-verbinding is. In de afgelopen twee jaar heb ik ongeveer vijftien keer een verbinding met GM4CXM via vliegtuigscatter gemaakt. Een enkele keer mislukte dat. Op dat moment vloog het vliegtuig precies goed maar waren er ook tropocondities. Mogelijk heeft een aanwezige temperatuurinversie ervoor gezorgd dat ons signaal verzwakt of helemaal niet bij het vliegtuig aankwam.

Tijdens de andere contests lukken verbindingen op 23cm vaak over nog grotere afstanden. Meestal haal ik dan afstanden tot ongeveer 850 km met stations uit OK, zoals OK5Z uit JN89ak over 854 km en OK1KUO uit JO80ff over 849 km.

Tijdens de Dag voor de RadioAmateur stond ik op de stand van de VHF-commissie met een live opstelling om vliegtuigscatter te demonstreren. Aan de hand van het baken DB0AJA uit JN59as, 457 km ver, kon ik laten zien dat het signaal behoorlijk sterk wordt als er een vliegtuig door het scattergebied vliegt. Omdat het baken niet super ver weg zit speelde ook troposcatter nog een rol in de ontvangst. Tijdens de demo zagen we vele malen het signaal van DB0AJA met meer dan 20 dB toenemen.

Nog opvallender gaat het als de afstand nog groter is. Zonder een vliegtuig hoor je dan echt helemaal niks, en als er dan een vliegtuig in het scattergebied komt dan hoor je het signaal van je tegenstation opkomen en meestal een minuut of twee op bruikbare sterkte blijven om een QSO rond te maken.

Benodigheden en werkwijze

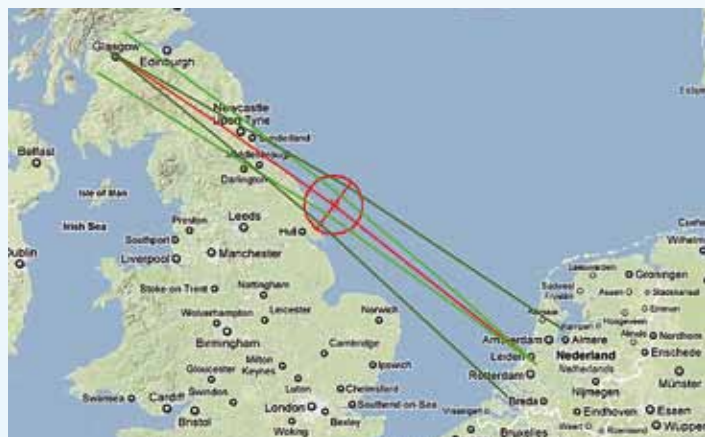
Om met vliegtuigscatter te werken is een aantal dingen nodig. Ten eerste aan beide kanten een goed functionerend station met een operator die in staat is een verbinding vlot tot stand te brengen. Afhankelijk van de vliegbaan van het vliegtuig moet een QSO soms in maar 30 seconden gerealiseerd worden. Is de vliegbaan gunstig, dan is er wat meer tijd, tot wel meer dan vier minuten.

Verder moet er planmatig gewerkt worden. Met behulp van de eigen positie en die van het

tegenstation moet het scatterpunt bepaald worden. Dit kan met behulp van een handige tool gebouwd door SM7LCB, op internet beschikbaar [1]. In deze tool worden de eigen locator en die van het DX-station ingevoerd, en de openingshoek van beide antennes. Op afb. 1 is te zien waar het gemeenschappelijk scatterpunt ligt tussen mij en GM4CXM.

Nu is het zaak te weten waar de vliegtuigen vliegen om te bepalen op welk moment de verbinding mogelijk is. Er zijn diverse on-line radars beschikbaar waarop te zien is waar de vliegtuigen zich bevinden. Pas echter op met het willekeurig kiezen van een on-line vliegtuigradar, want de meeste zijn om veiligheidsredenen vertraagd en lopen soms wel een kwartier achter. Aan zo'n radar heb je natuurlijk niks, want dan kan je alleen maar zien dat je een kwartier geleden een verbinding had kunnen maken. Een radar die niet vertraagd wordt weergegeven en die ik zelf gebruik is te vinden op *Flightradar 24* [2]. Met behulp van de radar is te zien welke vliegtuigen het scattergebied naderen en wanneer een testverbinding kan beginnen. Hulp van een microwave chat zoals ON4KST [3] is daarbij eigenlijk essentieel, want je wilt wel weten dat je tegenstation ook inderdaad QRV is en op het goede moment gaat zenden of luisteren. Je spreekt met elkaar af wie op welk moment en op welke frequentie gaat zenden en wie er gaat luisteren. Met GM4CXM spreek ik meestal af dat hij gaat zenden; hij geeft dan CQ in CW en ik reageer zodra ik hem kan nemen. Dat werkt over het geheel genomen prima.

Het zendende station geeft korte periodes CQ of roept gericht naar het tegenstation waarna het kort op ontvangst gaat om te luisteren of het tegenstation retour komt. Op het moment dat je het roepende station hoort geef je antwoord op het moment dat het tegenstation luistert, en dan kun je daarna snel een verbinding rondmaken door rapporten en locator uit te wisselen



Afb. 1 Het scattergebied tussen PA0EHG en GM4CXM. De rode cirkel in het midden is het bruikbare scattergebied. De donkergroene lijnen geven de openingshoek weer van de antenne van GM4CXM, de lichtgroene lijnen die van PA0EHG. De diameter van het scattergebied is ingesteld op 60 km.



Afb. 2 De radar waarop zichtbaar de KLM49J die na de verbinding met GM4CXM, door het scattergebied heen vliegt. De donkergroene lijnen geven de openingshoek weer van de antenne van GM4CXM, de lichtgroene lijnen die van PA0EHG. De diameter van het scattergebied is ingesteld op 60 km.



Afb. 3 Het gecombineerde plaatje; radar en scattergebied voor GM4CXM



Afb. 4 Het gecombineerde plaatje; radar en scattergebied voor SP1JNY

en tot slot alles te bevestigen met rogers en 73. Het snelste QSO wat ik op deze manier maak is binnen twintig seconden. Ik heb soms GM4CXM daarna wel vier minuten lang nog CQ horen roepen.

In het begin heb ik me erover verbaasd dat er dan niemand anders uit Nederland in springt, maar als je kijkt dan is het gebied waar de reflectie terecht komt ook niet zo heel groot. Een station dat meer dan ongeveer 30 km van mij vandaan is heeft aan de vliegtuigreflectie waarmee ik de verbinding maak helemaal niets. Ieder zal dus voor zijn eigen situatie een berekening van het scattergebied moeten maken. Voor stations binnen die 30 km is het over het algemeen wel mogelijk via hetzelfde scattergebied een verbinding met het tegenstation te maken. Wel moeten dan beide stations heel snel zijn, want de reflectie is vaak kort.

Op mijn website heb ik een opname staan [4] van een verbinding van mij met GM4CXM, die daarna nog geruime tijd hoorbaar is terwijl hij CQ geeft. Ook in SSB is zijn signaal even later nog goed te horen totdat het vliegtuig het scattergebied heeft verlaten.

Tijdens de DAC van juni 2012 maakte ik een verbinding dankzij de scatter tegen de KLM49J van Amsterdam naar Glasgow, die bij het scatterpunt op ruim 11 km hoogte vloog. Op afb. 2 is het radarplaatje te zien met daarin de KLM49J vliegend in het scatterpunt. Het bewuste plaatje is gemaakt net nadat ik de verbinding met GM4CXM had gemaakt.

Ik ben me sinds mijn vorige artikel verder gaan verdiepen. Ik ben gaan proberen ook met andere stations, met wie ik wel eens zonder succes een verbinding getest had, bewust een goed moment te vinden met een vliegtuig in het scattergebied. Een probleem waarmee ik moeite had was dat het scattergebied niet tegelijk op de radarkaart zichtbaar was. Na wat zoeken vond ik een stukje software dat beide kaarten over elkaar zichtbaar kan maken door de bovenste transparant weer te geven. Daarmee wordt ineens veel inzichtelijker hoe vliegtuigen in de buurt van een scattergebied vliegen. Het programma heet *Acer Gridvista* en is te downloaden via [5]. Na het installeren is het wel even uitzoeken hoe een en ander werkt, maar dat is redelijk snel te doorgronden.

Nu is het zaak de kaart met het berekende scattergebied onder de kaart van de vliegtuigradar te zetten. Daarbij moet je opletten dat beide kaarten dezelfde schaal hebben. Als dat allemaal klopt kan je op het Gridvista-symbool (bijna helemaal rechts bovenaan je venster) klikken om de kaart

transparant te maken. Tot slot moet je de twee kaarten exact uitlijnen, wat mogelijk is door met de muis op de radarkaart te gaan staan en met de linker knop ingedrukt de muis voorzichtig te bewegen totdat de kaarten exact boven elkaar staan. Voor het uitlijnen kun je opvallende kustlijnen gebruiken, of soms plaatsnamen, die vaak op dezelfde manier in de twee kaarten staan. Het is even wat puzzelen, maar het resultaat is dat je het scattergebied ziet met de vliegtuigen die daarbij in de buurt vliegen. Op afb. 3 is een voorbeeld te zien.

Daarna is het wachten tot het moment dat een vliegtuig je scattergebied nadert, en dan is het zaak snel af te spreken met het tegenstation om de verbinding te testen.

Door het projecteren van beide kaarten over elkaar ben ik ook gaan onderzoeken waarom ik voor sommige stations echt bewust een QSO moet plannen terwijl dat voor sommige andere stations niet of nauwelijks nodig is. Zo had ik al enkele jaren de ervaring dat een QSO met OK2KKW eigenlijk altijd – soms wat sterker, dan weer wat minder – lukt. De verklaring is logisch: het scattergebied dat ik voor dat QSO gebruik ligt midden in een airway die erg druk bevlogen wordt. Er bleken meestal wel twee of meer vliegtuigen in het scattergebied aanwezig. Voor andere stations ligt het scattergebied veel ongunstiger en moet je echt planmatig de vliegtuigen in de gaten houden. Er gaan bijvoorbeeld door het scattergebied met GM4CXM per avond dat de DAC gehouden wordt maar een stuk of drie vluchten. Als je die mist dan is de kans op een verbinding verkeken.

Eenmaal gewend aan de praktijk, hoe vliegtuigen vliegen en welke vluchten geschikt zijn, is het niet erg moeilijk meer. Zo weet ik dat de KL49J vaak goed door het scattergebied vliegt. Ik houd de start van de KL49J vanaf Schiphol in de gaten en weet dat circa 30 minuten later de vlucht het scattergebied nadert. Een minuut of tien voordat de vlucht door het scattergebied zal vliegen leg ik al via ON4KST contact met het tegenstation om elkaar als voorwaarschuwing even scherp te houden. Daarna is het redelijk simpel de verbinding te testen, wat in meer dan 90% van de gevallen ook daadwerkelijk lukt.

Met SP1JNY uit JO73gl heb ik tot nu toe twee keer getest, en ik heb beide keren zonder probleem het QSO kunnen maken over 686 km. Dit heb ik de eerste keer als zeer bijzonder ervaren, want ik kan me nog goed herinneren dat ik nog niet zo lang geleden tijdens goede tropocon-

dities mijn eerste QSO met SP maakte. Nu is het een kwestie van een goed tegenstation en even planmatig werken, en ziedaar: de verbinding met SP lukt.

In afb. 4 is te zien hoe het vliegtuig vloog, en welke route het gevolgd heeft enige tijd nadat ik de verbinding gemaakt had. De diameter van het scattergebied is door de gebruiker in te stellen. In dit plaatje is te zien dat het vliegtuig eigenlijk net aan de rand van het gebied vloog en mijn indruk is dat naarmate de afstand tussen beide stations groter is ook de diameter van het scattergebied groter is. Ook met GM0USI uit IO75uv over 722 km heb ik op deze manier een QSO gemaakt.

Verder zijn er vele verbindingen welke ik minder bewust via vliegtuigscatter heb gemaakt, omdat ik niet bezig was met kijken of er vliegtuigen in het scattergebied aanwezig waren. Zo kan ik de verbinding met OK5Z uit JN89ak over 854 km met grote zekerheid toeschrijven aan vliegtuigscatter. De laatste maanden ben ik aan het proberen met I4BER te testen of we een vliegtuigscatterverbinding kunnen maken. Bij de twee keer die we nu getest hebben is het nog niet gelukt. Wellicht is deze afstand net te ver.

Duidelijk mag zijn dat een groot deel van de DX-verbindingen op 23cm te danken is aan vliegtuigscatter. De signalen zijn meestal niet zo heel sterk, maar kans op succes is wel erg groot. Als technische parameters van het station moet je uitgaan van liefst meer dan 22 dB antennegain en ruim 100 watt output. Hiermee kunnen DX-verbindingen tot ruim 800 km redelijk betrouwbaar gemaakt worden.

Als het tegenstation een zeer gunstig QTH heeft, zoals sommige OK stations die hoog in de bergen zitten, dan is de maximale DX-afstand nog wat groter, want hij kan het vliegtuig dan over een grotere afstand zien. Een vliegtuig op meer dan 10 km hoogte is tot ongeveer 400 km afstand te zien. Als de antenne voldoende vrij is opgesteld kan het radiosignaal deze 400 km overbruggen, waarmee een totale DX tot 800 km mogelijk is. Bij een tegenstation op een hoge berg kan daar nog wel een 100 km bijkomen, zodat we dan 900 km kunnen halen. Afstanden van 1000 km worden echter niet meer gerealiseerd met vliegtuigscatter.

Vliegtuigscatter en doppler shift

Tijdens mijn demonstratie op de Dag voor de RadioAmateur kreeg ik diverse vragen over dopplerverschuiving of 'doppler shift'. Op het



Afb. 5 De kaart met scattergebieden voor interessante DX-stations gecombineerd met de radar



De 2,5 meter grote 23cm/13cm-schotel in wintertooi

moment dat we een verbinding willen maken met een tegenstation berekenen we het scattergebied. Wat daarbij opvalt is dat dit gebied precies halverwege beide stations ligt. Als een vliegtuig 'aangestraald' wordt zal het gereflecteerde signaal een dopplerverschuiving ondergaan in overeenstemming met de snelheid van het vliegtuig. Bij het scatteren krijgen we te maken met twee dopplerverschuivingen, namelijk van de zender naar het vliegtuig en van het vliegtuig naar de ontvanger. Op het moment dat het vliegtuig halverwege vliegt zal de doppler shift van de zender naar het vliegtuig even groot zijn als die van het vliegtuig naar de ontvanger. Omdat de verschuivingen tegengesteld zijn is de netto dopplerverschuiving nul. Als het vliegtuig verder uit het midden vliegt gaan de twee bedragen verschillen, en drijft de frequentie weg. Maar daarnaast wordt de signaalsterkte dan meestal al zoveel minder dat er geen verbinding meer mogelijk is. Af en toe kun je inderdaad signalen horen die een doppler shift ondervinden, maar meestal zijn die erg kort en onbruikbaar.

De hoogte waarop het vliegtuig vliegt is ook van belang. Als het vliegtuig laag vliegt dan kun je vanuit je antenne dat vliegtuig niet bereiken doordat de aarde er tussen zit. Naarmate het vliegtuig hoger vliegt kun je dus grotere afstanden overbruggen. Op de radarwebsite kun je een hoogtefilter instellen. Voor afstanden tot 500 km stel ik het hoogtefilter zo in dat ik vliegtuigen onder 7 km niet zie. Voor afstanden boven 700 km stel ik het filter zo in dat ik alleen vliegtuigen hoger dan 10 km kan zien. In de november DAC maakte ik een verbinding met GM0USI waarbij ik eerst een test deed tegen een Boeing 747 die goed door het scattergebied vloog op 9 km hoogte, maar die test mislukte. Korte tijd daarna vloog een Boeing 737 op ruim 11 km hoogte door het scattergebied, en toen lukte de verbinding prima. De hoogte van het vliegtuig is dus zeker van belang, en eigenlijk kan wel gesteld worden dat voor afstanden boven 700 km het vliegtuig boven 10 km hoogte moet vliegen.

Ook op de andere banden, zowel boven als onder 23cm, lukt het met vliegtuigscatter verbindingen

te maken. Zelfs op 10 GHz is vliegtuigscatter mogelijk, maar door de slechtere reflecterende eigenschappen van de vliegtuigen en het sneller optreden van een belangrijke doppler shift zijn de afstanden over het algemeen wat minder groot dan op 23cm. Afstanden tot 600 km zijn op 10 GHz echter zeker wel mogelijk.

Rekenen aan vliegtuigscatter

Op de website van SM6FHZ vond ik een Excel spreadsheet [6] om de signaalsterktes uit te rekenen welke we mogen verwachten. De gegevens van de beide stations zoals antenneversterking, uitgangsvermogen enzovoorts moeten ingevoerd worden. Gebaseerd op radarberekeningen wordt bepaald hoe sterk de signalen over en weer kunnen zijn. Ik heb daarmee wat gespeeld en kom tot de conclusie dat de berekening een goede indruk geeft, maar dat in de praktijk de signalen toch wat sterker zijn dan de spreadsheet berekent, ik schat tot wel 10 dB sterker. Een mogelijke verklaring daarvoor is dat de radarvergelijking gebaseerd is op back scatter, terwijl wij juist verbinding maken met forward scatter. Ook de bepaling door de spreadsheet van het reflecterend oppervlak van het vliegtuig is mogelijk een bron van afwijkingen. Toch geeft de spreadsheet best een goede indruk wat er mogelijk is. Uitgangspunt voor vliegtuigscatterverbindingen moet zijn: een goed werkend station met behoorlijke antenneversterking en zo veel mogelijk vermogen. Ook is de vrije afstraling erg belangrijk: je moet het vliegtuig zonder tussenliggende obstakels aanstralen.

Werkwijze bij contesten

Om tijdens een activiteitscontest zoveel mogelijk DX-stations te werken wil je eigenlijk een overzicht hebben van de diverse scattergebieden met de vliegtuigen die er vliegen. Ik gebruik daarvoor wederom de bovenbeschreven radar en het tool van SM7LCB, maar nu voor een groter gebied. Op de kaart voor het berekenen van scattergebieden geef ik alle interessante DX-stations in met hun locator, en projecteer daarmee de scattergebieden voor die stations. Dan komt de vliegtuigradar in dezelfde schaal

erboven en maak ik het radardisplay transparant. Zorg voor dezelfde schaal van de kaarten en nog even netjes uitlijnen en je ziet het kaartje met alle vluchten en scattergebieden. Nadert een vliegtuig een scattergebied op de kaart, dan even snel via ON4KST een sked request doen aan het betreffende DX-station en afspreken wie er op welke frequentie gaat roepen. Dan is het verder een kwestie van goede operating techniek en goed luisteren om een verbinding tot een succes te maken.

Het mechanisme vliegtuigscatter is erg interessant om te gebruiken en verder te onderzoeken. Zelf was ik tot een jaar of twee geleden nooit zo erg overtuigd van de mogelijkheden, maar sinds ik me er verder in heb verdiept ben ik er meer en meer van overtuigd dat dankzij vliegtuigscatter de DX-mogelijkheden op de hogere frequenties soms zelfs beter kunnen zijn dan op de tweemeterband.

Het is interessant de omvang van het scattergebied te bepalen. Zoals gezegd lijkt het erop dat bij kleinere DX het gebied ook kleiner is. Het is ook interessant te onderzoeken hoe het scattergebied moet worden gedefinieerd voor hogere frequenties. Uiteraard is ook leuk een relatie te leggen tussen de sterkte van de echo en het type vliegtuig. De meeste ervaring heb ik met de gewone Boeing 737, simpelweg doordat er daarvan de meeste vliegen, maar waarschijnlijk zullen de signaalsterktes en wellicht ook de maximaal haalbare DX toenemen met grotere vliegtuigen, zoals de Boeing 747 of de moderne Dreamliner.

Het is maar gelukkig dat de passagiers in het vliegtuig niet merken dat we hun vliegtuig aanstralen om daarmee een DX-verbinding te realiseren.

Internetlinks

- [1] http://sk3w.se/sm7lcb/www-sm7lcb/maps/qso_map/pathmap2.htm
- [2] <http://www.flightradar24.com/>
- [3] <http://www.on4kst.com/index.php>
- [4] <http://www.pa0ehg.com/sound/gm4cxm.mp3>
- [5] <http://acer-gridvista.en.softonic.com/>
- [6] <http://home.swipnet.se/2ingandlin/ACS.htm>