Drönare kan göra 3D-mätningar av 5G-nät

EXPERTARTIKEL

Blir nödvändigt för att säkra alla nya tjänster

Av Saki Omi, Anritsu

Saki Omi har arbetat med rf-teknik på Anritsu fram till januari 2020, då hon gick över till att forska på QuadSAT och Cranfields universitet. På Anritsu har hon bland annat hjälpt kunder att integrera signalanalysatorer och signalgeneratorer i olika mätsystem. Hon har också tagit fram skräddarsydda lösningar för att utöka funktionaliteten och användbarheten hos instrumenten. Ett exempel är drönare.

5G NR (New Radio) kommer med tre nya funktioner: större bandbredd, dedicerad teknik för kommunikation med maskiner och extremt tillförlitlig kommunikation med kort fördröjning. Ska man tro prognoserna kommer det att finnas en miljon terminaler per kvadratkilometer [1] plus att signalerna hela tiden måste anpassa sig till aktuella förhållanden.

5G kommer till viss del att utnyttja frekvenser på millimetervågsområdet, där signalerna inte har lika lång räckvidd och därför inte kan sändas ut i alla riktningar. Istället måste man forma antennloben så att den pekar i rätt riktning. I städer med höga byggnader och en ökande användning av drönare måste radiokommunikationen designas med den tredimensionella utbredningen i åtanke. Den stora utmaningen är att mäta verkliga signaler i luften för att optimera kommunikationen.

ANVÄNDNINGEN AV FJÄRRSTYRDA drönare för att kartlägga kvaliteten i mobilnäten är en lovande lösning, särskilt som de är förhållandevis billiga och kan manövreras med precision. Möjligheten att mäta även i höjdled gör dem överlägsna de traditionella 2D-metoderna. Att mäta antenndiagram, radiotäckning och positionering med hjälp av radiosignalerna är några av de troligaste tillämpningarna för drönare.

UAV mmW är ett mätsystem från Anritsu baserat på Spectrum Master MS2760A.

Det traditionella sättet att presentera antenndiagram är som tvådimensionella plottar för horisontal- respektive vertikalplanet.

För drönare som styrs av en pilot har metoden att mäta antenndiagram i ett plan redan beskrivits i en teknisk rapport från ITU [2]. När det kommer till 5G NR i millimetervågsområdet måste effekten mätas som EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) på grund av den höga direktiviteten i antennerna. Mätningarna måste göras i fjärrfältet där vågfronten kan anses vara plan. Därför måste avståndet mellan antennen som sänder ut signalen (AUT) och mätinstrumentets antenn vara åtminstone $R>2D^2/\lambda$ där D är antennaperturen och λ är våglängden. Det minsta avståndet ökar alltså linjärt med frekvensen.

D(cm)	Frekvens (GHz)	Gräns för när/fjärrfält (cm)
5	28	47
10	28	187
15	28	420
20	28	747
25	28	1 167
30	28	1 681

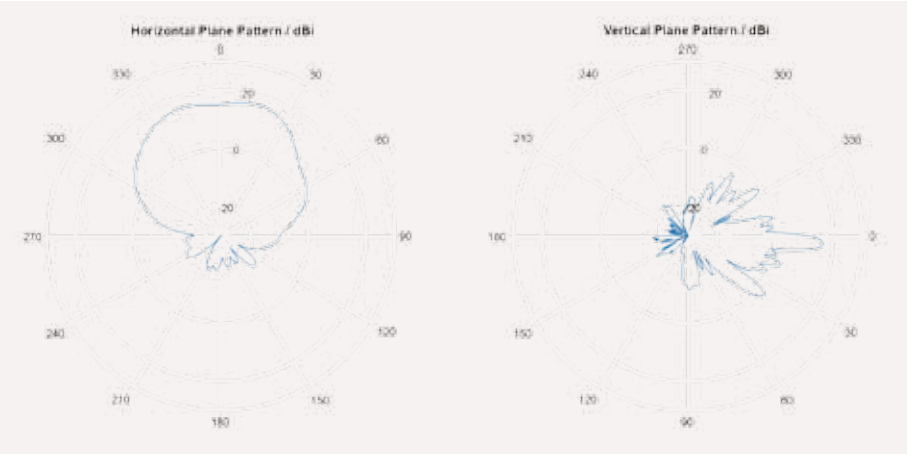
Tabell 1. Gränser för när/fjärrfält. [3]

NÅGRA TYPISKA EXEMPEL på avstånd kontra frekvens för millimetervågsområdet finns i tabell 1.

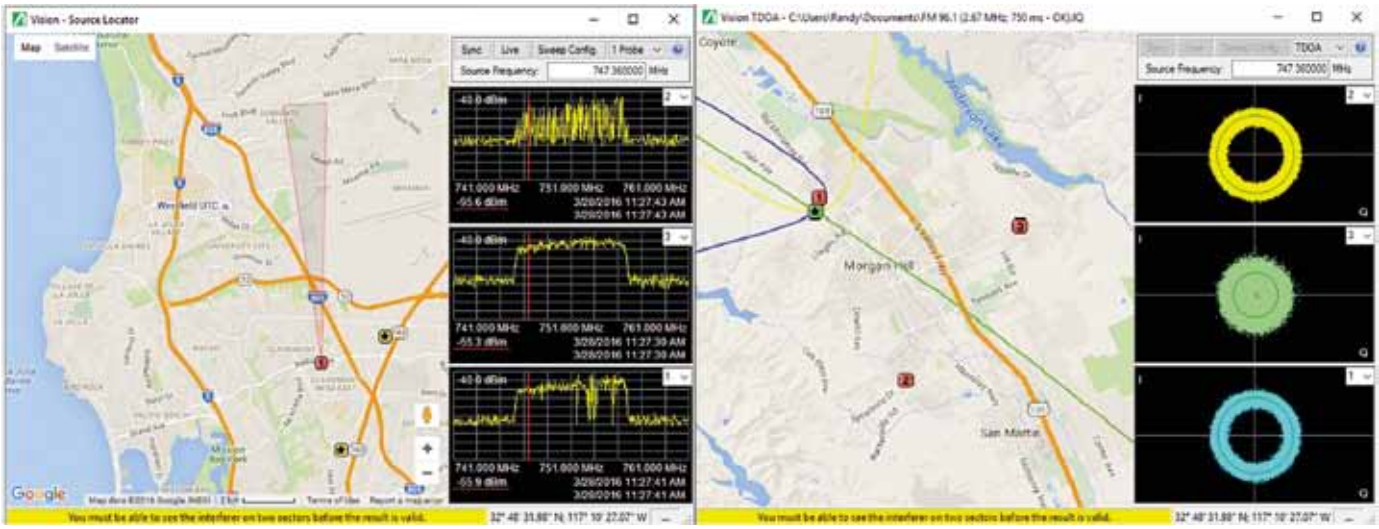
Den normala diskussionen i labbet om var fjärrfältet börjar och slutar beroende av aperturen D är som synes inte särskilt relevant. Det är högst troligt att drönaren kommer att befinna sig betydligt längre bort än gränsområdet.

Förutom att mäta på antenner kan drönare också användas för att jaga störsändare som påverkar kommunikationen. Det finns ett antal metoder baserade på triangulering för uppgiften, men dessa är ännu inte anpassade till användning med drönare.

ARBETET BESTÅR AV TRE DELAR: mätning, beräkning av målets position och styrning av drönaren. Det senare handlar om att bestämma vilken bana drönaren ska följa. Det finns ett stort antal möjligheter som ▶▶



Figur 1. Antenndiagram i vertikal- respektive horisontalplanet.



Figur 2. POA och TDoA i Anritsus mjukvara.

är kopplade till vilken typ av mätningar som görs, hur många drönare som deltar i jakten och hur många störkällor det finns. Dessutom har valet av algoritm för att bearbeta mätdata betydelse för hur drönarna ska styras.

TRADITIONELLT ANVÄNDS tre metoder för att ringa in en störsändare: Vinkel för inkommande signal (Angle of Arrival, AoA), tidsskillnad för inkommande signal (Time Difference of Arrival, TDoA) och skillnad i signalstyrka (Difference Received Signal Strength, DRRS). Med AoA går det att beräkna var störsändaren finns genom att mäta i två punkter och sedan beräknar skärningen mellan de två vinklarna. Metoden är den mest intuitiva och noggranna. Den har dock några nackdelar eftersom man måste mäta i många riktningar i samma punkt. Det kan antingen ske genom att ha flera antenner på drönaren eller genom att ha en antenn och låta drönaren rotera. Bägge ger 360 graders täckning. En begränsning i sammanhanget är hur mycket last drönaren kan ta och hur lasten påverkar flygtiden [4].

Med tidsskillnad för inkommande signal, TDoA, bestämmer man positionen för målet genom att beräkna minst tre hyperbler som går genom målet. Man får hyperblerna genom att mäta tidsskillnaden i ankomsttiden för störsignalen till två mottagare. Om man har n sensorer får man n-1 hyperbler. Förutsatt att det inte finns något brus ger skärningspunkten mellan hyperblerna läget för störsändaren [5].

FINNS DET BRUS blir skärningspunkten inte exakt. Därför är metoden bättre för större ytor [6]. Dessutom är det en utmaning att detektera samma signal i alla sensorer och att synkronisera tidsstämplingen.

Att mäta skillnaden i signalstyrka, DRSS, kan vara en mer praktisk metod där man räknar ut en cirkel runt mottagaren på vilken målet befinner sig. Genom att göra flera mätningar i olika punkter kan man ringa in störsändaren [7].

Länkbudgeten: hur man väljer mottagarantenn för att mäta på antenner och leta störsändare

För att kunna mäta på den önskade signalen måste man montera en antenn på drönaren. Länkbudgeten visar vilka parametrar som behöver vara uppfyllda för att det ska fungera. Till att börja med måste signalen ligga över brusgolvet. För att beräkna signalstyrkan måste man ta hänsyn till överföringsförlusten. Den beräknas enligt [8, 9]:

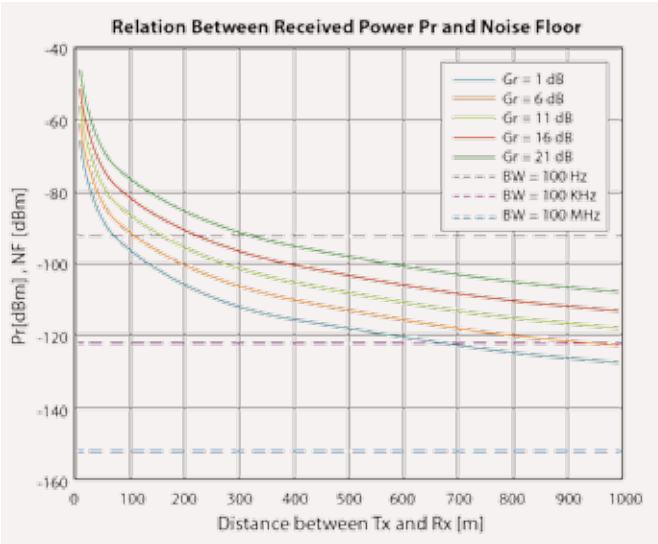
$$PL^{CL}(f_c,d_{3D})[db]=FSPL(f_c,1m)+10n\log_{10}(d_{3D})+\chi_\sigma^{CI}$$

där

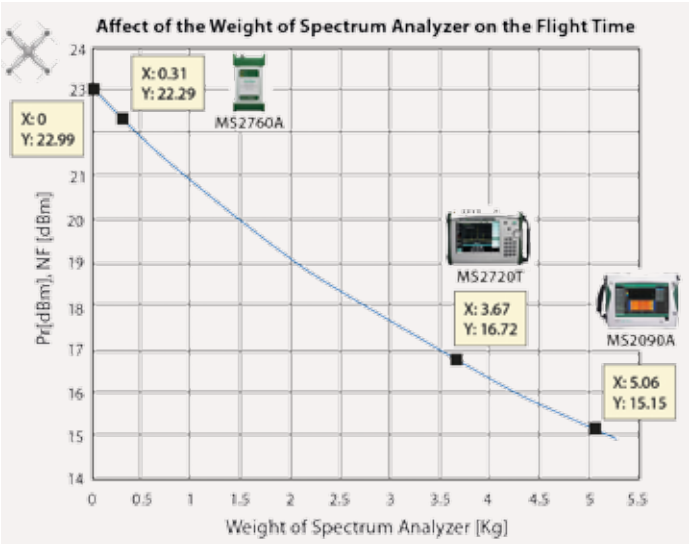
$$FSPL(f_c,1m)=20\log^{10}((4\pi f_c\times10^9)/c)[dB]$$

(Flera organisationer har förslagit ett annat sätt att beräkna den [13, Tabell IV, V]).

Baserat på överföringsförlusten beräknas den mottagna effekten på följande sätt (notera att $EIRP=P_T G_T$);



Figur 3. Förhållandet mellan mottagen effekt P_r och brusgolvet.



Figur 4. Flygtid relativt vikten på spektrumanalysatorn.

P_R [dBm]=P_T [dBm]+G_T [dB]+G_R [dB]–PL[dB].

Som tidigare diskuterat [10], är de tre möjliga sätten att öka den mottagna effekten P_R att öka P_T, G_T eller G_R. Notera dock att i detta fall går det inte att påverka P_T och G_T.

Förstärkningen i antennen G_R bestäms av användaren och värdet är kopplat till ytan på dess fysiska apertur, A;

$$G=(4\pi\eta A)/\lambda^2$$

där η är antenneffektiviteten och λ är våglängden.

FIGUR 3 VISAR P_R (baseratpå3GPPUMi-StreetCanyonLOS) och brusgolver när P_T=20 dBm G_T=10 dBi och f_c=28 GHz, fjärrfältsavståndet är R. På y-axeln visas P_R och brusgolvet medan avståndet mellan sändare och mottagare finns på x-axeln. De heldragna linjerna visar förändringen av P_R när G_R ökar medan de prickade linjerna visar brusgolvet vid olika bandbredder. Det är värt att notera att den mottagna signalen måste vara åtminstone 10 dB över brusgolvet för att kunna analyseras. Det är klart att ett högre G_r och en smalare bandbredd ger ett bättre signal-till-brusförhållande. Dock kan det vara nödvändigt att öka storleken på mottagarantennen för att öka Gr vilket leder till ökad vikt. Dessutom måste man fundera på hur en smalare bandbredd påverkar frekvensnoggrannheten.

Flygtid: hur välja rätt instrument?

Tiden som drönaren kan vara i luften är också en viktig faktor och beror huvudsakligen på vilken vikt den måste bära. Figur 3 visar att drönaren kan flyga 23 minuter utan last. Den ultraportabla spektrumanalysatorn MS2760A väger bara 300 gram och ger därmed den längsta flygtiden. Det är den lättaste spektrumanalysatorn baserad på Anritsus egenutvecklade teknik kallad NLTL eller Nonlinear Transmission Line. Instrumentet kan mäta upp till 110 GHz.

Å andra sidan klarar de större modellerna fler uppgifter. MS2720T har de vanliga mätmöjligheterna plus att man kan få ut IQ-signalerna. MS2090A kan göra realtidsanalys och har dessutom analyspaket för 5G NR.

Slutsats

Det är uppenbart att det är en stor fördel att använda en spektrumanalysator med bra prestanda inklusive lågt brusgolv som samtidigt har låg vikt för att få så lång flygtid som möjligt. ■

1) Z. Ghadialy, "5G: An Advanced Introduction", Cambridge Wireless presentation, December 2018.

2) Report ITU-R SM.2056-1, "Airborne verification of antenna patterns of broadcasting stations".

3) 3GPP, "3GPP TR 38.810 V2.1.0 (2018-04)".

4) Louis Dressel, et.al., "Efficient and Low-cost Localization of Radio Signals with a Multirotor UAV".

5) Fiona Fletcher, et.al., "Recursive Estimation of Emitter Location using"TDOA Measurements from Two UAVs.

6) CFFS webinar, "Guide to geolocation webinar", https://www.crfs.com/videos/geolocation-webinar/

7) Jeong Heon Lee and st.al., "Location Estimation Using Differential RSS with Spatially Correlated Shadowing".

8) Theodore S and et. al., "Overview of Millimetre Wave Communications for Fifth-Generation (5G) Wireless Networks – With a Focus on Propagation Models".

9) Shu Sun and et.al., "Propagation Path Loss Models for 5G Urban Micro- and Macro-Cellular Scenarios".

10) http://www.sharetechnote.com/html/5G/5G_MassiveMIMO_Motivation.html