

5G-GUIDEN

**Vad innebär det nya mobilnätet 5g? Hur färdas signalen?
Vad skiljer 5g från 4g? Här är Ny Tekniks genomgång.**

1

5G PÅ DJUPET
Så färdas data genom
ett 5g-nätverk

2

GRAFIK
5g – det nya mobilnätet

3

GRAFIK
Network slice och massiv mimo

4

GRAFIK
Corenätet i 5g

5

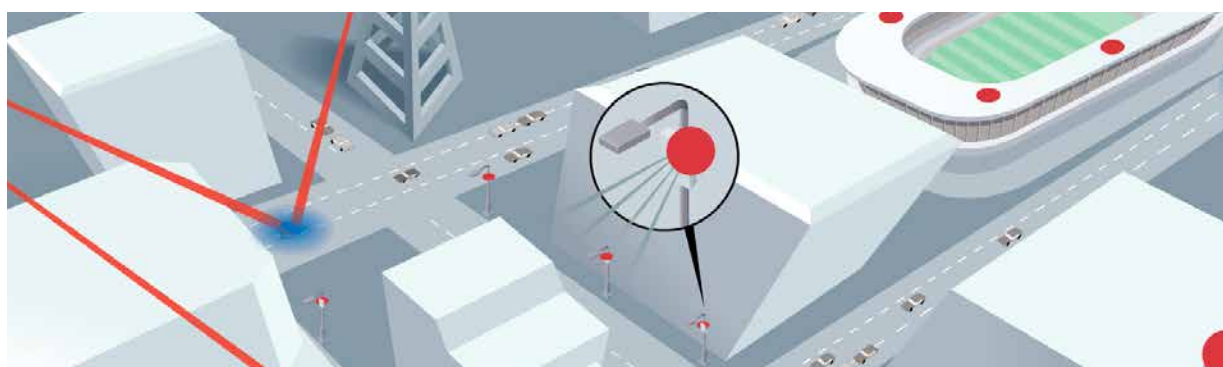
NY KRAFT
Grafikkort virtualiserar
radionäten

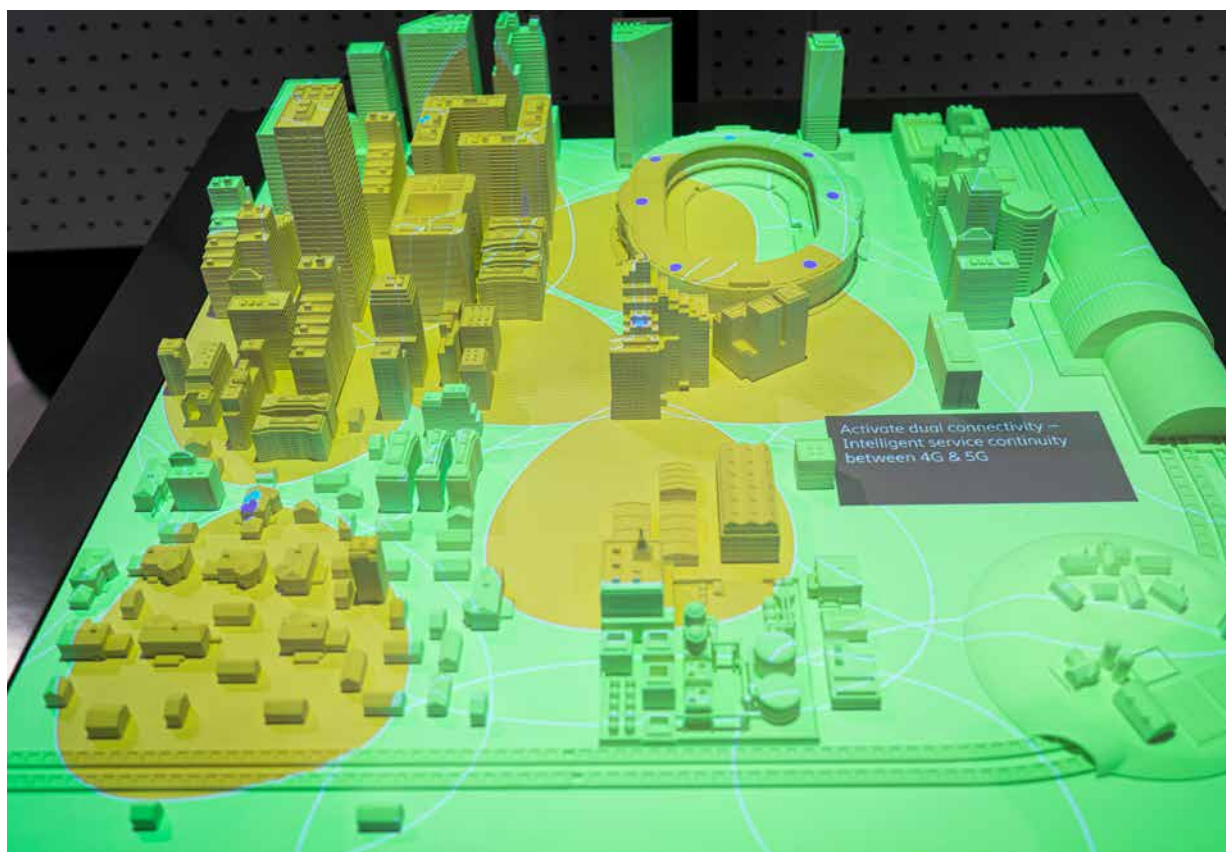
6

5G-ORDLISTA
Från 3GPP till zero touch

7

GRAFIK
Spektrumband för 5g





5g-stad i Ericssons studio i Kista.

Vill du veta allt om 5g? Här är jätteguiden

Hur transporteras och behandlas data i ett mobilnätverk? Hur går signalen från din telefon till radiomasten och ut till internet? Vad skiljer egentligen ett 5g-nätverk från 3g och 4g? Vad är millimeterband, beamforming och network slicing? Och var i nätet hamnar Ericssons satsning på artificiell intelligens?

Vi bad experterna Hannes Ekström och Anders Rosengren, som båda jobbar på Ericsson, om svar på alla de här frågorna.

Det här är resultatet: en text i sju delar som tar dig djupt in i nästa generations mobilnät.

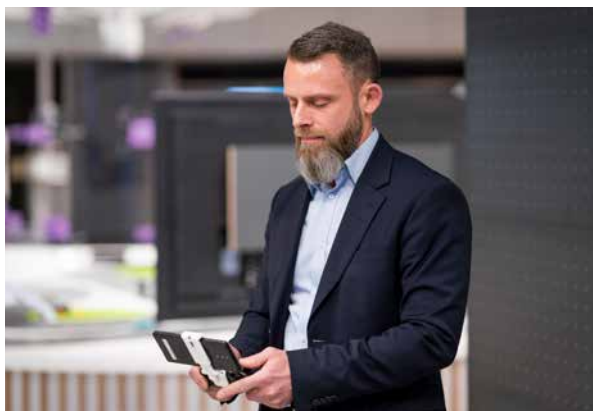
Del 1: 5g är det första mobilnätet som använder millimeterbanden

På mobilskrmen syns ett racingspel som är för kraftfullt för att köras på en smarttelefon. Mobilen sitter stadigt i en fästankordning som skjuter ut från en Xbox-kontroll.

Vi befinner oss bland robotar, fjärrstyrda bilar och drönare i Ericssons studio i Kista. Här kan besökare få en försmak av hur världen kommer att förändras när mobilstandarden 5g etablerats.

Eftersom 5g är designad för industrikunder lika mycket som för vanliga slutanvändare är många av tillämpningarna i studion framtagna för det ändamålet. Men dataspel är ett tacksamt exempel om man vill demonstrera hur 5g skiljer sig från UMTS (3g) och LTE (4g). Medan vi på kort tid hunnit vänja oss vid streaming av musik, film och tv-serier, nästan var vi än befinner oss, är det först under 5g-eran vi kommer att kunna göra samma sak med spel.

Racingspelet körs alltså inte lokalt på smarttele-



TOBIAS OHLS

Anders Rosengren streamar ett racingspel direkt till mobiltelefonen.

► fonen, utan den är bara gränssnittet för bild och ljud. Motorn som får spelet att fungera befinner sig på en server i molnet.

Anders Rosengren, chef för arkitektur och teknik på Ericsson Digital Services, greppar tag i kontrollen och trycker ned knappen som representerar bilens gaspedal. Fordonet reagerar så snabbt att man vill använda ord som "direkt", "omedelbart" och "utan fördröjning".

Men viss fördröjning sker naturligtvis – även om fördröjningen med 5g kan räknas i endast ett litet antal millisekunder. På den tiden ska de data Anders Rosengrens inmatning ger upphov till resa över luften, genom fiberkablar och kanske över nationsgränser.

På denna mobilnätets motsvarighet till motorväg ska dessa data dirigeras och underkasta sig ett signalsystem som ansvarar för att samordna och säkra all nätverkstrafik i området. Därefter ska de ut på internet och vidare till den molnserver där spelet körs.

Och sedan ska svaret tillbaka hela vägen till smarttelefonen. Fordonet på Anders Rosengrens skärm accelererar.

Allt detta sker snabbare än Rosengren hinner blinka. Faktiskt flera storleksordningar snabbare. En ögonblinkning tar ungefär en tiondels sekund, en millisekund är detsamma som en tusendels sekund.

I Ericssons studio finns också ett headset för virtual reality. När det gäller streaming av innehåll är interaktiva vr-upplevelser, jämfört med streaming av ett traditionellt dataspel, en ännu större utmaning för ett nätverk. Är fördröjningen för påtaglig riskerar användaren att bli illamående.

Anders Rosengrens kollega, Hannes Ekström, gör en snabb huvudräkning och kommer fram till att det behövs en kontinuerlig dataatak på åtminstone 400 megabit per sekund för ett vr-spel med 4k-upplösning.

Det är en datahastighet som är ungefär tio gånger högre än vad vi normalt sett får med dagens 4g-nät. Men det är ingen match för 5g, som under rätt förutsättningar kan leverera 20 gigabit per sekund. 20 gigabit är alltså detsamma som 20 000 megabit och att ladda ned en film i hög upplösning med den dataakten skulle ta ett par sekunder.

5g är den första mobilstandarden som gör anspråk på det som kallas millimeterband. De kallas så eftersom radiovågor på frekvenser mellan 30 och 300 gigahertz har våglängder mellan 10 och 1 millimeter.

På millimeterbanden är räckvidden kortare och vågor blockeras lätt av fysiska objekt. Det gäller inte bara sådant som väggar och tak; även lövverk och till och med regn kan försvaga dem. I gengäld finns mer spektrum att tillgå och därmed, potentiellt sett, mer bandbredd.

Om en operatör i dag kan hantera nätverkstrafik på en bandbredd om 100 megahertz skulle den med millimetervågor kunna nå upp till 800 megahertz. Det är åtminstone den bandbredden Ericssons amerikanska operatörskunder redan begagnar sig av, i det som blivit några av världens första kommersiella 5g-nätverk.

– Med 800 megahertz kanske man kan göra 20 gigabit per sekund. Då brukar folk fråga vad sjutton de ska med 20 gig till. Och det är kanske magkänslan man får, säger Hannes Ekström, som är produktchef för 5g på Ericsson.

Han går fram till en vit tavla och ritar ett radiotorn. Sedan pekar han med fingret på en punkt en bra bit från radiotornet.

– Men grejen är att om du får en 20-gigabitsfeed precis vid radiomasten så går den ju ner när du förflyttar dig bort. Någonstans här borta, långt borta, där når du dina 400 megabit per sekund.

Alltså den hastighet med vilken det går att streama virtuell verklighet i ultrahög upplösning.

Del 2: Massor av små celler ger ett snabbare mobilnät

Redan i slutet av 2019 hade de första svenska kommersiella 5g-näten börjat dyka upp. Men låt oss hoppa fram till 2025, året då Ericsson, enligt sin senaste trendrapport, uppskattar att det kommer att finnas 2,6 miljarder 5g-abonnemang världen över.

Låt oss säga att vi befinner oss i en större svensk stad, i ett kvarter med bostäder, ett köpcentrum, mycket biltrafik och en stor arena. Inne på arenan pågår ett sportevenemang inför fullsatta läktare.

På vägen utanför kör blåljusfordon mot rött på väg mot nästa olycka. Men inget av detta hör Alice, ►



TOBIAS OHLS

Streaming av spel och virtual reality är två möjliga tillämpningar för 5g-tekniken.



Några av Ericssons radioenheter för små celler.

► som från sin enrummare ett kvarter bort är djupt försjunken i en virtual reality-värld.

Alice bär ett 5g-headset och kan styra spelet med hjälp av handrörelser. Ett antal kameror i headsetet registrerar rörelserna, omsätter dem i elektroniska signaler som, via antennen, görs om till elektromagnetiska vågor. Men vågorna som strömmar från headsetets antenn plockas inte upp av de radiotorn som står på kullarna i stadens utkant. De kallas makroceller. Makro för att radioutrustningen på dessa anläggningar har en stor, hexagonalt formad täckningsradie, ibland flera kilometer. Cell är dock lite missvisande, eftersom det ursprungligen betyder "litet rum".

Men den användare med en 5g-enhet som är inom täckningsradien befinner sig inuti cellen. Användarens enhet har då förmågan att kommunicera med radioenheten och har alltså det vi vardagligt kallar för täckning.

Alice befinner sig dock i en liten cell, bokstavligen talat. Den kallas till och med så på 5g-språk: small cell. Radioenheten är belägen ett hundratal meter från hennes hem. Signalen från headsetet passerar en antenn i det fönster som vetter mot radioenheten.

I denna nya 5g-värld sitter det sådana här små celler lite varstans. På lyktstolpar. På busshållplatser. I fabriker. På arenan där sportevenemanget pågår.

De kan vara olika stora (och kan kallas mikrocell, pico-cell eller femtocell), ha olika täckningsradier och har jämfört med makroceller för- och nackdelar. En nackdel är att en liten cell har mindre täckningsyta än en stor. Det betyder att den i regel når ett lägre antal användare, jämfört med en makrocell. En fördel är att en liten cell är enklare att installera (även om det kan ta tid att få tillstånd för installation).

Men framför allt är den nära användaren. I Alices fall sker telekommunikationen högt upp i radiospektrumet, på det som kallas millimetervågor kring 30 gigahertz. Och som vi noterade här ovan går det på millimeterbanden att få höga datatakt över korta avstånd så länge det är fri sikt.

– Ett skäl till att bygga med small cells är helt enkelt bara att få täckning där det annars är svårt att komma åt. Moderna byggnader är väldigt energieffektiva, vilket förstås är toppen. Men ur ett radioperspektiv är det bedrägligt eftersom de är så välisolerade. Samtidigt som vi

ser att 80 procent av trafiken i ett typiskt nät genereras inomhus, säger Hannes Ekström.

Del 3: Därför är massiv mimo och beamforming så viktigt för 5g

Två begrepp som har blivit populära när man talar om 5g på millimeterband är massiv mimo och beamforming. Låt oss bena ut dem.

■ **Mimo.** Står för multiple input, multiple output. Du kanske i specifikationerna för din mobiltelefon sett att den är utrustad med 4x4-mimo? Det betyder, om man talar om nedlänk, att den har fyra mottagarantennerna som kan kommunicera med en basstation som har fyra sändarantennerna.

Ett sätt att använda tekniken är att Netflix-filmen du streamar över 4g kan sändas i nedlänk som fyra olika signaler på en och samma radiokanal. Det brukar kallas rumsdiversitet eller "spatial diversity" och ger redundans. Väldigt förenklat kan man säga att redundans ger ett överflöd av signaler om en av kanalerna skulle falla.

Ett annat sätt att använda tekniken är att fyra användare kan se varsin Netflix-film genom att man skickar olika dataströmmar mellan respektive sändar- och mottagarantenn. (Att säga fyra användare är visserligen en förenkling: antalet användare är inte nödvändigtvis lika med antalet antenner.) I ett sådant här fall används begreppet flervägsutbredning, eller "spatial multiplexing", vilket alltså ger ökad kapacitet.

Mimo-tekniken utnyttjar det vågfysikaliska fenomen som kallas flervägsutbredning. Genom att placera antennerna en bit från varandra kommer signalerna från sändarna att – beroende på vilka förutsättningar som råder i omgivningen – ta olika vägar till respektive mottagare.

Oavsett om man väljer redundans eller kapacitet så är det ett effektivt sätt att göra det mesta av det spektrum som står till förfogande.

■ **Massiv mimo.** På högre frekvenser är längden på radiovågorna kortare, något som också innebär att antennerna kan göras mindre. Massiv syftar alltså inte på antenner som är massiva till sin storlek, utan på att nätverksbyggare kan montera ett "massivt" antal antenner (det kan röra sig om tiotals, hundratals eller tusentals antenner), utan att nämnvärt behöva öka storleken på radioenheten. Se mer i grafiken på sidan 9 och sidan 10.

■ **Beamforming.** Man kan likna radiovågornas utbredning från en traditionell makrocell som en stor strålkastare, med den skillnaden att det inte rör sig om synligt ljus.

Beamforming påminner mer om en laserpekare där man använder ett stort antal antenner för att skapa en riktad stråle mot varje enskild användare. Ju fler antenner, desto smalare stråle.

Precis som i fallet med mimo drar man vinning av flervägsutbredningen genom att bearbeta signalerna för de olika antennelementen i en antennnuppsätt-

ning var och en för sig, för att få en så kallad konstruktiv interferens. Då går det också att dynamiskt rikta signaler för att exakt kunna följa en användare, något som kallas beamsteering.

Massiv mimo och beamforming tar höjd för det faktum att allt fler enheter kommer att kopplas upp under 5g-eran, och att mängden data som konsumeras kommer att öka mer eller mindre exponentiellt.

Med fler antenner och riktade strålar kan man dels skapa högre signalstyrka och snabbare dataöverföring till enskilda användare, men också öka kapaciteten för hela nätverket. Massiv mimo, beamforming och små celler är kort sagt ett smartare sätt att utnyttja tillgängligt spektrum – och rent avgörande om man ska utnyttja millimeter vågornas fördel på bästa sätt.

Med en liten antenn strax utanför fönstret som hjälper till att förstärka signalen, med massiv mimo och med beamforming från en cell i närheten, kan Alice få hastigheter som vida överstiger det som krävs för att få en bra vr-upplevelse. Det är åtminstone ett scenario.

– Alice kan spela virtual reality-spel på olika sätt. Antingen direkt i sin smartphone kopplat till en wifi-enhet, som sedan kopplas till en antennenhet som sitter utanför fönstret. Den kommunicerar över 5g till en mikro- eller makrocell. Det andra sättet är att Alices smartphone är kopplad direkt till en mikro- eller makrocell. Om vi börjar med antennen i fönstret så kommer den att koppla sig till den mikro- eller makrocell som har bäst signalstyrka. Sedan kommer beamforming att ge antenndirektivitet till dataflödet, vilket ökar signal-till-interferens-förhållandet och kan därmed ge högre överföringshastighet, säger Hannes Ekström.

Det signal-till-interferens-förhållande Ekström nämner är ett sätt för ingenjörer att mäta kvaliteten på en trådlös signal.

Del 4: Radionätet får fler basstationer med 5g

Samtidigt som Alice fäktar med armarna för att, inifrån sitt headset, rädda ännu ett cyberuniversum, är det halvtid i den match som pågår på arenan någon kilometer bort.



Nya enheter för 5g-radio installeras i Sydkorea.

För inte länge sedan hade det betraktats som ett väldigt märkligt evenemang. Det lag som kallar den här arenan sitt hem spelar nämligen just denna kväll bortamatch, i en stad som ligger 30 mil söderut. Ändå är det fullsatt.

Alla på arenan bär augmented reality-glasögon och matchen projiceras på gräsmattan nedanför dem. Det känns ungefär som om spelarna var där på riktigt.

Låt gå för att det scenariot fortfarande kanske påminner lite väl mycket om science fiction. Men poängen är att vi under 20-talet kommer att konsumera mer data. Enormt mycket mer data.

I Ericssons senaste trendrapport spås den globala data-trafiken under mitten av 20-talet nå 160 exabyte per månad. 2015 var motsvarande siffra under 10 exabyte och under 2019 strax under 40 exabyte.

Om det innebär augmented reality-streaming på tomma arenor är en öppen fråga, men att videoinnehåll kommer att stå för en stor del av ökningen är det ingen som tvivlar på.

Ska man streama video i hög upplösning, som i Alices fall, krävs hög överföringshastighet (tänk autobahn). Ska man streama video åt 50 000 personer på en liten yta krävs också hög kapacitet (tänk autobahn med väldigt många filer).

Så även om små celler var och en för sig har en liten täckningsyta så är telekombranschens strategi att placera ut många av dem, tätt ihop. Det här brukar kallas ”densification”, som kan översättas till förtätning.

Samtidigt kanske ett antal personer på arenan vill använda telefonen till något så gammalmodigt som röst-samtal. Då kan närmsta makrocell och ett lågband som 700 megahertz täcka det behovet.

Signalerna till och från användarnas 5g-enheter (smart-telefoner, ar-glasögon, vr-headset och så vidare) går alltså över luften till den mest lämpliga cellen i området. Cellen består av antenner som tillsammans med en specialbyggd radioenhet går under förkortningen RRU (remote radio unit). Den består också av en BBU (baseband unit), det vill säga en basbandsenhet.

Basbandsenheten kan beskrivas som radionätets hjärna och är, till skillnad från radioenheten, placerad en bit från antennerna. Ett vanligt scenario är att antenn och radioenhet är installerade nära varandra på en mast på ett höghustak och att basbandsenheten är placerad i höghusets källare. Radioenheten och basbandsenheten är sedan förbundna med en fiber- eller kopparlina.

Radioenheten är som en omvandlingsstation mellan ett digitalt och analogt gränssnitt, eller mellan ettor och nollor och elektromagnetiska vågor.

– Radioenheten tar en signal från basbandet och förstärker den. Den lägger även till en bärfrekvens, för den generiska signalen måste ju upp på radiofrekvens. Så det sköter den här radioburken. Men den lyssnar även i upplänk för att kunna skicka en signal tillbaka till basbandsenheten, förklarar Hannes Ekström.

Medan radioenheten hjälper antennerna att sända ut och ta emot signaler så ansvarar basbandsenheten för att bestämma hur och när en signal ska sändas

eller tas emot för att göra nätet så snabbt och effektivt som möjligt. Den är i mångt och mycket en schemaläggare.

Men basbandsenheten är också första eller sista anhalten, beroende på åt vilket håll trafiken går, i det som kallas radioaccessnätverket, eller ran. Ett ran-nätverk består av basstationer, och basstationer består av antenner, radioenhet och basbandsenhet (samt även egen kylning och reservbatterier).

Radioaccessnätverk är en av tre viktiga beståndsdelar i ett komplett mobilnät. De andra två är transportnät och kärnnät (telekommänniskor säger dock aldrig kärnnät, utan corenät).

Jan Vandenbroeck, en veteran på telekombolaget Commscope, har liknat ett mobilnät vid ett träd. Corenätet är stammen på trädet, grenarna representerar transportnätet och löven ska föreställa basstationerna.

Och löven, säger han, faller ju av om hösten och växer ut på nytt under våren. Med andra ord: mobilceller är i ständig förändring – nya läggs till och gamla kan bytas ut – medan corenätet förblir mer eller mindre statiskt.

Det är en utmärkt liknelse om man talar om hur mobilnät fungerat fram till nu, men blir som vi ska se något mindre användbar för att illustrera en 5g-arkitektur.

När det gäller transportnätet hör man ofta begreppet ”backhaul”. Använt som verb kan det engelska ordet ”haul” betyda transportera, frakta eller forsla. Backhaul utgör förbindelsen mellan radioaccessnätverket och corenätverket. Förbindelsen består normalt av en fiberlina, men på senare år har även mikrovågor blivit en populär metod, i synnerhet i glesbygd eller på ställen där det är dyrt att installera fiber.

Om flera basbandsenheter flyttats till en central anläggning som kan ligga en kilometer eller mer från radioenheten brukar man kalla förbindelsen mellan RRU och BBU för ”fronthaul”.

– Radioenheten och antennen ska vara nära varandra för att öka prestandan i nätet. Men sedan har vi nyare typer av arkitekturer också där vi inte sätter basbandsenheten i källaren i samma hus, utan den kan vara kilometer bort. Då sätter vi flera enheter på en och samma centrala anläggning. Det kan vara av kostnadsskäl, av prestandaskäl, eller för att man vill fördela resurserna genom att balansera användandet av de olika basbandsenheterna. Men det är tidskrävande och kräver fiberinfrastruktur om man vill bygga på det sättet, säger Hannes Ekström.

Del 5: Corenätet blir smartare med hjälp av artificiell intelligens

Alice tänker förmodligen inte på det, och gissningsvis inte heller de som augmented reality-tittar tillsammans på arenan, men data till och från deras enheter skickas fram och tillbaka genom corenätet, som dirigerar trafiken mellan många olika basstationer, internet eller diverse molntjänster.

Ända sedan mobiltelefonens genombrott på GSM-tiden har det funnits ett kretskopplat corenät. Dess vikti-



Anders Rosengren och Hannes Ekström, Ericsson.

gaste funktioner på den tiden var att hålla reda på var abonnenter befann sig och att koppla samman dem. Corenätet var – och är fortfarande – ansvarigt för att hålla reda på grundläggande saker som om abonnenten har ett simkort och om den har betalt sin mobilräkning.

I samband med 3g blev det möjligt att skicka data mellan mobiltelefoner, och kärnnätet utvecklades och anpassades för att ombesörja även den typen av trafik. Man började tala om paketcorenätverk, och om du någon gång stött på förkortningen EPC så står det för ”evolved packet core” – en vanlig 4g-corenätarkitektur.

Det finns olika sätt att beskriva ett paketcorenät, men för att hålla det någorlunda överskådligt kan man dela upp det i fyra komponenter. Se mer om corenät i grafiken på sidan 11.

■ **User plane.** Den data som krävs för interaktion och rendering av Alices virtual reality-spel. Det är kort sagt här som själva användartrafiken transporteras och behandlas.

■ **Control plane.** Vilken typ av tjänst är det Alice använder? Vilken typ av kapacitet och datatakt behöver den? Vilken typ av abonnemang har hon? Var befinner hon sig? Den typen av kontrollsignalerings sker här.

– Om user plane är vägen eller gatan och användardata motsvarar fordonen som rör sig på den, så är kontrollplanet att tänka på som trafikljusen. Det är på kontrollplanet som det beslutas om en kanal genom operatörens nät ska öppnas för en mobil enhet, förklarar Anders Rosengren, chef för arkitektur och teknik på Ericsson Digital Services.

■ **OSS, eller ”operation support system”.** It-tråkigare än så kan det knappt låta, men vid sidan om den spännande millimetertekniken på radiosidan är OSS en av de mest intressanta delarna i ett 5g-nät.

OSS är ett orkestreringssystem som ser till att de produkter som ingår i ett mobilnät fungerar på bästa sätt. OSS håller koll på felsignalerings i nätet och eventuella mjukvaruuppggraderingar sker via det här systemet.

Låter fortfarande inte så spännande va? Men det är just OSS som fått Ericsson att satsa tungt på artificiell intelligens. När man ser bilder från operatörernas driftcentraler sitter en människa i dunkel belysning och övervakar storbildsskärmar som sitter på väggarna från golv till tak.

► **Det är bara det att 5g-näten** blir så komplicerade att människan inte kommer att hänga med.

Därför bygger Ericsson, Huawei, Nokia och andra aktörer nät som i allt större utsträckning ska automatiseras.

– I en 4g-värld var det ganska få och ganska mogna tjänster. Man körde i princip bara mobilt bredband, röst och sms. Välkända tjänster som har funnits länge. Då behöver du inte så avancerat OSS. Du liksom ställer upp tjänsten, du konfigurerar ditt nät för att leverera den. Det är naturligtvis så att jag förenklar beskrivningen nu. Men i en 5g-värld finns ett stort löfte om att skapa en flexibilitet och möjligheter att snabbt kunna leverera nya tjänster. Då behöver du ett OSS som kan hantera det. Och då blir det inte hanterbart att manuellt konfigurera och övervaka nätet, utan du behöver bygga in automation med hjälp av ai och maskininläring, säger Anders Rosengren.

”Closed loop” och ”zero touch” är två begrepp som telekomjättarna gärna skyltar med. Det första innebär att artificiell intelligens kan upptäcka fel och för egen maskin vidta åtgärder. Det andra innebär att det kan ske helt utan mänsklig inblandning.

BSS, eller ”business support systems”. Affärssystem: alltså den del av corenätet som exempelvis sköter fakturering. Här finns bland annat ett CDR, eller ”charging data record” – information om exempelvis hur länge och var en abonnent använt en betaltjänst av operatören.

Del 6: Mobilnätet flyttar till molnet

Corenät fick sitt namn av en anledning. De var den centralt placerade kärnan i mobilnätet. Stammen på trädet, som Jan Vandenbroeck kallade dem.

Rent fysiskt har de suttit som bladserver (server man ställer på högkant) i kylskåpsliknande kabinett i ett antal datahallar. Av kostnadsskäl inte för många datahallar. Av redundansskäl inte för få.

Under 10-talet och 4g-eran har corenätet till stor del virtualiserats. Då har operatörer kunnat byta dyr specialbyggd hårdvara mot så kallade ”off-the-shelf”-produkter. Man kallar det ”virtuella maskiner” (eller bara VM), som betyder att man med programvara emulerar ett datorsystem, oavsett vilken hårdvara som programvaran körs på. Ofta används den sortens x86-processorer man kan hitta i vanliga hemdatorer.

– För tio år sedan byggde vi specialgjord hårdvara och specialbyggd mjukvara som vi levererade som en produkt. Sedan dess har vi virtualiserat i princip alla våra corenätprodukter, säger Anders Rosengren.

Vad telekomindustrin i praktiken gjorde var att härma hur it-branschen började bygga molnplattformar.

– När 4g togs fram pratade ingen om cloud. Men så började man titta in i datacenter på it-sidan och såg att det gick att få mycket bättre resursutnyttjande av hårdvaran genom virtualisering.

Och när 4g väl hade mognat så hade giganter som Google, Amazon Web Services och Microsoft slutat prata om virtualisering och börjat prata om ”cloud native”, ”containerisering” och ”mikrotjänster”.

Begreppet container skulle kunna kallas virtualisering

2.o. I stället för att emulera själva datorsystemet så emuleras operativsystemet. Med den typen av design går det att dela upp datorprogram i separata instanser, kallade containrar. Då effektiviseras användningen av tillgänglig hårdvara ytterligare, eftersom en container kan köras på i princip enbart operativsystemkärnan och de resurser som krävs för innehållet i containern.

Sjöfartsliknelser är vanliga för den här tekniken. En container ska föra tanken till hur fysiska containrar fraktas på fartyg. Namnet på det Google-utvecklade och numera öppna containersystemet Kubernetes är hämtat från grekiskan och kan betyda kapten, eller rorsman. Kubernetes-logotypen föreställer en klassisk skeppsratt.

Den här separationen av kod gör att det som tidigare betraktades som en enda stor klump till programvara (föreställ dig hur smidigt det skulle vara om alla varor på ett fraktfartyg packats i en och samma jättelika container) kan delas upp i mikrotjänster. Det är att bygga program, it-system eller webbapplikationer där varje funktion körs i sin egen instans så att det lätt går att lägga till eller ta bort funktioner, eller uppdatera en funktion utan att den påverkar alla andra. Om en mikrotjänst behöver kommunicera med andra mikrotjänster så upprättas en api-förbindelse mellan containrarna.

En av fördelarna med mikrotjänster är att utvecklingstiden kan kortas ner drastiskt. Dels för att containrar är små till storleken jämfört med virtuella maskiner, och dels för att de går snabbare att starta.

Vi är djupt inne i it-världens territorium nu, men det här är designprinciper som hela telekomvärlden med 5g också gör anspråk på. Ericsson, till exempel, bygger sin molninfrastruktur med Kubernetes.

– Det är ett bättre sätt att hantera mjukvara på, det är mer effektivt och det är enklare att uppgradera individuella delar, säger Anders Rosengren.

Den här utvecklingen, där programvara kan snurra på standardhårdvara, och där programkod portionsförpackas, gör att liknelsen mellan corenät och stammen på ett träd blir missvisande.

Man talar i stället om det distribuerade molnet där fler funktioner eller instanser placeras längs nätverkets edge, nära användaren. Ett 5g-corenät blir en kombination av centrala, regionala och lokala moln. Ett corenät kommer liksom att sprida sig från stammen, till grenarna, och ut till själva löven.

För telekomindustrin blir en sådan arkitektur angelägen när det gäller 5g. Varför? För att radiotekniken då blir så snabb att corenätet riskerar att – såvida delar av det inte distribuerats till nätets utkanter – bli en flaskhals för tidskritiska applikationer.

Vr-spelet som Alice är försunken i körs på ett 5g-nät där en del av corefunktionaliteten är placerad i en nod som är geografiskt nära hennes hem. Det är troligt att operatörer kommer att använda olika typer av moln – distribuerade och centrala, privata och publika – beroende på last.

– Man kanske har ett privat cloud där man kör sina coretjänster, men möjlighet att avlasta till ett publikt cloud, om man har ett avtal med till exempel Amazon. Om det blir jättehög last så kanske man skapar en ny kontrollplansinstans i det publika molnet. Och vi på



TOBIAS OHLS

Hannes Ekström vid 5g-staden i Ericssons studio.

Ericsson har orkestreringstjänster som sträcker sig ända ut i Amazons moln, säger Anders Rosengren.

Del 7: "Network slicing" är ett av 5g:s mest spektakulära koncept

Ibland får inte Alice den överföringshastighet hon behöver. Hon skulle förstås kunna uppgradera till premium-abonnemanget där en viss prestanda är garanterad.

De garantierna (datatakt och kapacitet) finns på arenan. Blåljuspersonalen som dundrar förbi utanför har ingen garanterad dataöverföringshastighet, men väl kapacitet: deras kommunikation är säkrad trots den höga datatrafiken i närheten. Och sjukhuset som ambulanserna utgått från är dessutom garanterad en maxfördröjning på 1 millisekund. Åtminstone i den flygel av sjukhuset där man nyss börjat med fjärrstyrd kirurgi.

Alla dessa garantier går under begreppet "network slicing", ett av de mer spektakulära koncepten i 5g-arkitekturen. Där operatörernas kunder kan beställa ett nätverk med en viss kravställning. Se mer om network slicing i grafiken på sidan 10.

Det finns i princip ingen gräns för hur många nätverkskivor som kan tilldelas. I ett självkörande fordon som åker förbi arenan åt motsatt håll som ambulanserna finns tre olika skivor. En med ultralåg fördröjning för att fordonet ska kunna reagera snabbt. En med hög datatakt som hör till bilens underhållningssystem. Och en som har lägre krav eftersom det bara passerar icke-kritisk data från fordonets sensorer.

Network slicing möjliggör också tydlig isolering mellan olika skivor. Alltså: om det uppstår problem i en skiva så påverkas inte tillgängligheten i andra skivor.

– Operatören får möjlighet att definiera en affärskedja genom nätet som i grund och botten är resursallokering, säger Hannes Ekström.

Vi befinner oss förstas inte i mitten av det nya decenniet, utan är precis på väg att träda in i det. 5g har lanserats i ett fåtal länder, inklusive en väldigt blygsam introduktion i Sverige, i regi av operatören Tre.

Det rör sig om 5g på den så kallade icke fristående standarden (NSA, som står för non-standalone). Då används 5g New Radio: alltså ny radioteknik som kombineras med redan existerande 4g-kärnnät.

Men om fem år bör allt det vi tagit upp här vara på plats: millimeterband, massiv mimo och beamforming, en tätning av antalet små celler, ett mobilnät byggt med molnarkitekturens designprinciper som är orkestrerat av artificiell intelligens och nätverkskivor där kunden garanteras särskilda egenskaper.

Då kommer 5g-näten vara fristående (SA, eller standalone), med både nytt RAN-nät och nytt corenät.

Det är 5g – ett femte generationens mobilnät som inte kommer att likna något annat.

– Det sker otroliga förändringar och det sker fort, säger Hannes Ekström.

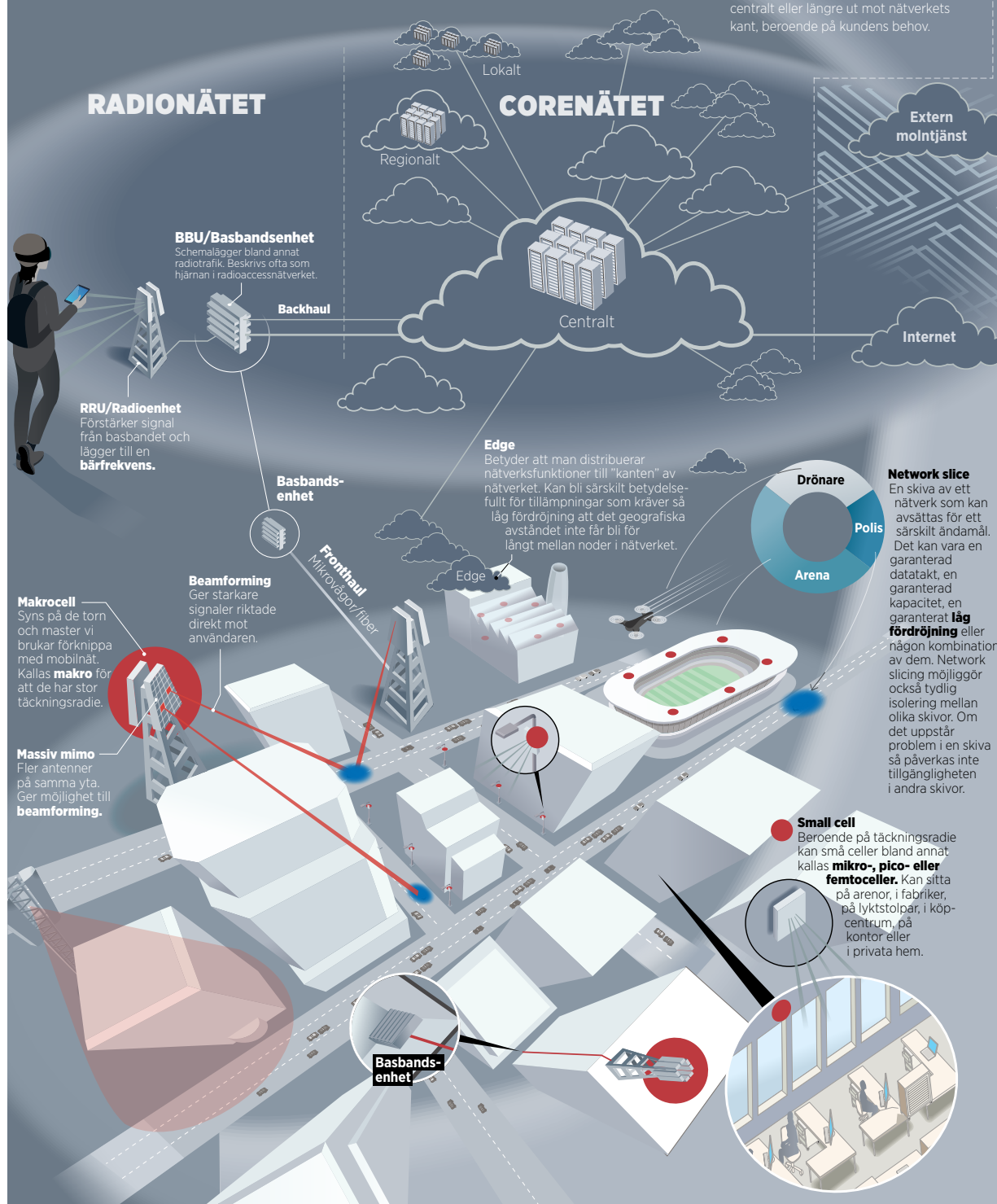
PETER OTTSJÖ, 08-796 64 52

peter.ottsjö@nyteknik.se

5G – det nya mobilnätet

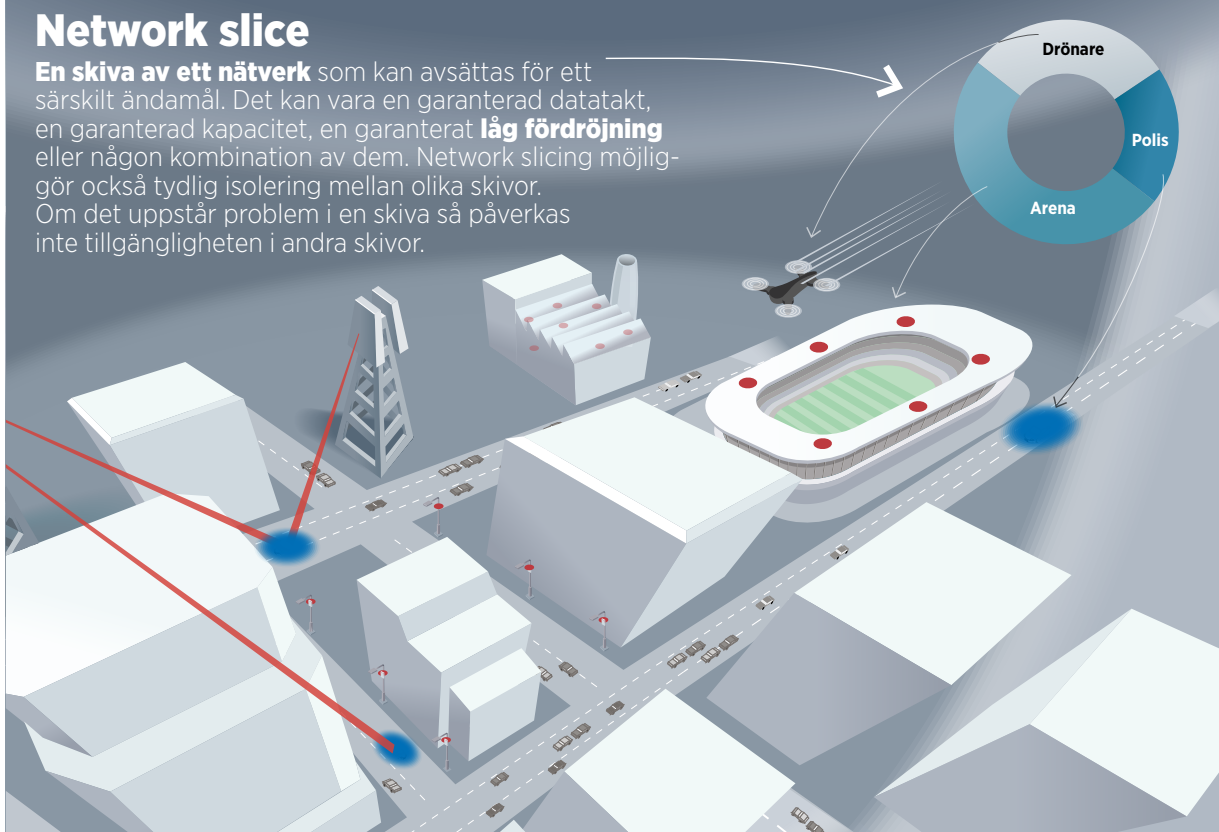
5g är den femte generationens mobilnät. Under 2020-talet ska 5g byggas ut stort. Radionät och corenät är precis som tidigare två av de viktigaste byggstenarna. Men med 5g kommer de att designas på ett nytt sätt.

Tidigare har corenät funnits på ett fåtal centrala platser. Med 5g kommer corenäten att existera i **datacenter både centralt, regionalt och lokalt**. På telekommunikationsspråk brukar det kallas det distribuerade coremolnet. Funktioner kan placeras centralt eller längre ut mot nätverkets kant, beroende på kundens behov.



Network slice

En skiva av ett nätverk som kan avsättas för ett särskilt ändamål. Det kan vara en garanterad datafart, en garanterad kapacitet, en garanterat **låg fördröjning** eller någon kombination av dem. Network slicing möjliggör också tydlig isolering mellan olika skivor. Om det uppstår problem i en skiva så påverkas inte tillgängligheten i andra skivor.



Makrocell

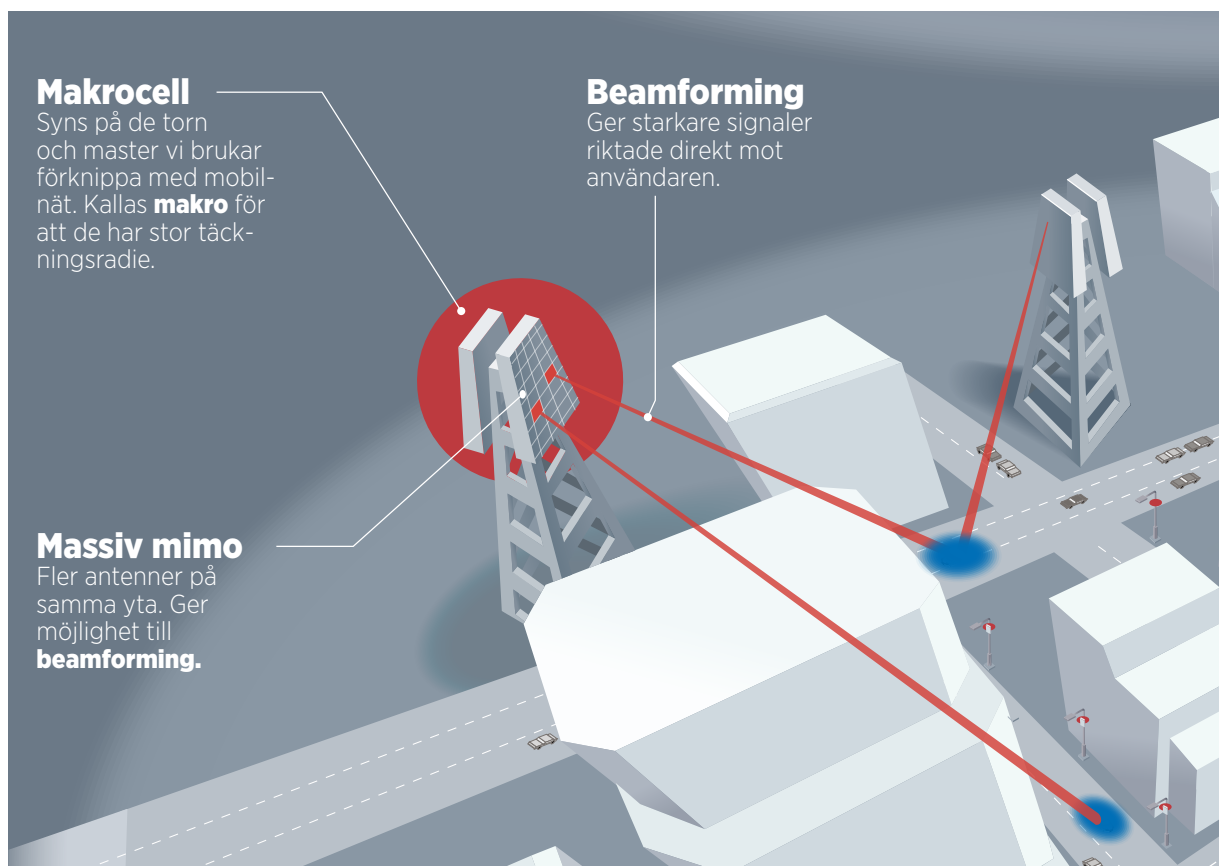
Syns på de torn och master vi brukar förknippa med mobilnät. Kallas **makro** för att de har stor täckningsradie.

Beamforming

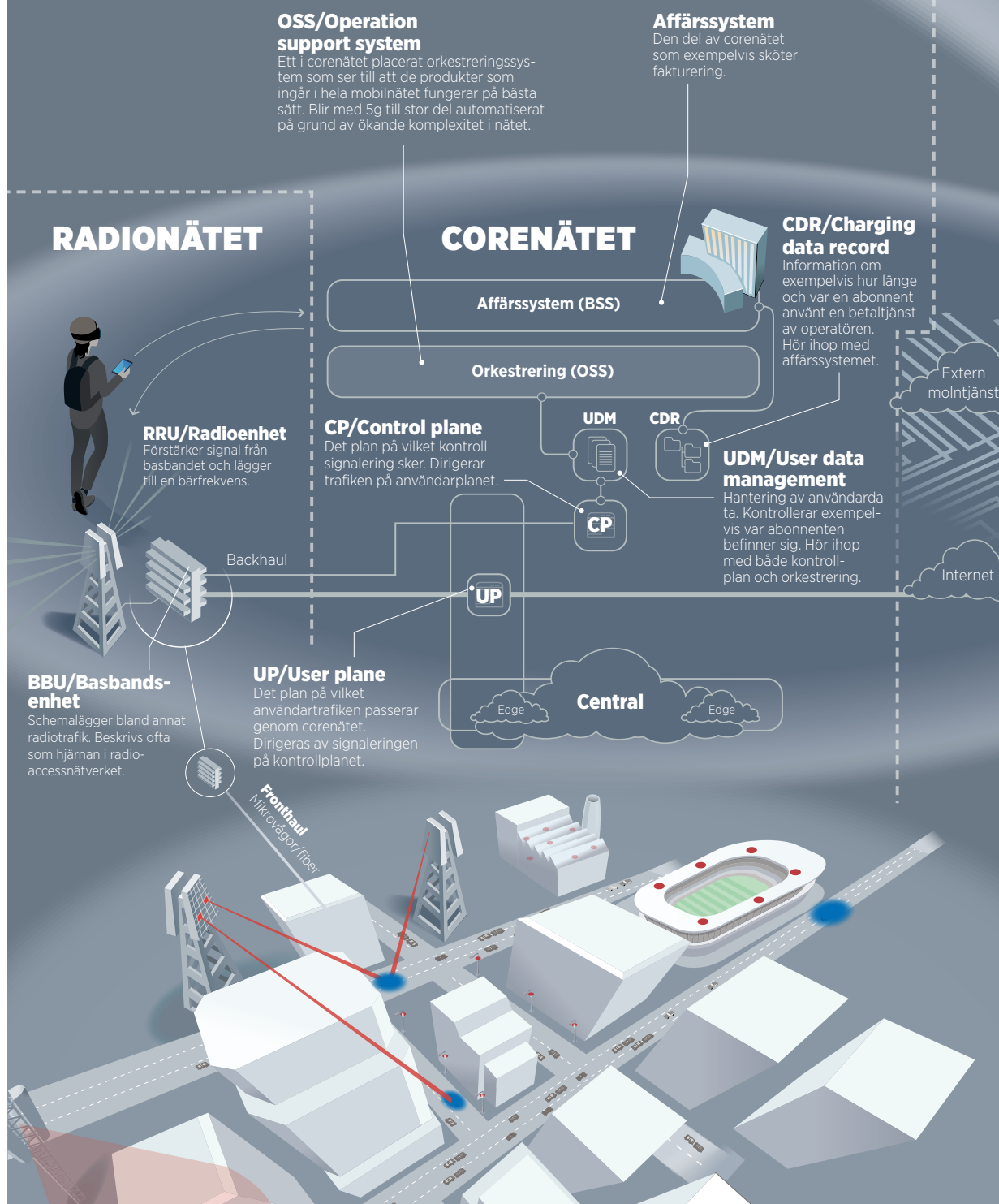
Ger starkare signaler riktade direkt mot användaren.

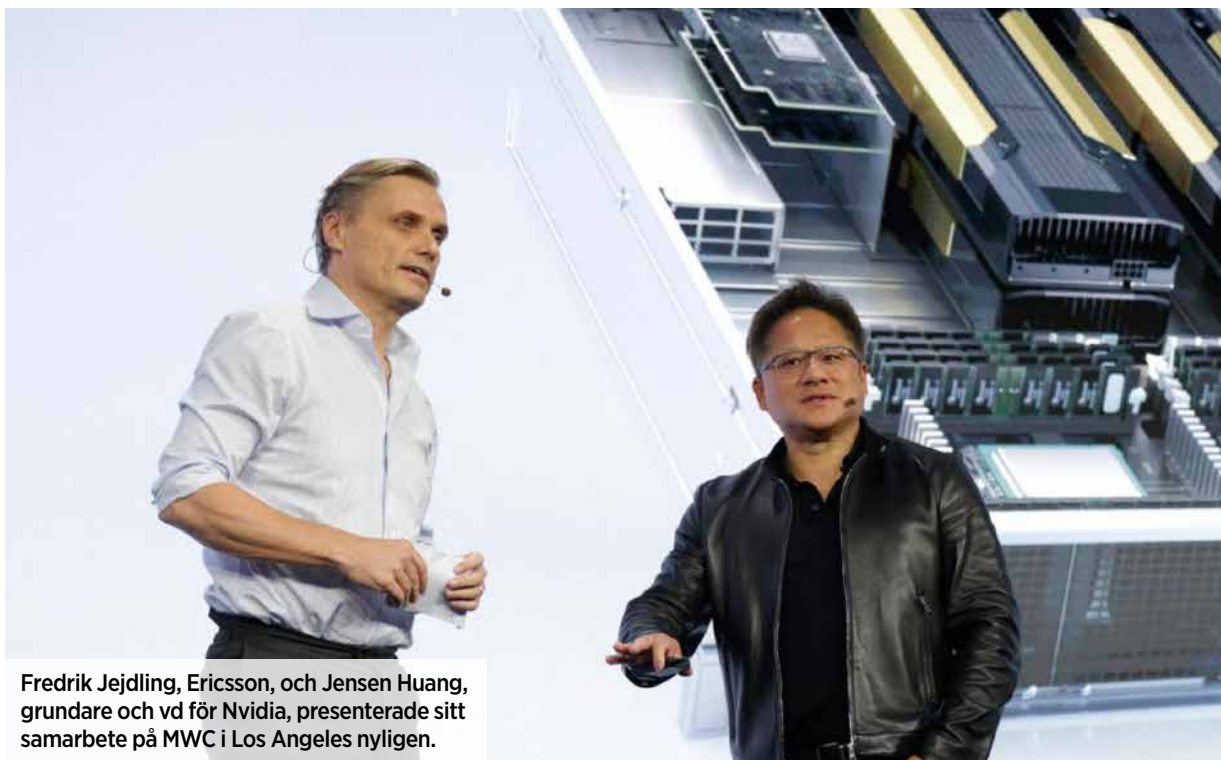
Massiv mimo

Fler antenner på samma yta. Ger möjlighet till **beamforming**.



Ett corenät består av flera olika komponenter. Till exempel ett så kallat "plan" för användartrafik, ett för kontrollsignalering och en funktion för orkestrering av de produkter som används för att nätet ska fungera.





NICLAS TIEGERSTRÖM

Fredrik Jejdling, Ericsson, och Jensen Huang, grundare och vd för Nvidia, presenterade sitt samarbete på MWC i Los Angeles nyligen.

Därför vill Ericsson ha 5g-hjälp av Nvidia

För att göra 5g-näten snabbare och smidigare räcker det inte med standardprocessorer. Ericsson behövde något mer kraftfullt. Nu har hjälpen kommit – från grafikkortsgiganten Nvidia.

Telekomföretaget Ericsson samarbetar sedan något år tillbaka med grafikkortsjätten Nvidia. På mobilmässan MWC i Los Angeles presenterade Ericssons Fredrik Jejdling och Nvidia-chefen Jensen Huang det oväntade partnerskapet. Och det är det senaste exemplet på hur grafikprocessorer – som från början användes till data-spel – kan göra nytta där vanliga processorer inte räcker till.

En snabb bakgrund: 5g är ju ett löfte om extremt höga datahastigheter, hög kapacitet och låg fördröjning. 5g är också en ren nödvändighet, eftersom den globala konsumtionen av data stiger brant månad för månad. På vissa håll är 4g-näten redan pressade till bristningsgränsen.

Utöver detta vill telekombolagens kunder – som oftast består av mobiloperatörer – ha mer flexibla och dynamiska mobilnät, vars egenskaper snabbt kan anpassas utifrån rådande behov. Det är dessutom behov som kommer att skifta i större utsträckning än tidigare i takt med att hela industrier kopplar upp sina fabriker.

Därtill brottas operatörerna med att få ekonomi på en marknad med små marginaler.

Lösningen? Virtualiserade mobilnät.

Att virtualisera betyder att man kan ta standardserverar och via programvara ge dem egenskaper som annars hade krävt hårdvara specifikt byggd för ändamålet.

Specialbyggd hårdvara som har skruvats fast på särskilda platser – alltså den gamla metoden för att bygga mobilnät, där mycket av utrustningen är placerad nära radiomasterna – lär visserligen inte bli överflödigt i första taget, men exempelvis Ericsson kompletterar numera traditionella metoder med centrala virtualiserade nätverk för att möta operatörernas behov.

Det är bara det att 5g inte fungerar som äldre mobilnätstandards. 5g har till exempel många fler och mer avancerade antenner och är betydligt mer

► beräkningsintensiv. Signalering från de lägre delarna av radionätets arkitektur – där exempelvis basbandsenheter sitter – till de övre är svåra att virtualisera med vanliga x86-processorer. Metoden blir kort sagt inte kostnadseffektiv. Men hur fungerar det då med en gpu (graphical processing unit) från en spelare som Nvidia?



Per Narvinger.

– Det har varit såpass krävande att göra kostnadseffektivt att virtualisering i de lägre lagren inte har skett på radionätsidan. Men med den här typen av gpu:er börjar det bli intressant, säger Per Narvinger, som är chef för nätverksprodukter på Ericsson.

När Per Narvinger säger radionätsidan gör han skillnad på det och på paketkärnnätet, eller corenätet som det vanligtvis kallas. Corenät – som kan sägas vara mobilnätets motsvarighet till en stor trafikterminal – är den centrala delen av nätverket, där data tas emot och skickas via mikrovågor eller fiber till och från radionätets alla tentakler. När det gäller corenätverket har telekomindustrin kommit längre i sin virtualisering.

– För att antal år sedan var corenätet byggt med unik hårdvara och mjukvara för varje leverantör. I dag bygger man det på serverarkitekturer och det går på cloud native-lösningar, säger Per Narvinger.

Cloud native är ett molnteknik-begrepp som bygger på att processer som körs i molnet kan dra fördel av molnets speciella egenskaper, som till exempel att man snabbt kan skala upp eller skala ned sin kapacitet efter behov.

När det gäller gpu:er är det bättre att tänka på tekniken mindre som en grafikprocessor (döpt så eftersom gpu:er som sagt först användes till att rendera grafik i dataspel) och mer som en hårdvaruaccelerator. Det är trots allt så Nvidia själva resonerar. I dag sitter deras gpu:er i många av världens snabbaste superdatorer och tekniken har under 10-talet inneburit ett stort genombrott för maskininlärning.

– Gpu:erna används för videoapplikationer men har ju även börjat användas i till exempel fordonsindustrin och i medicinteknik. De stänger inte helt gapet till hårdvara specifik byggd för telekom, men det börjar bli riktigt intressant, säger Per Narvinger.

Speciellt lockande blir det när man börjar tala om modebegreppet ”edge”, alltså att mycket av mobilnätets funktioner finns nära slutanvändaren i stället för i molnet. Ett virtualiserat Ericsson-radionät utrustat med Nvidia-gpu:er låter ganska Industri 4.0-kompatibelt.

– Mobiloperatörerna har mängder av anläggningar nära slutanvändaren. Om man sätter upp den här typen av servrar kan man kanske bygga själva radionätet på den och på ett smart sätt dra nytta av det. Om man har applikationer som kräver mycket beräkningskraft, bandbredd och korta svarstider så vill man inte hålla på och skicka det till en central plattform. Jag tror att man kommer att kunna se innovation, eftersom det blir lättare att få de här applikationerna att prata med varandra när de körs på samma typ av plattform.

Ericsson och Nvidia har samarbetat sedan ett år tillbaka för att göra verklighet av det här. Under det senaste kvartalet har de jobbat mer intensivt med varandra.

– Om det visar sig att det går att göra det effektivt så rör det sig om en flerårig resa. Men om vi börjar göra produkter på det här sättet skulle det vara något som kompletterar dagens sätt att bygga nät på. Sedan får man se hur det utvecklar sig över tid, säger Per Narvinger.

PETER OTTSJÖ, 08-796 64 52
peter.ottsjö@nyteknik.se

Nvidia var inriktat på spelindustrin

- Nvidia är ett amerikanskt teknikföretag med huvudkontor i Santa Clara, Kalifornien, USA.
- Det grundades 1993 av Jensen Huang, Chris Malachowsky och Curtis Priem.
- Företaget startade med att utveckla grafikkort för datorer, med inriktning på spel. Arbetar i dag med programvara som gör det möjligt att använda grafikkort mer effektivt i självkörande i bilar, datacenter och i artificiell intelligens.
- 11500 anställda, varav nästan tre fjärdedelar är ingenjörer.
- Namnet: Nvidia kommer från en hopslagning av ”nv” som står för ”next version” och latinets ”invidia” som betyder avund.



Grafikprocessor från Nvidia.



TOBIAS OHLS

Robotar får snabbare reaktionstider när mobilnätet får lägre fördröjning.

5g-ordlistan – från 3GPP till zero touch

5g-världen är full av förkortningar och mer eller mindre obskyra begrepp. Här förklarar vi vad de betyder.

■ **3GPP.** Telekombranschens samarbetsorganisation som ansvarar för vilka krav som ska ingå i en mobilstandard, och hur en standard ska utvecklas och underhållas. 3GPP står för 3rd Generation Partnership Project, ett namn som skvallrar om att organisationen grundades när 3g-standarden togs fram: strax före millennieskiftet.

■ **5G-NR.** Står för 5g New Radio. Det är ny radioteknik som följer 3GPP:s globala 5g-standard.

■ **Backhaul.** Transportnät som länkar radioaccessnätet till corenätet. Fiberlina är vanligt, men även mikrovåg kan användas.

■ **BBU/Basbandsenhet.** Schemalägger bland annat radiotrafik. Beskrivs ofta som hjärnan i radioaccessnätverket. Basbandsenheten kan sitta geografiskt nära en radioenhet eller antenn, eller på en central plats. Det senare innebär att operatören samlar flera basbandsenheter i samma anläggning. Det kan man göra av kostnadsskäl, av prestandaskäl, eller för att man vill fördela resurserna genom att balansera användandet av de olika basbandsenheterna.

■ **Beamforming/beamsteering.** Koncentration av elektromagnetiska vågor i strålar. Kan riktas mot en användare och även styras för att följa användaren. Beamforming används med fördel ihop med massiv mimo.

■ **BSS/Business support systems.** Affärssystem. Den del av corenätet som exempelvis sköter fakturer-

► **CDR/Charging data record.** Information om exempelvis hur länge och var en abonnent använt en betaltjänst av operatören. Hör ihop med affärssystemet/BSS och huserar i corenätet.

■ **Cloud.** Står för moln, molntjänst, molnplattform eller molnarkitektur. 5g kommer till stora delar att byggas på molnarkitektur.

■ **Container.** Begreppet container skulle kunna kallas virtualisering 2.0 (se VM nedan). I stället för att emulera själva datorsystemet så emuleras operativsystemet. Med den typen av design går det att dela upp datorprogram i separata instanser, kallade containrar. Då effektiviseras användningen av tillgänglig hårdvara ytterligare, eftersom en container kan köras på i princip enbart operativsystemkärnan och de resurser som krävs för innehållet i containern.

Den här separationen av kod gör att det som tidigare betraktades som en enda stor klump till programvara (föreställ dig hur smidigt det skulle vara om alla varor på ett fraktfartyg packats i en och samma jättelika container) kan delas upp i mikrotjänster. Det är att bygga program, it-system eller webbapplikationer där varje funktion körs i sin egen instans så att det lätt går att lägga till eller ta bort funktioner, eller uppdatera en funktion utan att den påverkar alla andra. Om en mikrotjänst behöver kommunicera med andra mikrotjänster så upprättas en api-förbindelse mellan containrarna.

En av fördelarna med mikrotjänster är att utvecklingstiden kan kortas ner drastiskt. Dels för att containrar är små till storleken jämfört med virtuella maskiner, och dels för att de går snabbare att starta.

Den här typen av arkitektur är en del av det som kallas "cloud native". Den är byggd för att köras mest effektivt på en eller flera molnplattformar och kan skalas upp (eller ner) efter behov. Det är detta som telekomaktörer som Ericsson talar om när de talar om 5g-kärnnät som "cloud core".

■ **Corenät.** En av tre stora komponenter i ett mobilnät (de andra två är radioaccessnät och transportnät). Består av två delkomponenter: user plane och control plane. Dessa realiserar av hårdvara och programvara som håller reda på var mobiltelefoner finns, samt kopplar trafik mellan mobiltelefoner och internet, molnplattformar eller andra tjänster. Se även user plane och control plane.

■ **CP/Control plane.** Det plan på vilket kontrollsignaler skickas i ett mobilnät. Dirigerar trafiken på användarplanet.

■ **Edge.** Betyder att man distribuerar nätverksfunktioner till "kanten" av nätverket. Kan bli särskilt betydelsefullt för tillämpningar som kräver så låg fördröjning att det geografiska avståndet inte får bli för långt mellan noder i nätverket. Edge är ett begrepp som kan användas på olika sätt. Man kan tala om ett "regionalt edge", eller "hyperlokalt edge". Det senare skulle kunna vara att vissa nätverksfunktioner sker via utrustning som är monterad på exempelvis en robot.

■ **eMBB.** Enhanced mobile broadband, eller förbättrat mobilt bredband. Ska möta kraven på allt fler användare som konsumerar allt mer data. eMBB är specificerat i 3GPP:s 5g-standard.

■ **Fronthaul.** Om basbandsenheterna placerats på dis-

tans från radioenheter och antenner behövs fiberlina mellan dem. Då kallas det fronthaul. Se även backhaul.

■ **Makrocell.** Syns på de torn och master vi brukar förknippa med mobilnät. Kallas makro för att de har stor täckningsradie.

■ **Massiv mimo.** På högre frekvenser är längden på radiovågorna kortare, något som också innebär att antennerna kan göras mindre. Massiv syftar alltså inte på antenner som är massiva till sin storlek, utan på att nätverksbyggare kan montera ett "massivt" antal antenner (det kan röra sig om tiotals, hundratals eller tusentals antenner), utan att nämnvärt behöva öka storleken på radioenheten. Se även Mimo.

■ **Mimo.** Står för multiple input, multiple output. Du kanske i specifikationerna för din mobiltelefon sett att den är utrustad med 4x4-mimo? Det betyder, om man talar om nedlänk, att den har fyra mottagarantennerna som kan kommunicera med en basstation som har fyra sändarantennerna.

Ett sätt att använda tekniken är att Netflix-filmen du streamar över 4g kan sändas i nedlänk som fyra olika signaler på en och samma radiokanal. Det brukar kallas rumsdiversitet eller "spatial diversity" och ger redundans. Väldigt förenklat kan man säga att redundans ger ett överflöd av signaler om en av kanalerna skulle falla. Ett annat sätt att använda tekniken är att fyra användare kan se varsin Netflix-film genom att man skickar olika dataströmmar mellan respektive sändar- och mottagarantenn. (Att säga fyra användare är visserligen en förenkling: antalet användare är inte nödvändigtvis lika med antalet antenner.) I ett sådant här fall används begreppet fleranvändar-mimo, eller "spatial multiplexing" vilket alltså ger ökad kapacitet.

Mimo-tekniken utnyttjar det vågfysikaliska fenomen som kallas flervägsutbredning. Genom att placera antennerna en bit från varandra kommer signalerna från sändarna att – beroende på vilka förutsättningar som råder i omgivningen – ta olika vägar till respektive mottagare.

Oavsett om man väljer redundans eller kapacitet så är det ett effektivt sätt att göra det mesta av det spektrum som står till förfogande.

■ **mMTC.** Massive machine type communications. Ett stort antal uppkopplade enheter med lång räckvidd och låg energiförbrukning. Enligt 3GPP:s standard ska mMTC-enheter till exempel ha en batteritid på minst tio år och säljas till en "ultralåg kostnad". Enligt standarden ska ett mMTC-nätverk kunna hantera upp till en miljon enheter per kvadratkilometer. Det finns redan radioteknik för detta i form av exempelvis NB-IoT (Narrowband internet of things) och LTE-M (kan också skrivas LTE-MTC, som står för long term evolution-machine type communication). 5g anpassas för att införliva dessa tekniker i standarden.

■ **mmWave.** Millimetervågor. Kallas så eftersom mikrovågor på frekvenser mellan 30 och 300 gigahertz har våglängder mellan 10 och 1 millimeter. På millimeterbanden är räckvidden kortare och vågorna blockeras lätt av fysiska objekt. Det gäller inte bara sådant som väggar och tak; även lövverk och till och med regn kan försvaga dem. I gengäld finns mer spektrum att tillgå och därmed, potentiellt sett, mer bandbredd. För att ►

► göra det hela lite förvirrande brukar telekombranschen i 5g-sammanhang tala om millimetervågor på frekvenser mellan 24 och 71 GHz.

■ **Network slice.** En skiva av ett nätverk som kan avsättas för ett särskilt ändamål. Det kan vara en garanterad dataakt, en garanterad kapacitet, en garanterat låg fördröjning, hög säkerhet eller någon kombination av dem. Metoden används i viss mån redan i vissa 4g-nät, men det är först med 5g som metoden standardiseras.

■ **OSS/Operation support system.** Ett i corenätet placerat orkestrerings- och övervakningssystem som ser till att de produkter som ingår i hela mobilnätet fungerar på bästa sätt. Blir med 5g till stor del automatiserat på grund av ökande komplexitet i nätet.

■ **Radioaccessnät/RAN.** En av tre stora komponenter i ett mobilnät (de andra två är transportnät och corenät). Består av basstationer. Basstationer består av antenner, radioenheter och basbandsenheter.

■ **RRU/Radioenhet.** Förstärker signal från basbandet och lägger till en bärfrekvens. Placeras nära antennen på en cell.

■ **SA och NSA.** Stand-alone och non-standalone. Stand-alone (fristående) är så 5g-nätverkens arkitektur kommer att se ut på sikt. Då är både radioteknik och corenätsteknik konstruerade enligt 3GPP:s 5g-standard. Non-standalone (icke-fristående) använder, något förenklat, ny radioteknik som ansluts till ett redan existerande 4g-corenät. Telekombranschen beslöt att detta tillvägagångssätt var det mest lämpliga sättet att möta efterfrågan hos operatören. Hade man valt att bara designa helt fristående 5g-nät hade utrullningen tagit längre tid.

■ **Small cell.** Beroende på täckningsradie kan små celler bland annat kallas mikro-, pico- eller femtoceller. Kan sitta på arenor, i fabriker, på lyktstolpar, i köpcentrum, på kontor eller i privata hem.

■ **Spektrumdelning.** I övergången till nästa generations mobilnät kan spektrum delas dynamiskt mellan 4g och 5g. Låt säga att en operatör exempelvis har ett frekvensutrymme på 20 megahertz på mellanbandet (1 GHz–6 GHz). Då kan operatören utan spektrumdelning tvingas dela utrymmet på hälften för att ge plats åt både 4g och 5g, något som ger flera nackdelar.

För det första måste då trafiken från existerande 4g-kunder köras på hälften av dess tidigare utrymme. Och på den andra halvan finns det alldeles för mycket outnyttjad plats för att släppa på en än så länge blygsam skara 5g-användare.

Men med spektrumdelning, en teknik som utvecklats av Ericsson och som numera ingår i samarbetsorganisationen 3GPP:s 5g-standard, allokeras utrymme dynamiskt efter behov, något som sker på mindre än en millisekund. Tekniken sägs ”minimera spektrumspill”.

Det är av betydelse, eftersom 5g till en början kan lanseras på frekvenser som i dag är reserverade för 4g.

■ **UDM/User data management.** Hantering av användardata i ett corenät. Kontrollerar exempelvis var abonnenten befinner sig. Hör ihop med både kontrollplan/control plane och orkestrering/OSS.

■ **URLLC.** Ultra reliable low latency communications. Kommunikation med extremt låg fördröjning som i princip alltid fungerar. Specifierat i 3GPP:s 5g-standard och kan av säkerhetsskäl krävas i till exempel industriautomation.

■ **UP/User plane.** Det plan på vilket användartrafiken passerar genom mobilnätet. Dirigeras av signaleringen på kontrollplanet.

■ **VM.** Virtual machines. Med virtuella maskiner menas att man med programvara emulerar ett datorsystem, oavsett vilken hårdvara som programvaran körs på. Ofta används den sortens x86-processorer man kan hitta i vanliga hemdatorer. Under 4g-eran har stora delar av corenäten virtualiserats. Se även container.

■ **Zero touch.** Kan översättas till ”utan beröring”. Med 5g blir orkestrering (se OSS) av mobilnätet så mångfaceterad och komplicerad att det krävs automation för att göra nätet så snabbt och effektivt som möjligt. Planen är att artificiell intelligens ska upptäcka och åtgärda fel på egen hand, utan mänsklig inblandning. I det fallet talar telekombranschen om ”zero touch”.

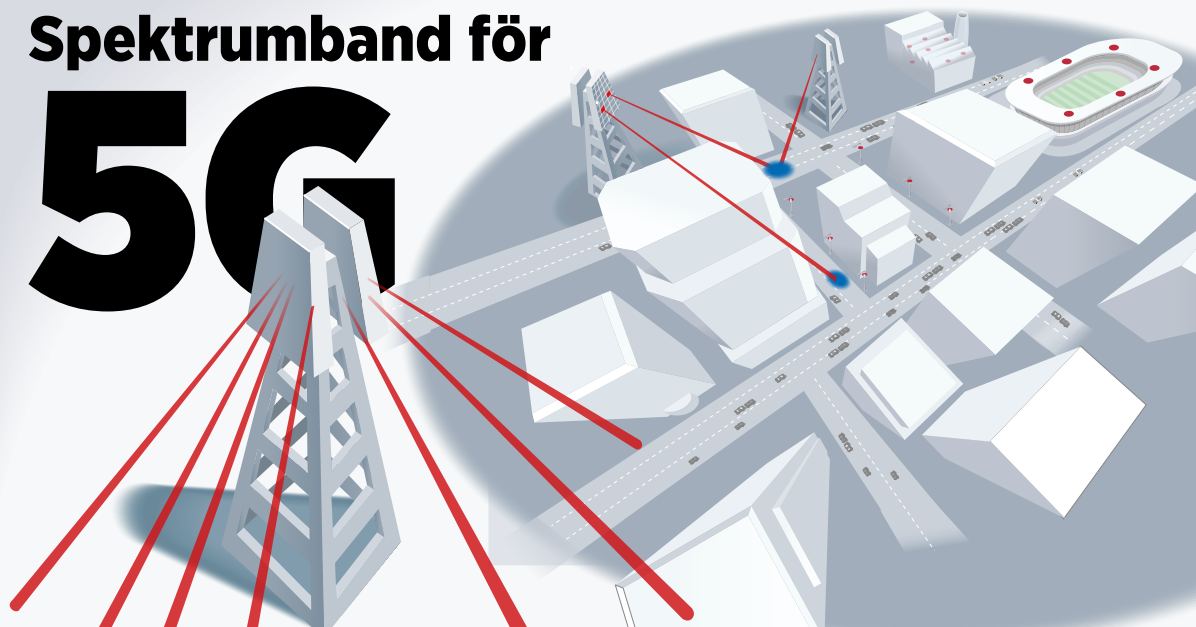
PETER OTTSJÖ, 08-796 64 52
peter.ottsjö@nyteknik.se



5g-radio från Ericsson på ett hustak i Stockholm.

ERICSSON

Spektrumband för 5G



Lågband 600–900 MHz

Fördelar:
Större täckningsyta, bra inomhuspenetration. Energieffektivt.

Nackdelar:
Låg kapacitet (bandbredd), ingen markant skillnad jämfört med 4g.

Användningsområden:
Massiv maskintypskommunikation. Kan täcka större områden, inklusive glesbygd. Internet of things-tjänster för bland annat smarta städer, uppkopplade industrier och spårning av gods.

Mellanband 1 GHz–6 GHz

Fördelar:
Högre kapacitet (bandbredd), lägre fördröjning.

Nackdelar:
Mindre täckningsyta.

Användningsområden:
Förbättrat mobilt bredband. Fast trådlös tillgång (oftare kallat fixed wireless access), ökad kapacitet i överbelastade nät, mobil streaming av video i ultrahög upplösning, streaming av spel och virtual reality-applikationer.

Millimeterband 24–40 GHz

Fördelar:
Extremt låg fördröjning, **extremt hög kapacitet** (bandbredd).

Nackdelar: Liten täckningsyta. Känsligt för brus.

Användningsområden:
Kritisk maskintypskommunikation. Fjärrstyrning av industrifordon och fordon-till-X-kommunikation. Möjliggör tillverkning och kirurgi på distans. Autonom övervakning av industriprocesser. Fast trådlös tillgång (oftare kallat fixed wireless access).

