

Bioreaktivitet og 5G – hvad ved vi og hvad forventer vi?

Kim Horsevad

Horsevad Independent Technical Research & Analysis

kim@horsevad.dk | www.horsevad.net

Meget høje hastigheder og mange forbundne enheder

5G er betegnelsen for 5 generations mobilnet.

1. generation var det nordiske mobilnet, NMT
2. generation var GSM, Global System for Mobile Communications
3. generation var UMTS, Universal Mobile Telecommunications System
4. generation var LTE, 3rd Generation Partnership Project Long Term Evolution

Fokus i udviklingen af 5G har været enorm transmissionshastighed og mulighed for tilkobling af uhørt højt antal enheder, idet man forbereder Tingenes Internet (IOT)

Konsekvenser for bioreaktivitet i forhold til øget eksponering

Stærkt forøget enhedsmængde og stærkt forøget antennemængde vil give en særdeles forhøjet kummuleret eksponering.

Der findes pt ingen undersøgelser eller beregningsmodeller for udforskning eller vurdering af virkning af kummuleret eksponering på hverken planter, dyr eller mennesker. 5G kan således med rette betegnes som et fuldpopulationseksperiment, uden kontrolgruppe, uden informeret samtykke og uden mulighed for ikke-deltagelse.

Energieffektivitet og spektral effektivitet

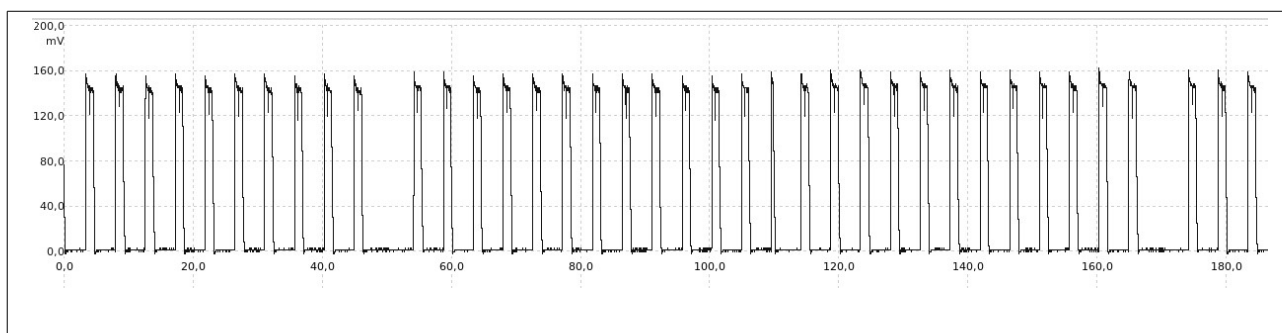
Strømforbrug og adgang til frekvensområder er de begrænsende faktorer i moderne udvikling af bærbart kommunikationsteknologi.

Rent teknisk er skærmen og radiosenderen (eller måske rettere forstærkeren dertil) de værste strømslugere i telefonen. De enkelte producenter kan eksperimentere med forskellige skærmtyper for at forsøge at udvikle strømbesparende modeller (som distancerer dem fra konkurrenterne), men forstærkerdelen er straks sværere at konkurrere på, idet den skal overholde nogle meget detaljerede specifikationer for at telefonerne fungerer.

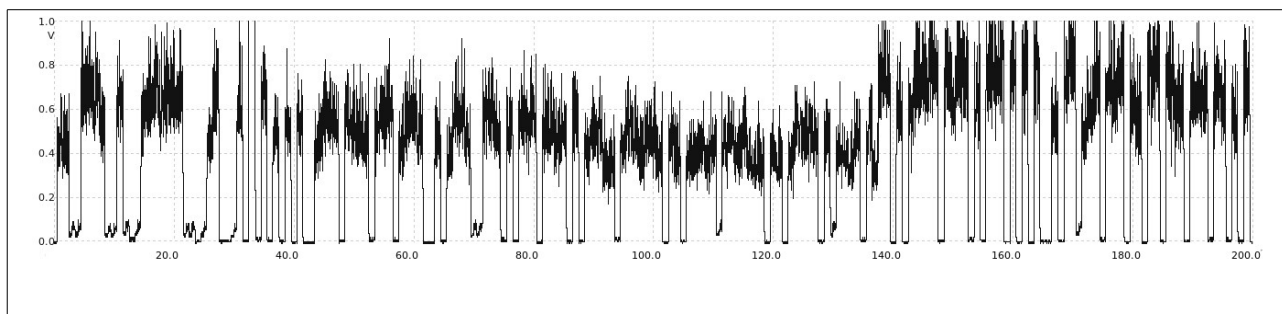
I forbindelse med udvikling af 5G har man derfor haft stor fokus på at udvikle transmissionsteknologier (og tilhørende modulationsstrukturer), som nedsætter den tid, forstærkeren skal køre med fuld kraft.

Rent teknisk kan dette måles i et begreb der kaldes PAPR, nemlig Peak-to-Average Power Ratio. Hvis man har et højt PAPR, har man samtidigt en høj spektraleffektivitet, men samtidigt kører forstærkeren for fuld kraft i flere perioder. Dette gør sig eksempelvis gældende med LTE-modulationen, som er meget tæt på optimal spektraleffektivitet; men samtidigt bevirker modulationen, at forstærkeren skal køre lineært i længere perioder med deraf følgende øget strømforbrug

Med et lavere PAPR (som eksempelvis ved GSM) kører forstærkeren ikke fuld kraft i samme grad, til gengæld er spektraleffektiviteten betydeligt værre, hvorved man skal bruge en større båndbredde for en given transmission.



Demoduleret signalstrukturplot for en GSM-forbindelse. GSM-modulationen giver anledning til mindre spektraleffektivitet, men højere energieffektivitet. Rent teknisk består modulationsstrukturen af TDMA overlejret FDMA. Disse pulseringsformer giver to distinkte ELF (Extremely Low Frequency) -komponenter i GSM-signalet, nemlig en på 8,33Hz, idet hvert 26. signalpuls udelades og en på 217Hz, idet telefonen sender hvert 4,6ms med varighed af 0,57ms.



Demoduleret signalstrukturplot for en 4G (LTE) dataforbindelse. LTE-modulationen giver særdeles høj spektraleffektivitet, men betydeligt lavere energieffektivitet. Modulationsstrukturen er i uplink baseret på DFTS-OFDMA (discrete Fourier transform spread orthogonal frequency division multiple access), hvorved der dannes et SC-FDMA (single carrier frequency division multiple access) signal, hvilket giver en væsentlig forskel mellem RMS og peak-værdier. Downlink: OFDMA (orthogonal frequency division multiple access). Begge link-systemer er MIMO - multiple in, multiple out.

Konsekvenser for bioreaktivitet

I forhold til bioreaktivitet vil mindsket PAPR forventligt bevirke en vis reduktion i tydeligheden af de ved pulsmodulation indlejrede ELF-subkomponenter i signalet; men

samtidigt vil den stærkt øgede båndbredde (op til 20GHz) bevirke en stokastisk øget sandsynlighed for bioreaktive ELF komponenter dannet af pulsmodulationen.

Antenner

Hittidige mobilsystemer har været baseret på en relativ bred spredning af radiobølgerne. Den enkelte mobilmast sender (via et array af antenner) samme signal hele horisonten rundt.

5G ændrer denne situation totalt. Antennekonstruktionen til 5G forventes at være såkaldt "phased array", hvor man via mange små antenner kan fokusere det elektromagnetiske felt fra at være et rundspredt felt til en stærkt fokuseret stråle. Denne udvikling giver betydelige tekniske fordele, idet man kan koncentrere en meget høj energimængde på et lille område, hvorved man opnår et højt forhold mellem signal og støj – hvilket netop er forudsætningen for at kunne køre en radiotransmission med høj hastighed.

Den høje grad af fokuserethed betyder således, at man med et relativt lille energiforbrug (sendemasten vil forventeligt kun sende med i omegnen af 100W RMS) kan opnå særdeles høje signalværdier i området omkring sendemasten.

Konsekvenser for bioreaktivitet i forhold til phased array antenner

Antennestørrelsen vil dale kraftigt i takt med indførelsen af højere og højere frekvensområder. Det betyder at antennesystemer vil fylde mindre og mindre – i en grad så det er (i hvert fald fysisk) realistisk at montere 5G antenner på enhver lysmast ved vejene i byerne.

Herudover er der et andet begreb, som er meget væsentligt at forstå, nemlig EIRP.

EIRP står for Equivalent Isotropic Radiated Power, og er et mål for, hvor høj effekt en rundstrålende antenne skal have hvis den, i samme afstand, skal bevirke en tilsvarende effekttæthed, som den retningsvirkende antenne, man beregner ud fra.

Ideen er, at man via forholdsvis begrænset sendeeffekt og meget høj fokuserethed af mikrobølgestrålen, kan opnå meget kraftige signaler i strålens retning.

Ved 48GHz, som også er allokeret til 5G herhjemme, er bølgelængden ca 6mm. Hvis vi antager, at hver antenne er en bølgelængde på hvert led (rimelig realistisk antagelse) vil et antennearray med 1000 enkelte antenner have en fysisk formfaktor på 20 x 20 cm.

Reguleringsmyndigheden i USA, FCC, tillader en samlet energiudsendelse på 30KW pr 100 MHz frekvensbredde. I USA forventes enkelte telekommunikationsfirmaer at kunne købe op til 3GHz sammenlagt frekvensspektrum, hvilket, såfremt alt udnyttes maksimalt, vil sige, at hver sendemast kan sende med en EIRP på 900KW.

Så vidt vides, vil muligheden for at købe sammenhængende frekvensspektrum være endnu højere i DK.

Den enkelte telefon vil kunne opnå EIRP--værdier i nærheden af 20W. Konstruktionen af telefonen forsøger at tage hensyn til denne sendeeffekt, i forhold til installation af reflekterende metalplader for at beskytte brugeren; men beregningerne tager ikke hensyn til, hvad der sker, når telefonen opbevares i en lomme - eller uskyldige øvrige personer udsættes for passiv mikrobølgeeksponering.

Fokuserede mikrobølgestråler af omtalte type har hidtil kun været anvendt i radarsystemer. Med den mængde dokumenterede helbredsproblemer, der findes for radaroperatører (både nationalt og internationalt), forekommer det bekymrende, at hverken miljøorganisationer eller befolkningen som helhed tilsyneladende bevilger nutidens uden sammenligning største miljøproblem, nogen form for fokus.

Carrier Aggregation

I bestræbelserne på at opnå højere og højere hastigheder har man udviklet muligheden for, at telefonen kan hente data fra flere forskellige kilder på flere forskellige frekvenser samtidigt. Dette benævnes Carrier Aggregation.

I skrivende stund er, så vidt jeg er orienteret, specifikationerne orienteret mod at tillade hver enhed maksimalt 1GHz sammenlagt frekvensspektrum via Carrier Aggregation. (Selvfølgelig kan alle enheder ikke opnå sådanne forbindelser samtidigt – det har vi ganske simpelt ikke frekvensspektrum til).

Rent praktisk betyder det, at telefonen samtidigt vil kunne hente data på tværs af teknologier og frekvenser.

Konsekvenser for bioreaktivitet i forhold til carrier aggregation

Jeg er ikke bekendt med, at der på noget tidspunkt har været forskningsmæssig kortlægning af virkninger på levende organismer ved eksponering for mange samtidige fokuserede mikrobølgestråler med (i visse tilfælde) hver sin modulationsstruktur.

Idet modulationsstrukturen er afhængig af datamængden, og idet carrier aggregation tildeles dynamisk på baggrund af datamængden, vil det ikke være muligt at foretage specifikke modelanalyser.

Den projekterede sammensætning af modulationstyper, effekttætheder, polarisering og fokuserethed har ikke på noget tidspunkt været underkastet forskningsmæssig analyse. Med ordene fra Clint Eastwood er det mest essentielle spørgsmål at stille til en person, der vælger at benytte en 5G-telefon således: "Do you feel lucky?"...

Millimeter-frekvenser

For at kunne opnå høje hastigheder, kombineret med lavt strømforbrug i forstærkeren, kræves båndbredde.

Men hovedparten af båndbredden i området under 6GHz er allerede benyttet til andre formål.

Løsningen har derfor været at udvikle enheder, der kan anvende den høje del af mikrobølgespektrummet. Det kaldes ofte for mm-bølger, idet mikrobølgerne i det område har så høj frekvens at bølgelængden kun er få mm.

Millimeter-bølgerne opfører sig mere og mere som lys i takt med, at frekvenserne bliver højere. Dvs, at rækkevidden for den enkelte sendemast bliver begrænset til direkte synsvidde. Samtidigt kan vejrmæssige forhold bevirke en betydelig dæmpning af signalet. Løsningen på disse problemer har været at udvikle modulationstyper med en særdeles god gennemtrængningsevne og fejltolerance.

Konsekvenser for bioreaktivitet i forhold til frekvensanvendelse

Når tidsvarierende elektromagnetisk felt rammer en stofmasse, vil feltet bevirke en kontinuerlig spatial reorientering af ladede partikler/atomer i stofmassen. Bevægelse af ladede partikler skaber herved en strøm – og energien fra det indgående elektromagnetiske felt absorberes langsomt og konverteres til varmeenergi. I biologiske systemer kan der dog ske betydeligt mere vidtrækkende skadevirkninger, når ionstrømme, som organismen benytter til kontrol af cellulære funktioner, lige pludseligt styres af et eksogent felt.

Normalt kan man beregne indtrængningsdybden for et elektromagnetisk signal i et givent stof via en simpel formel, hvor man beregner den såkaldte "skin depth".

Formlen er relativt simpel, nemlig

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \cdot f \cdot \mu_r \cdot \mu_0}}$$

Hvor δ er "skin depth" målt i meter, ρ er resistiviteten målt i $\Omega \cdot m$, f er frekvensen målt i Hz, μ_r er den relative permeabilitet målt i H/m og μ_0 er det frie rums permeabilitet, $4\pi \times 10^{-7}$ H/m.

Udregningen giver et ret skræmmende billede af, hvorledes energien fra de fokuserede mikrobølgestråler vil blive absorberet i de øverste lag af huden (og øjnene) med deraf følgende skademuligheder.

Hvis man regner lidt videre sker der imidlertid andre interessante ting, hvor de højfrekvente mm-bølger adskiller sig drastisk fra de hidtil anvendte frekvensområder, idet stærkt højfrekvente mikrobølgestråler med hurtig ændring i enten fase eller effekttæthed vil have en mulighed for at igangsætte en partikelbevægelse af en art, der selvstændigt kan virkesom en genudsendende antenne for den indtrængende mikrobølgestråle.

Der er, mig bekendt, pt ikke publiceret tilstrækkeligt datamateriale vedr endelige modulationsstrukturer til, at man kan gennemføre en egentlig beregning af denne reaktion; men i det omfang, den vil finde sted, vil man forvente omfattende bioreaktivitet.

Hvis man vil læse mere om ovenævnte reaktion, hvor det udefrakommende felt igangsætter en bevægelse i ladede partikler, som derved genudsender en del af det udefrakommende felts, energi er søgeordet "Brillouin precursors".

MicrowaveNews har en glimrende artikel om fænomenet. Den kan hentes på:
<https://microwavenews.com/news/backissues/m-a02issue.pdf>

Hvis man ønsker lidt mere detaljeret (nørdet, forskningsmæssig) behandling af emnet kan følgende artikel anbefales: *Alejos, Ana & Aguirre, Erik & Dawood, Muhammad & Falcone, Francisco. (2014). Review of specific absorption definition considering the evolution of the Brillouin precursors. IEEE Antennas and Propagation Society, AP-S International Symposium (Digest). 1200-1201. 10.1109/APS.2014.6904927.*

Forskningsmæssig undersøgelse af helbredsrisici ved anvendelse af mikrobølgestråler egnede til at fremkalde "Brillouin precursors" i biologisk væv er kun i sin absolutte begyndelse - og udelukkende baseret på SAR-konceptet. Læs evt *Wang, Qiong & Wang, Jianqing. (2008). SA/SAR analysis for multiple UWB pulse exposure. 212 - 215. 10.1109/APEMC.2008.4559849* for en rimeligt opdateret forskningsmæssig behandling af emnet.

Ved udrulning af utestet 5G teknologi tvinges hele befolkningen med i et eksperiment uden historisk sidestykke.

Afsluttende kommentar

5G, og den øvrige mikrobølgestråling, den generelle befolkning udsættes for, er uden sammenligning det værste miljøproblem og den største trussel mod menneskehedens helbred og overlevelse, vi står overfor – og muligvis den mest omfattende trussel menneskeheden nogensiden har stået overfor (måske med undtagelse af Toba-katastrofen).

Problemet ville være enklere, hvis det blot havde drejet sig om ”onde” mennesker, som scorede profit på at forurene omgivelserne. Jeg tror ikke sagen drejer sig om ondskab; men nærmere om en så høj grad af specialisering, at de enkelte faggrupper ikke forstår hinanden, hvilket giver mulighed for, at veltalende lobbyister præger det statslige reguleringsarbejde i afgørende grad. Bemærk i denne sammenhæng, at selv i et land med så (påstået) høj demokratisering som Danmark, bliver grænseværdierne for mikrobølgeeksponering lovgivet på baggrund af indstilling fra industriens eksperter. Der findes ingen selvstændig forskning. Det er forklaringen på dagens problemstilling, hvor der findes en afgrundsdyb kløft mellem det nuværende vidensgrundlag og den statslige regulering på området.

For at forstå feltet og baggrunden for min meget bekymrede indstilling, skal man have en grundlæggende høj forståelse af både elektrodynamik, rf-teknik, molekylærbiologi og generel fysik.

Menneskeheden afværgede altødelæggende konsekvenser ved tidligere miljøproblemer – som eksempelvis ozonlaget, som nu er i bedring. Jeg frygter at konsekvenserne denne gang bliver uoverskuelige.