

Interferens

Interferens er et alvorligt problem for short range enheder, men der er muligheder for at teste resistensen over for interferensen. I denne artikel beskrives nogle af de konsekvenser og scenarier, der er gældende for short range produkter, hvad DELTA kan tilbyde af test, og hvordan problemet kan blive mindsket.

Problemet med interferens og short range systemer

I typiske trådløse systemer såsom Tv, radio, mobiltelefoner og satellitkommunikation er der strenge regulatoriske krav til, hvem der må sende, og hvilke frekvenser man må sende på. Dette er den mest effektive måde at begrænse interferens på, idet man derved kan styre, hvem der sender hvornår og undgå at flere sender samtidigt på den samme frekvens. På den måde er det stort set kun baggrundsstøj fra kosmisk stråling og termisk støj fra komponenterne, der bestemmer, hvor langt vi kan række - altså hvor langt vi kan sende og stadig detektere signalet i forhold til støjen.

I de fleste short range systemer opererer man i de såkaldte ISM (Industrial, Scientific and Medical) bånd. Disse bånd er licensfrie, og derfor kan alle, der overholder de regulatoriske krav sende i disse bånd. Det kan være trådløse telefoner, dørklokker, keyboards, WiFi netværk, musik- og videosystemer. Alle disse prøver at sende noget samtidigt og kan derfor forstyrre hinanden. Dette scenarie bliver typisk kaldt "cocktail party problemet", fordi det kan sammenlignes med en fest, hvor alle prøver at snakke med hinanden samtidigt. Her ved vi alle, hvor svært det kan være at føre en samtale, hvor flere forskellige stemmer med forskellige budskaber bliver blandet med hinanden.

Målet er derfor, at vi ønsker at finde afstanden til det interfererende system ($d_{\text{interferer}}$) ved en given afstand (d) mellem vores sender- og modtagersystem, se Fig. 1. Hos DELTA kan vi tilbyde et testscenarie, der kan afdække dette.

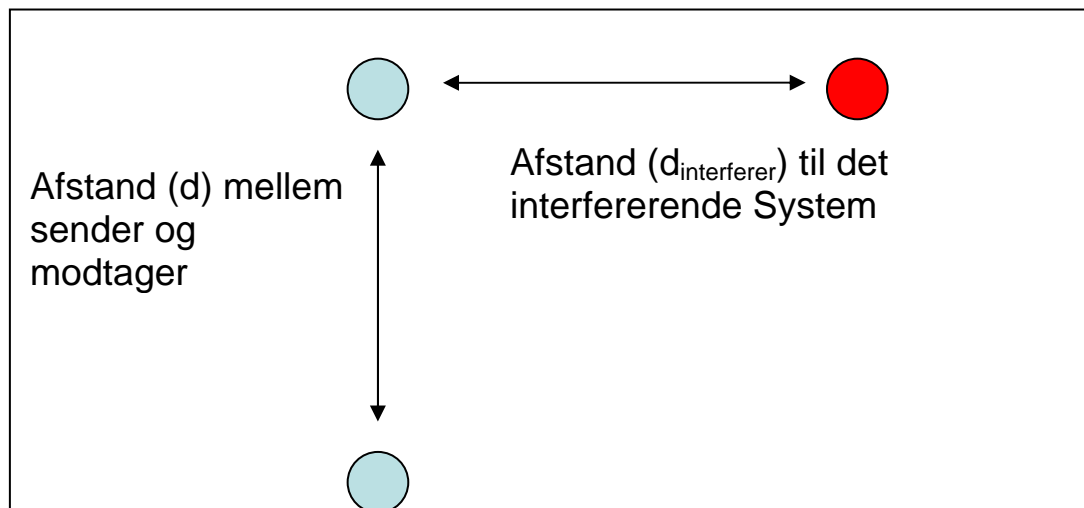


Fig. 1. Scenariet med to enheder der skal kommunikere med hinanden og en interfererende enhed, der forstyrrer denne kommunikation.

Hvad er så forskellen på disse to problemstillinger? I tilfældet med den termiske støj er denne konstant i amplitude og er "hvid", det vil sige har samme amplitude ved alle frekvenser. I tilfældet med interferens er støjen ikke længere konstant i amplitude, da der er variationer i dæmpningen mellem interferenskilden og modtageren. Dette kan fx opstå, hvis der er en person, som går mellem de to enheder. Ydermere vil langt de færreste systemer sende hele tiden. Oftest vil disse have en bestemt "duty cycle", som er et mål for, hvor ofte et apparat sender i forhold til, hvor ofte det ikke sender. Den anden forskel er, at der ikke længere er tale om hvid støj, fordi det interfererende system selvfølgelig ikke kan sende med lige stor styrke på alle frekvenser. Det er meget vigtigt at forstå, at denne forskel i støjens frekvensfordeling også påvirker de

forskellige systemer forskelligt. Dette skyldes, at teknologierne ofte er udviklet til de klassiske trådløse systemer, hvor den vigtigste støj er den hvide termiske støj. Ved termisk støj bliver de forskellige systemer også påvirket forskelligt, men dette er der teoretiske beregninger på. For interferensen er dette yderst sjældent udregnet, og derfor må vi tage mere praktiske metoder som eksperimenter eller simuleringer i brug.

Hvor udbredte er interferenskilderne?

Når vi skal lave en undersøgelse, vil vi selvfølgelig gerne vide noget om, hvorvidt det er besværet værd. Her må vi lave en risikovurdering. Fx er trådløse dørklokker en teknologi, der har eksisteret i meget lang tid og er ganske udbredt, men til gengæld er trådløse dørklokker meget sjældent i brug og kan derfor betragtes som en mindre væsentlig interferenskilde. På den anden side har vi audio/video distributionssystemerne, der sender lyd og billeder rundt i hjemmet. Disse er meget datatunge og sender ofte. Til gengæld er de ikke særlig udbredte. De vil dog ganske givet blive en stor interferenskilde i fremtiden. Derfor har vi på DELTA valgt at fokusere på tre teknologier: WiFi, ZigBee og Bluetooth. Alle tre teknologier er rimelig udbredte og har mulighed for høj duty cycle. Fx estimeres det (ud fra 4.226 fundne netværk), at der i dag er ca. 25.000 WiFi hotspots i København¹. Derfor må de betragtes som værende tilstede i stort antal i større byer, og derfor er det så vigtigt at undersøge resistensen over for disse. Se eksempel på dette i Fig. 2.

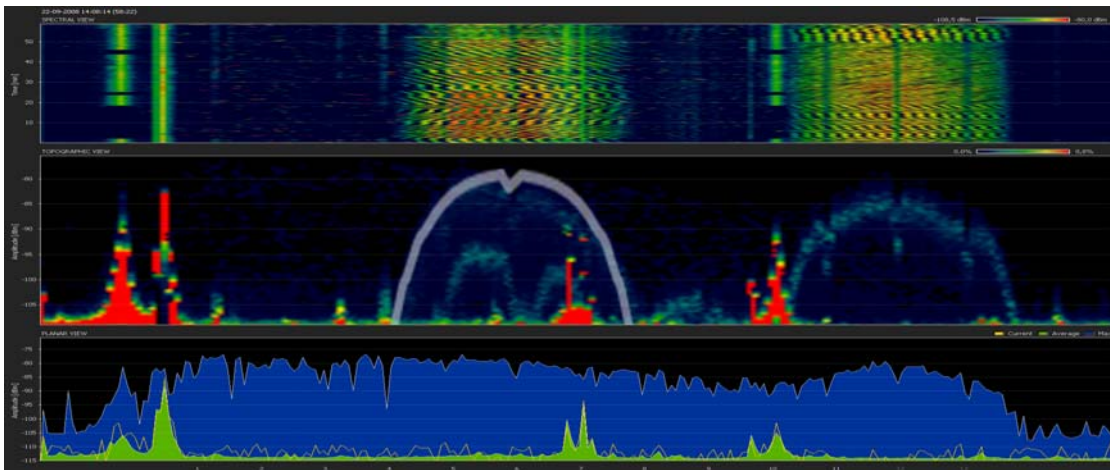


Fig. 2. Her ses to WiFi systemer i 2,4 GHz båndet. Disse kommunikerer på to forskellige kanaler og har derfor ingen indbyrdes interferens. Det fremgår imidlertid, at det markerede WiFi system midt i båndet er forstyrret af flere systemer, som dog har lavere amplitude.

Undersøgelser af interferenskilders karakteristik

Når vi skal karakterisere en interferenskilde, er der flere parameter, vi bliver nødt til at karakterisere. Dette kan gøres ud fra målinger og/eller nærlæsning af standarder for de respektive teknologier.

Det første er duty cycle, hvor vi karakteriserer, hvor ofte der bliver sendt fra det interfererende system. Dette er sjældent en statisk størrelse, da det afhænger af belastningen af systemet. For WiFi har vi fx lavet nogle typiske use cases, som bl.a. inkluderer streaming af audio, video og overførsel af data.

Det andet er den spektrale densitet af systemet. Denne beskriver, hvordan effekten som funktion af frekvensen ser ud. Det vil sige en avanceret måde at betragte båndbredden på. Dette er især vigtigt, hvis det interfererende system ikke har præcis den samme bærebølgefrequens, som det system vi tester.

¹ <http://www.computerworld.dk/art/27373>

Den tredje parameter er sendestyrke. Denne kan både være teknologibegrænset, men også begrænset af de regulatoriske krav, som varierer for de forskellige frekvensbånd, men også hvilket land vi befinder os i. Dette er især vigtigt, hvis vi gerne vil kunne estimere en minimumsafstand for, at systemet, vi tester, kan operere i henhold til specifikationen.

Test af resistens over for interferens

Som tidligere beskrevet er det ganske besværligt at lave en teoretisk beregning på fejlraten som funktion af styrken af det interfererende signal. Derfor har vi i stedet valgt at lave et test setup, hvor vi kan lave repeterbare målinger af interferensens indflydelse. Da der som tidligere beskrevet er stor variation af dæmpningen i en trådløs kanal, er det første vi skal gøre at undersøge, hvad vi kan forvente af dæmpning mellem to enheder. Dette afhænger af, om man er udendørs på en åben plads, i en tomt kontormiljø eller i et villahus med små rum og er derfor noget, som afhænger af produktets type. Derved kan vi lave et estimat af, hvor stor en afstand en givet dæmpning svarer til.

Ved at benytte kabler, attenuatorer og en signalgenerator kan vi kontrollere denne dæmpning, så vi efterligner en bestemt teknologi på givet afstand. Hele opstillingen kan ses på Fig. 3, hvor signalgeneratoren efterligner det signal, som interfererer med vores kommunikation. Her regulerer stepattenuatoren afstanden mellem de to enheder, vi tester, og signalstyrken på generatoren regulerer afstanden til interferenskilden. Det vil sige, at hvis kunden ønsker at garantere en rækkevidde på 10 meter i et indendørs miljø, kan vi finde den minimumsafstand til fx et WiFi hotspot, uden for hvilken systemet vil fungere.

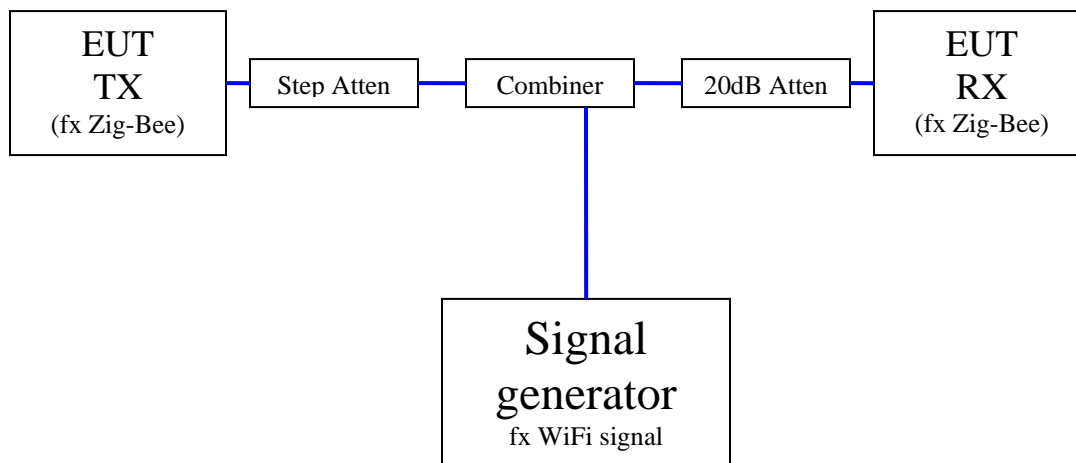


Fig. 3. Testopstillingen i DELTA's interferenstest.

I mere avancerede produkter, hvor man kan indstille sendefrekvensen, kan installatøren undersøge de frekvenser, der bliver benyttet af andre systemer og indstille sendefrekvensen til en anden end de allerede benyttede (eller i det mindste den frekvens med mindst interferens). Nogle teknologier er dog mere følsomme over for denne interferens end andre. Her er det vigtigt at kunne definere denne minimumsafstand i frekvens, for at installatøren har noget at rette sig efter. Ved at variere frekvensen af testsystemet kan vi finde, hvilken fysisk afstand der skal være til interferenskilden. Derved kan der laves en kurve, som installatøren, der skal opsætte systemet, kan bruge som retningslinje. En sådan graf kan ses på Fig. 4, hvor C/I står for carrier over interferer, altså hvor stor signalstyrke der skal være hos receiveren for at opnå en given fejlrate. Fx kan vi have et 802.11g WiFi netværk på 2441 MHz og lave en graf, der fortæller den krævede signalstyrke som funktion af kommunikationens centerfrekvens.

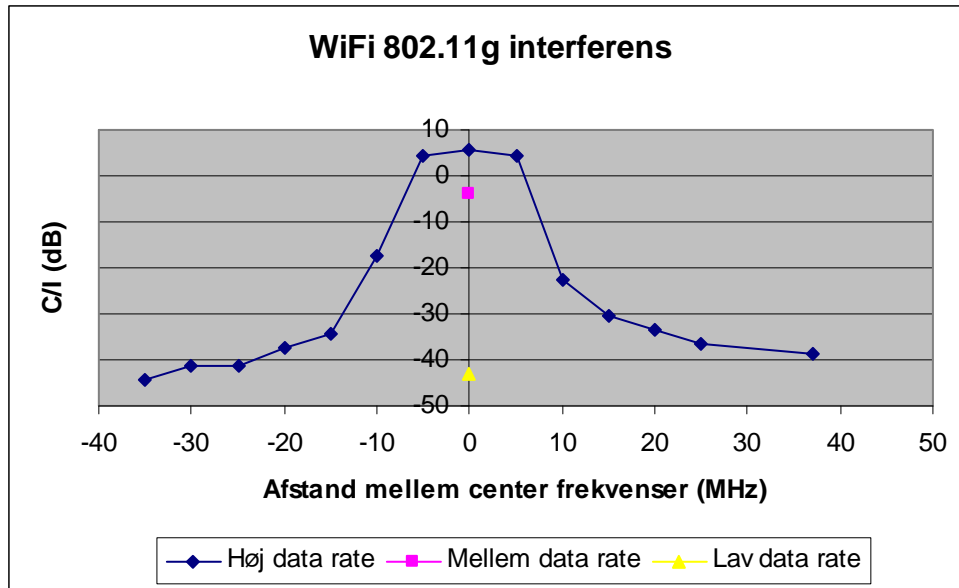


Fig. 4. Et eksempel på hvordan det krævede C/I niveau er i forhold til afstanden til et 802.11g netværk. De tre datarater er for forskellig aktivitet på det interfererende WiFi. Læg især mærke til, at der er ca. 9 dB forskel, når aktiviteten går fra høj til mellem. Hvorvidt man kan acceptere, at kommunikationen fejler, når dette indtræffer afhænger selvfølgelig af, hvor ofte det indtræffer.

Derved kan installatøren se, at der skal være en afstand på minimum 7 MHz mellem centerfrekvenserne på de to systemer, for at den nye kommunikation skal fungere. Dette er vel at mærke, hvis vi er sikre på, at det interfererende signal maksimalt er 3 dB stærkere end vores ønskede signal.

Hvis de to systemer ligger med samme frekvens har vi $C/I \geq 5 \text{ dB} \Leftrightarrow C_{\text{dBm}} \geq 5 \text{ dB} + I_{\text{dBm}}$. Det vil sige, at nyttesignalet skal være 5 dB større end det forstyrrende signal ± 7 MHz om centerfrekvensen. Omregnet til afstand mellem sender og modtager på 10 meter ($d = 10 \text{ m}$) skal det forstyrrende signal være mindst 14 meter væk (dinterfer = 14 m), når vi benytter strækningsdæmpningsformlen med $N = 3.3$.

Hvad gør vi, hvis systemet fejler i testen?

Hvis et apparat fejler under uacceptable forhold, kan der gøres en del for at rette op på disse fejl. Hvad der skal gøres afhænger dog af, under hvilke forhold fejlen opstod. Nogle systemer klarer sig dog dårligt i alle test. I disse tilfælde kan der være tale om et generelt dårligt indgangstrin på modtageren, hvor ydelsen af systemet generelt er dårligere end forventet i alle test cases. Her kan man se på at forbedre indgangen med en lavstøjsforstærker (LNA) med stor linearitet og automatisk gain kontrol (AGC) eller at benytte flere antenner for at modvirke multi path effekterne.

Hvis der findes problemer, når interferenskildens duty cycle er lav, men sendestyrken er høj, kan det tyde på, at der er en fejl i den del af softwaren, som håndterer retransmissioner - altså hvor softwaren checker, om beskeden er kommet korrekt igennem. Hvis dette ikke er tilfældet, gensender samme besked efter bestemte regler. Det kan også være, at man bør revurdere, om man sender for meget ikke kritisk information, som kan fjernes fra beskederne og derved forkorte transmissionstiden, hvilket giver mindre risiko for kollision. Visse systemer har også automatisk gain kontrol, som kan reagere for langsomt og derfor sætter høj attenuation, når det interfererende signal modtages, men ikke sætter denne attenuation ned igen, så snart det interfererende signal slukkes. Derved bliver det ønskede signal attenueret kraftigt og derfor ikke modtaget korrekt.

Et andet tilfælde er, hvis systemet kun er dårligere end forventet, når systemet bliver forstyrret af kommunikation, der ligger tæt på, men ikke ved samme frekvens som det system, vi tester. I dette tilfælde kan problemet måske afhjælpes med et filter på indgangen, så man bortfiltrerer det interfererende signal.

Konklusion

Alt i alt er interferens noget, som vi ikke kan komme udenom. Næsten alle steder er der i dag interferens i ISM-båndene, som vi benytter til short range systemer. Samtidigt kan det være svært at finde analytiske udtryk, som giver et estimat af, hvor meget et system bliver påvirket af denne interferens. En test kan derfor benyttes til at klarlægge eventuelle forbedringer eller fejl, hvor systemet udsættes for interferensmønstre, der ligner dem, som et system vil blive udsat for, når det kommer ud i den virkelige verden.