

Trådløs kommunikation til høreapparatet

Gennemgang af teknologier, historie samt fordele og ulemper

2006

DELTA

Dansk Elektronik,
Lys & Akustik

Teknisk-Audiologisk
Laboratorium
Bygning 3, 3.sal
Sdr. Boulevard 29
5000 Odense C
Danmark

Tlf. (+45) 66 14 14 50
Fax (+45) 65 91 33 75
www.delta.dk
CVR nr. 12275110



Indhold

Indhold	2
Forord	3
Indledning	4
Teleslynge	5
Teleslyngeteknik	5
Teleslyngens udbredelse i Danmark	7
Ulemper ved teleslyngen	7
Opsætning og krav til Teleslynge-anlæg	8
Opsummering	11
FM-radio	11
FM løsninger til høreapparater	12
FM-radioteknik	13
Ulemper ved FM-radio	16
Opsummering	17
IR systemer	17
IR teknik	17
Ulemper ved IR	18
Opsummering	18
Digitale trådløse protokoller	18
Bluetooth	19
Teknikken bag Bluetooth.....	20
Opsummering	22

Forord

Denne rapport er tænkt som erstatning for udgivelsen ”Fremtidens Teleslynge”, som blev udgivet nogle år tilbage i et samarbejde mellem Videncenteret for Døvblevne, Døve og Hørehæmmede og DELTA.

Udvikling og innovation indenfor de trådløse teknologier er løbet fra ”Fremtidens Teleslynge”, og vi har derfor i denne rapport fokuseret mere på en principbeskrivelse af de relevante teknologier, frem for spådomme om de produkter som i fremtiden vil blive kommercielt tilgængelige.

Vi vil gerne takke for de kommentarer som er fremkommet i forbindelse med udkastet til denne rapport. Vi håber alle graverende fejl er rettet med denne udgave

Vi håber, at en dybere forståelse af teknologierne vil give bedre forståelse af de muligheder og begrænsninger, der må være i nuværende og fremtidigt trådløst kommunikationsudstyr til høreapparater.

Odense, 19. april 2006

DELTA

Lars T. Thomsen og Carsten Daugaard

Indledning

Vi lever i en tidsalder med utroligt fokus på information og kommunikation. Både visuelt og akustisk bombarderes vi med informationer hovedparten af vores vågne liv. Kommunikationsudstyr bliver stadig mere mobilt, så man når som helst kan kontakte sine medmennesker eller få informationer om fx køreplaner, geografisk position og saldo på ens bankkonto. I designet af nye systemer er det vigtigt at der tages hensyn til minoriteter såsom de hørehæmmede, så de ikke stilles ringere i brugen af ny teknologi end andre grupper af mennesker.

Høreapparaters formål er, at kunne kompensere for en persons hørenedsættelse. Dvs. at kunne forstærke et lydtryk ved hjælp af elektroakustik. Sammen med den nedsatte hørelse, forsvinder også evnen til, at kunne skelne væsentlig lyd fra uvæsentlig lyd. F.eks. til fester, hvor den hørehæmmede skal forsøge, at følge en samtale med baggrundsmusik, eller til møder, hvor de generes af støj fra f.eks. videoprojektoren. Det bliver normalt ikke nemmere, når al lyden opfanges af en enkelt mikrofon i høreapparatet, da denne ikke kan "kende forskel" på støj og tale. Derfor har man indført støjreduktions systemer, der forsøger at adskille talesignalet fra kombinationen af støj og tale. Ofte har dette været som at forsøge, at adskille en sammenblanding af koldt og varmt vand, da den enkelte mikrofon, ikke modtager tilstrækkeligt information til, at kunne frasortere al støjen i rummet.

Den effektive løsning på ovenstående problem er at udstyre den person man ønsker at høre med sin egen mikrofon, og så overføre det elektriske signal fra denne mikrofon direkte til høreapparatet. Dette kan gøres via en ledning, eller via en af de trådløse transmissionsformer som denne rapport omhandler.

Denne rapport beskriver teknikken bag forskellige typer af trådløs overføring lyd, hvilke overvejelser man bør træffe ved opsætningen, samt teknologiernes fordele og ulemper.

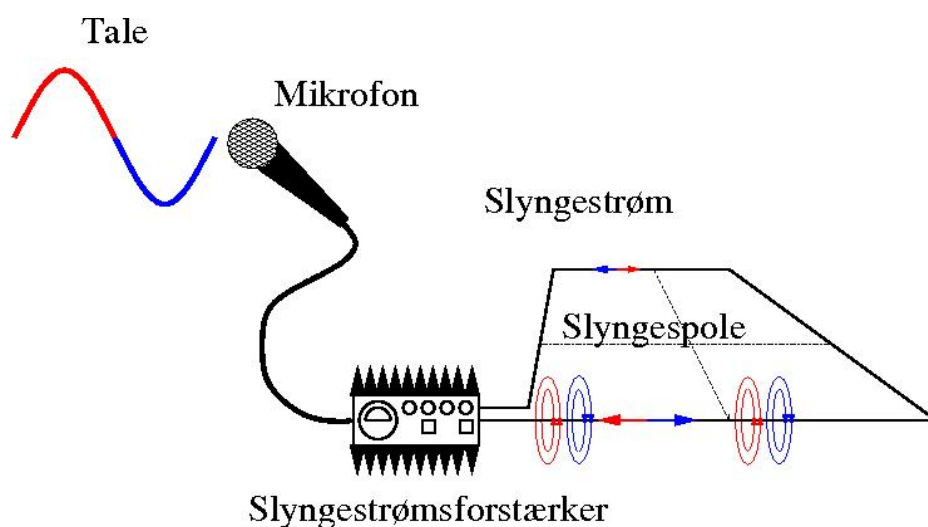
Teleslynge

I 1821 opdager den danske fysiker H. C. Ørsted ved et tilfælde, at man kunne frembringe magnetisme ved hjælp af elektriske strømme. Der skal yderligere gå 10 år inden, at den engelske fysiker Michael Faraday, påviser at H. C. Ørsteds opdagelse også gælder den modsatte vej: Fra magnetisme til elektrisk strøm. Disse to opdagelser blev benævnt som elektromagnetisme og induktion. Kombinationen af disse to opfindelser, ligger til grundlag for en række opfindelser, bl.a. transformatoren, hvor man trækker elektrisk strøm igennem den ene spole, hvorefter dets magnetfelt opfanges og omdannes til elektrisk strøm i den anden spole. I dette tilfælde, er den ene spole ”senderen” og den anden spole er ”modtageren” og mediet er magnetfeltet.

Teleslyngeteknik

Idéen med spolerne, er siden hen blevet adapteret til høreapparaturbrugere, idet man nu lader informationen gå igennem rummet via magnetfelter, i stedet for, at overføre signalet akustisk frem til høreapparaturbrugeren.

Senderdelen er her en slyngespole, der består af en ledning, der er trukket langs panelerne i rummet, hvor det genererede magnetfelt forsynes af en slyngestrømsforstærker, der omsætter signalet fra talerens mikrofon til en slyngestrøm.



Princippet af teleslynge anlæg. Taleren benytter mikrofonen, der omsætter lyden til elektriske signaler, der herefter forstærkes til høje strømme, der gennemløbes i slyngespolen. Dette skaber magnetiske feltlinjer, der kan opfanges af høreapparatet.

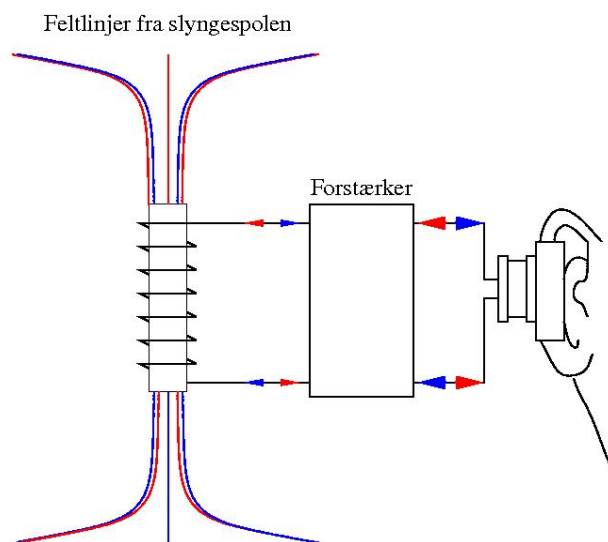
Feltstyrken et givent sted i rummet er bestemt af den strøm (ampere), der gennemløbes i lederen, samt slyngens udformning.¹ Dvs. jo kraftigere lydsignaler til mikrofonen, jo højere strøm, des kraftigere magnetfelt. Det er altså strømmen genereret i slyngestrømsforstærkeren, der benyttes til at variere magnetfeltet. Feltstyrken i magnetfeltet måles i enheden: Ampere pr. meter. Der er altså en direkte sammenhæng mellem lydtrykket ved mikrofonen, den forstærkede strøm i slyngestrømsforstærkeren

¹ Udformning af teleslyngen beskrives nærmere i afsnittet: ”opsætning og krav til teleslyngeanlæg.”

og styrken på det magnetiske felt, der dannes omkring slyngen. Er der stilhed omkring mikrofonen, så løber der ingen strøm igennem slyngen og der vil ikke opstå et magnetfelt.

Opfanger mikrofonen lyd, så vil der opstå et felt, som ligger i cirkler omkring slyngeledningen. Feltlinjernes retninger (der svarer til magnetens nord- og sydpol), vil afhænge af lydens over- og undertryk.

For at kunne høre signalet, så skal det magnetiske signal omsættes til lyd igen. Omsætningen sker ved at koncentrere det magnetiske felt i en jernkerne og generere strømmen ud fra magnetfeltet (induktion). Denne strøm er ret svag, så en forstærker er nødvendig for at kunne forstærke strømmen, så den kan benyttes til at drive en højttaler. I høreapparatet er det telespolen der opfanger det magnetiske signal, og høreapparatets forstærker der forstærker signalet op ligesom det sker med mikrofonsignalet i høreapparatet.



Modtagelse af signalet fra teleslyngen.

Derfor har feltstyrken i teleslyngen stor betydning for den inducerede strømstyrke og dermed for hvor kraftigt et signal der modtages i høreapparatet². Da det magnetiske felt vil svækkes med afstanden fra slyngeledningen, vil man normalt sørge for at der er en acceptabel feltstyrke i midten af rummet, vel vidende at dette er det svageste sted for en teleslynge traditionelt udlagt langs væggen. Fra fysikken ved vi, at det kraftigste signal modtages når feltlinierne går direkte gennem spolen, mens signalet forsvinder helt hvis feltlinierne er vinkelret på spolen. Det kan altså forekomme at uheldig placering af hovedet - eller spolen i apparatet- bevirker at signalet svækkes, eller endda forsvinder helt. Der findes dog mere sofistikerede måder at opsætte et teleslynge anlæg på, der

² Mange høreapparater har indbygget en "automatisk volume control", på telespolen så det oplevede lydniveau søges at holdes uafhængigt af slyngens feltstyrke.

kompenserer for disse uhensigtsmæssigheder, disse vil blive omtalt under: ”opsætning og krav til teleslyngeanlæg”.

Teleslyngens udbredelse i Danmark

Teleslynge systemet er et enkelt system, der kræver minimal vedligeholdelse, øger høreapparatbrugerens udbytte af talen, samt frigør brugeren for ledninger. Teleslyngeteknikken er relativ simpel og derfor forholdsvis billig at etablere i både rum og i høreapparaterne. Derfor understøtter de fleste høreapparater teleslynge og udbredelsen bliver ikke mindre ved, at det lovpligtigt, at alle nybyggede offentlige bygninger i Danmark, skal forsynes med teleslyngeanlæg.

Teleslyngen anvendes også i andet end faste ruminstallationer, f.eks. som hals- eller pudeslynge til at overføre signaler fra mobiltelefoner eller andre typer af trådløse modtagere (FM eller Bluetooth) til høreapparatet via telespolen. Dette vil ofte have sin berettigelse, da mange høreapparater let og uden store omkostninger kan forsynes med en telespole, mens modtagere af andre transmissionsformer typisk vil være dyrere og mere strømkrævende. Der findes formodentlig af samme grund også forskellige transportable teleslyngeanlæg, som har en funktionalitet, der minder om de personlige løsninger som ellers primært er baseret på FM og Bluetooth teknologi, og som derfor omtales i efterfølgende kapitler af denne rapport.

Desuden ses teleslyngen jævnligt installeret ved skranke f.eks. hos DSB, hvor den gør kommunikationen med billetsælgeren nemmere. Også i de såkaldte HAC (Hearing Aid Compatible) telefoner kan der genereres et ret kraftigt magnetfelt, så man kan få overført et tydeligt signal under telefoneringen. Det er typisk svingspolen der sidder på membranen af den eksisterende højttaler i røret som modificeres til at generere det magnetiske felt.

Da telespolen er en billig og udbredt ”indgangsportal” til høreapparatet, bruges den som nævnt i mange løsninger. Mest udbredt er den vel nok i de mange faste installationer som findes rundt omkring i landet i stuer og i offentlige rum. Anvendeligheden af disse mange anlæg, specielt de i offentlige rum, beror erfaringsmæssigt på to faktorer, der ikke i høj grad kan påvirkes, når testslyngen installeres, nemlig løbende kontrol og indstillingen af brugernes høreapparater. Vi har hørt en del historier om høreapparatbrugere, der oplever støjende eller svage teleslyngeanlæg, sandsynligvis grundet forkerte installationer, som hindrer dem i at få meget udbytte ud af deres telespole. Forklaringen findes typisk i enten at høreapparatet ikke har været korrekt indstillet til telespolen, eller at anlægget ikke længere ydede hvad det burde gøre. Problemet med anlægget kan være en for dårlig installering, men behøver ikke at være det. Forskellige dele kan være udskiftet eller gået i stykker, og hvis ikke vedligeholderen tilfældigvis har et høreapparat eller en tilsvarende mulighed for at lytte på slyngesignalet, så er det ikke sandsynligt at man bliver opmærksom på problemet førend den dag systemet pludselig har behov for at virke.

Ulemper ved teleslyngen

Teleslynge teknologien har nogle grundlæggende uhensigtsmæssigheder. Bl.a. kan systemet ”smitte” fra rum til rum, da magnetfeltet kan trænge igennem vægge, gulv og lofter af ikke-jernholdige materialer.

Samtidigt kan jern i vægge og gulve give problemer, da jern samler magnetfeltet og dermed ødelægger magnetfeltets ensartede styrke i rummet.

Afsmitningen kan i høj grad imødekommes ved at lægge to serie- eller parallelkoblede slynger i et 8-tal, eller lignende formation, i stedet for rundt langs væggen. Benytter man samtidig 2 faseforskudte forstærkere til at drive slyngerne, kan man i høj grad skabe et homogent felt, der ikke rækker længere end til væggen af rummet. Løsninger med to slynger kræver to slyngeforstærkere og muligheden for at kunne komme til at lægge slynger under hele gulvet- eller gulvtæppet. En anden mulighed er at benytte lokale slynger lagt i puder, således at afstanden fra slyngen til hjemmets fire vægge øges. Det minimerer dog også det område man kan bevæge sig rundt i og stadig kan modtage slyngesignalet.

Uheldigvis kan høreapparatets telespole ikke kende forskel på slyngespøls magnetfelt og den magnetiske støj, der kommer fra elektronisk udstyr som f.eks. tv-apparatet, eller stærkstrømmen i boligens el-installationer. Dog er der en tendens til at mængden af elektrisk baggrundsstøj efter at EMC direktivet virkninger er slået igennem er for nedadgående³.

Man kan dog ved at kode signalet førend det sendes opnå en hvis robusthed overfor baggrundsstøj. Kodning betyder at ændringer i lydsignalet ikke direkte giver sig udslag i ændringer i feltstyrken. Kodning er en grundlæggende del af andre trådløse transmissionssystemer, men kan også etableres på et teleslyngeanlæg.

Vil man etablere en kodet transmission over et teleslyngeanlæg er det kun selve spolen og slyngen der kan genbruges. Der kræves nyt transmissionsudstyr og høreapparatet skal desuden udstyres med en eller anden form for dekoder. For at løsningen skal have en berettigelse, skal denne dekoder være så lille, at den kan bygges ind i høreapparatet, eller i det mindste sættes på en audiosko. Der findes dog også løsninger (typisk i teatre eller lignende), hvor modtageren er kropsbåren og signalet afspilles via hovedtelefoner eller evt. en halsslynge. Udover måske at generere et kraftigere felt, ændrer det sidste naturligvis ikke ved de støjproblemer der måtte være med høreapparatet på telespole.

Opsætning og krav til Teleslynge-anlæg

Der findes forskellige måder, at foretage en teleslyngeinstallation på. Forudsætningen er naturligvis, at man har sat krav om, hvad systemet skal anvendes til og om systemet skal være en fast- eller mobil installation.

Som før beskrevet, så lider teleslyngesystemet af en række uønskede egenskaber, der kun kan løses med omhyggelige installationer, der oftest omfatter to slynger med tilhørende forstærkere koblet sammen. Selv med de simple installationer kan man dog nå langt hvis man udfører dem omhyggeligt og laver lige så omhyggelige kontrolmålinger. Et opsat slyngeanlæg bør udmåles og evt. justeres, for at sikre, at systemet overholder de tekniske krav. Bl.a. krav, der henholder sig til styrken af teleslyngens magnetiske felt i rummet.

3: En aktør på markedet angiver at der sjældent måles over -32 dB(A) re 400 mA/m nu om dage. DELTA har for nyligt deltaget i malinger på elektromagnetisk støj i nyere biler, og her synes tendensen også at gå mod elektromagnetisk mere støjsvage bilcabiner.

Inden, at værktøjet tages frem, så er det praktisk at danne sig et teoretisk overblik over, hvad feltstyrke man kan forvente i den kommende installation og udstyr. Slingens felt vil ikke være ensartet, derfor tager man hensyn til de svageste signalstyrker (der normalt vil være i midten af slyngen). Her bør feltet ikke være mindre end 400 mA/m for et sinus signal, i henhold til IEC 60118-4 standarden.

Feltstyrken (målt i Ampere pr meter) i centrum af en cirkulær slynge H , er angivet som:

$$H = \frac{i \cdot n}{d}$$

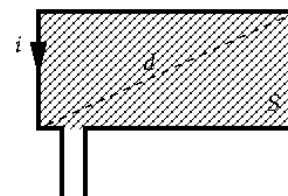
, hvor i er den gennemløbende strøm, n er viklingstallet og d er diameteren på slyngen.



Oftentimes used (of natural causes) square loops in room installations, here can the relation be written as:

$$H = \frac{0,64 \cdot d \cdot i \cdot n}{S}$$

, hvor d er rummets diagonal og S er overfladearealet.



Ét er teori, noget andet er praksis! Men teorien bør give et overslag om, hvordan den mest hensigtsmæssige slynge skal bygges og hvilken type slyngestrømsforstærker, der skal investeres i. Formlerne tager ikke hensyn til omgivelserne, derfor skal der efter installationen, ske en finjustering af feltet ved en kontrolmåling.

Til dette benyttes en feltprobe, der kan udmåle styrken af det magnetiske felt, når slyngen er aktiv. Selve proben består af en spole, hvis funktionalitet er lig telespolen i et høreapparat. Forskellighederne ligger i, at man ved probespolen har velkendte mål for, hvor høj spænding man vil opnå ved et givent magnetfelt; en viden der benyttes til, at bestemme magnetfeltets styrke ved at aflæse probens genererede spænding.

Feltproben ses ofte integreret i et feltstyrkemeter (FSM) som det her viste. Feltstyrkemeteret vil typisk vise feltstyrken i dB relativt til en fast feltstyrke givet i A/m. Ofte ses referencen 100 mA/m benyttet. 0 dB er da 100 mA/m og en firedobling til 400 mA/m er + 12 dB.



Med et feltstyrkemeter i hånden kan de fleste krav i IEC 60118-4 standarden for teleslyngeanlæg efterprøves.

Oplysninger til brugerne

Man bør have et skilt ved indgangen, hvis rummet har teleslynge installeret. Tidligere har man i Danmark brugt et T med en skråtstillet ellipse omkring, men standarden anbefaler i dag det stiliserede øre som bruges internationalt. Piktogrammet kan ses her på siden.

Slyngeforstærker

Der stilles dybere tekniske krav til slyngeforstærkeren, detaljerne fremgår ikke af denne note. Men hvis slyngeforstærkeren også driver et PA-højttaler-anlæg i rummet, så er der krav om, at tone- og lydstyrkekontroller skal kunne justeres individuelt for teleslynge og højttalere.



Støjniveauet

Støjniveauet måles først uden rummets teleslyngeanlæg er tilkoblet. Derved kan man danne sig et billede af, hvor den baggrundsstøj, der genereres udenom teleslyngesystemet, f.eks. påvirkninger fra stærkstrømsinstallationer i rummet.

Denne måles med feltproben, der placeres i en passende højde over gulvet. Hvis slyngen forventes brugt af siddende personer i 1,2 m's højde, hvis brugerne er stående, skal der måles i en højde i størrelsesordenen 1,6-1,7 m. der skal måles i en række forskellige positioner i rummet. Ideelt set bør signal-støjforholdet være mellem 32 og 47 dB ifølge IEC 60118-4. Hvis signalstyrken kalibreres op til 0 dB re 400 mA/m vil det bedste altså være et støjniveau under -47 dB re 400 mA/m, men at niveauer op til -32 dB kan accepteres hvis talen ikke er æstetisk vigtig. Faktisk nævner standarden at niveauer helt op til -22dB re 400 mA/m kan accepteres, men så skal det overvejes at tage yderligere foranstaltninger mod støjen.

Efter at baggrundsstøjen er udmålt startes teleslynge-anlægget op til almindelig brug, blot uden påført signal. Her må støjniveauet ikke øges mere end 3 dB ned til - 47 dB herunder må anlæggets egenstøj ikke overstige -47 dB re.400 mA/m.

Måling af feltstyrke

For at sikre, at udstyringen af anlægget er korrekt, bør det efter installation kontrolleres med måleudstyr. Til måling af de akustiske signalniveauer, er det nødvendigt, at man sørger for at input til slyngesystemet er så realistisk som muligt, f. eks, med talere i den rette afstand fra mikrofonen, og CD afspillere og andre kilder ved det rette niveau.

Herefter kontrolleres med fasestyrkemåleren at et niveau på 400 mA/m opnås i hele teleslyngens dækningsområde. Hvis det er belejligt, vil det være en fordel hvis et antal høreapparatbrugere kan deltage i kommissioneringen(kontrolmålingen) af systemet.

I almindelig drift skal den teleslynge-ansvarlige have adgang til en teleslyngemodtager, således at vedkommende kan konstatere, om systemet overhovedet virker. I praksis vil det være en god ide om man simpelt hen benytter et høreapparat til regelmæssige rutine check.

Frekvensrespons

Formålet med frekvensrespons-målingen er, at sikre, at feltet ikke afviger signifikant i frekvensområdet: 100Hz-5kHz. Der skal mindst foretages målinger ved 100, 1000 og 5000 Hz og frekvensresponsen laves med 1 kHz-målingen som reference. Frekvensgangen bør ligge indenfor ± 3 dB.

Opsummering

Teleslyngeteknikken er en velkendt teknik, der har fået stor udbredelse i både høreapparater og i de rum, som kunne få behov for trådløst overført signal fra nogle få centrale lyd-kilder og til den hørehæmmede. Teknikken i høreapparatet er billig og har fået yderligere udbredelse pga. lovkrav i Danmark om teleslyngeanlæg i alle nyopførte offentlige bygninger.

Dog har teknologien nogle grundlæggende problemer. Dårligt installerede anlæg har ikke en ligelig fordeling af feltstyrken, Magnetiske felter fra f.eks. elnettet kan i uheldige situationer forstyrre modtagelsen og "afsmitning" mellem flere rum kan forekomme. Omhyggelig installation af nyere systemer, kan løse disse problemer, men det kan bruges af en form for behandling eller kodning af signalet også. Systemer baseret på en behandling af signalet vil blive omtalt i de efterfølgende kapitler.

FM-radio

Med teleslyngen kan man overføre lyd i form af magnetfelter, dvs. at man vha. en slags antenner, trådløst kan skabe en kommunikation fra det ene apparat til det andet apparat. Denne teknologi er i familie med radiokommunikation, hvor man ved hjælp af elektromagnetiske bølger kan etablere en trådløs transmission og modtagelse (f.eks. af lyd). Elektromagnetiske bølger er en sammensætning af et magnetisk felt og elektrisk felt, der tilsammen danner radiobølger. Det magnetiske felt dannes (ligesom ved slyngespolen) når en strøm gennemløber lederen og de elektriske felt opstår dér, hvor det største spændingspotentiale befinder sig. Det er normalt to modstridende tilstande, idet der skal en høj strøm til at skabe et kraftigt magnetisk felt, men ingen strøm til at skabe et kraftigt elektrisk felt. Dette løses med en timing, hvor man udnytter "magtkampen" mellem de to modstridende tilstande til danne både det magnetiske- og elektriske felt.

Princippet radiotransmission består i, at udsende et højfrekvent signal (bærebølgen), der påvirkes af dét signal, som bærer lydinformationen frem til modtageren (modulation). Man kan derved have flere sendere, der sender forskellige informationer på forskellige bærebølger. Brugeren kan på modtagersiden, udvælge én bærebølge ud af samtlige, ved at dreje på en kanalknap, der undertrykker uinteressante bærebølger, udover dén som ønskes modtaget.

Der eksisterer flere måder, at modulere på, hvilket giver forskellige måder, at demodulere signalet ved modtageren.

Amplitudemodulation (AM) er én af de første anvendte (og simpleste) modulationsformer, hvori man ændre styrken af bærebølgen i takt med signalets udsving. Selve dekodning af signalet er ret enkelt, da man blot skal filtrere bærebølgen fra. Ulemper med dette system er, at der findes flere faktorer, end modulationen, der kan ændre bærebølgens amplitude. F.eks. afstanden mellem sender og modtager og

elektro-magnetisk støj, da støj vil lægge sig ovenpå bærebølgesignalet og derved detekteres som signal.

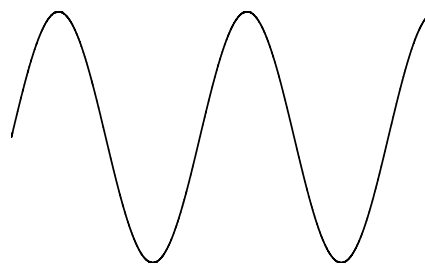
I 1933 opfinder amerikaneren Edwin Howard Armstrong en ny måde, at lave radiotransmission- og modtagelse. Metoden består i, at lade bærebølgen have en centerfrekvens og ”rykke” frekvensen i takt med signalet. Det er lidt sværere, at detektere, men stiller færre krav til senderen og modtageren, idet afstande og overlejret støj, der vil påvirke amplituden, i mindre grad, vil påvirke bærebølgefrequensen og deraf et båret signal.

Pga. politiske/markedsøkonomiske årsager, blev FM ikke nogen succes i de første af dets leveår. Men da Tv-selskaberne i 50’erne beslutter sig for, at sende ”kvalitetslyd” i FM og opbygge et sendenet af FM-sendere til radiomodtagelse, så tager befolkningen det nye radiomedie til sig.

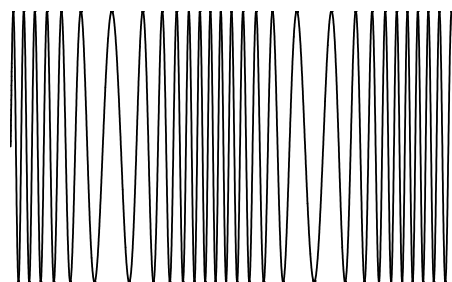
FM løsninger til høreapparater

I halvfemserne dukker FM systemer op som et alternativ til teleslyngeanlæg, i første omgang til klasseundervisning. Dette kræver naturligvis, at høreapparatet kan modtage FM-radiosignaler og at FM-modtageren kan udvælge kanalerne. Men det åbner også mulighed for, at brugeren selv kan udvælge forskellige sprogversioner fra simultan-tolke, eller komme teleslynges afsmittning mellem væggene til livs, ved at anvende forskellige transmissionskanaler, fra rum til rum. I slutningen af halvfemserne introduceres en personlig FM løsning med egen bærbare sender med retningsmikrofon og modtager der kan klikkes på høreapparatet.

I de personlige løsninger har disse modtagere de senere år fortrinsvis været koblet direkte til BTE apparatet, hvilket er den teknisk set mest komplicerede men kosmetisk set mest attraktive løsning. De FM-baserede classesæt findes i mere rimelige prislag. Her er modtageren typisk kropsbåren og eventuelt monteret med en halsslynge som omformer det modtagne signal til en slyngestrøm som apparatets telespole kan modtage. Dette øger kompatibiliteten med forskellige høreapparatprodukter, eftersom alle høreapparater med teleslynge kan anvende FM ved udlevering af en halsslynge. I skrivende stund er det stadig de personlige løsninger som dominerer på FM området. Der findes små stationære sendere der har tilslutning til telefon, ringklokke og TV med en rækkevidde nok til at dække en stue, ligesom de håndholdte sendere ofte kan kobles til et linesignal fra radio eller TV og/eller en telefon. Selvom der findes FM modtagere med ”kanalvælger” på markedet, kan de fleste høreapparatplacerede FM modtagere i omløb i dag kun modtage en bestemt kanal, og løsningerne baseret på FM systemer bliver derfor mere private af natur end teleslynge installationer.



Signalet, der ønskes moduleret.



Resultatet af den frekvensmodulerede bærebølge.

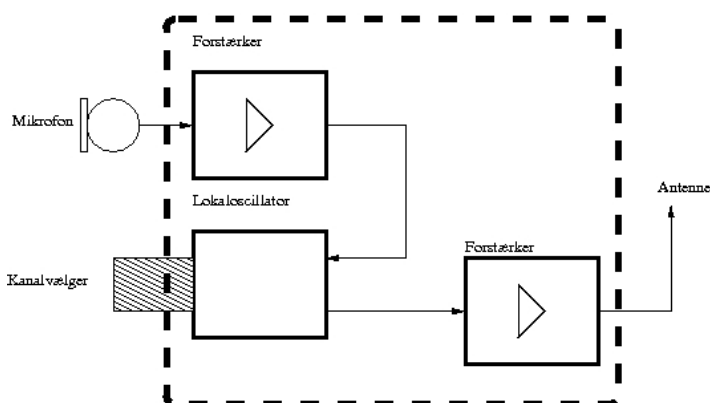
Kompatibiliteten mellem forskellige producenters udstyr, og måske endda mellem forskellige generationer af udstyr er besværliggjort, blandt andet af ret begrænsede muligheder for tildeling af sendefrekvenser, som det nævnes i et efterfølgende afsnit. Dette, samt kompleksiteten af udstyret taler også for at lave samlede løsninger hvor der er en vis garanti for at udstyret spiller sammen. Måske er det derfor at der nu er lanceret et høreapparat hvor FM modtageren er indbygget i selve apparatet, således at FM nærmest er en feature ved apparatet på linie med støjreduktion og retningsmikrofon.

FM-radioteknik

Som tidligere nævnt betyder frekvensmodulation, at man flytter frekvensen på en bærebølge i takt med signal-modulationen. Jo kraftigere bærebølgen rykkes op- og ned i frekvens, i forhold til dens "hvileposition", des kraftige signal overføres. Det betyder også, at de høje frekvenssving kan genere nabokanaler. Derfor er der sat krav om senderens maksimale frekvensændringer (kaldes maksimal deviation).

I dette afsnit gennemgås det overordnede princip i udsendelse og modtagelse af FM.

FM-radiosenderen



Blokdiaqram for en typisk FM-sender. Mikrofonsignalet forstærkes op. Dette signal benyttes til, at "puffe" til den ellers stabile bærebølge frekvens, der genereres ved kanalvælgeren. Resultatet er frekvens modulation (FM), der nu forstærkes op og sendes til antennen.

Forstærker

Lydsignalet (her vist som en mikrofon) forstærkes op i en forstærker.

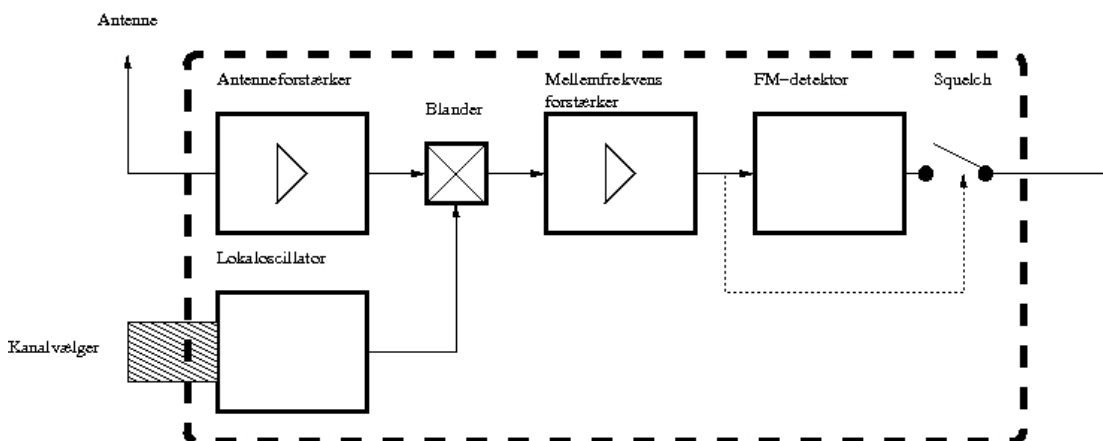
Lokaloscillator

Signal fra forstærkeren benyttes til at rykke en såkaldt lokaloscillator ud fra sin mest foretrukne frekvens (centerfrekvensen). Det er lokaloscillatoren, der bestemmer hvilken kanal der skal sendes på, derfor er denne ofte sammenkoblet med en kanalvælger, der kan vælge mellem to- eller flere bærebølgefrequenser. Svingningerne laves som regel med et såkaldt krystal, hvis funktion kan sidestilles med en stemmegaffel. Det elektroniske kredsløb holder krystallet svingende og selvom frekvensen er ret stabil, så kan man alligevel trække den i frekvens, ved at ændre belastningen på den. Behovet for flere kanaler, kunne løses med valg mellem forskellige krystaller med forskellige frekvenser, dette kan hurtigt blive en dyr og pladskrævende løsning. Derfor anvender man ofte ét krystal og nedskalér dens frekvens elektronisk (syntese).

Udgangsforstærker

Signalet ud af lokaloscillatoren indeholder det frekvensmodulerede signal. Signalet er stadig svagt og let påvirkeligt, derfor føres signalet til en udgangsforstærker, der forstærker signalet op, således at signalet kan føde en antenne.

FM-radiomodtageren



Blokdiagrammet for en typisk FM-modtager. Bærebølgesignalet forstærkes op og blandes med kanalvælgerfrekvensen. Blandingsproduktet forstærkes op og frekvensvariationerne omsættes til signal. Kontakten styres af bærebølgesignalet, således at den afbryder, hvis der ikke findes et signal.

Modtageren/antenneforstærker

Modtageren består af en antenneforstærker, der kan forstærke det svage antennesignal og bortfiltrer det, som ligger udenfor det ønskede modtagerområde.

Dette er umiddelbart formålet med en radiomodtager, så umiddelbart skulle man tro, at dette var tilstrækkeligt. Men det er svært, at forstærke et svagt signal og lave skarpe filtre ved disse høje frekvenser. Ønsker man samtidigt, at kunne vælge mellem flere kanaler, så bliver det yderlige svært at lave en fornuftig omskifteranordning mellem de forskellige filtre. Så dette gør man ikke. Derimod laver man en fornuftig forstærkning og benytter et groft filter, der (idet mindste) kan fjerne en del af de uønskede signaler.

Man skal altså ned i modtagerfrekvens, for at opnå en fornuftig adskillelse og høj forstærkning. Derfor benytter man en blander og en lokaloscillator til at skifte modtagerfrekvensen nedad. Dette giver mulighed for, at vælge, hvor langt man vil skifte nedad.

Lokaloscillator

Ligesom lokaloscillatoren på sendersiden, så generer lokaloscillatoren et højfrequent signal. Dens frekvensindstilling er medbestemmende for, hvilken bærebølgefrequens man vil modtage, men den vil ikke være den samme frekvens, som den frekvens man vil modtage, men med en velkendt afstand til denne.

Blanderen

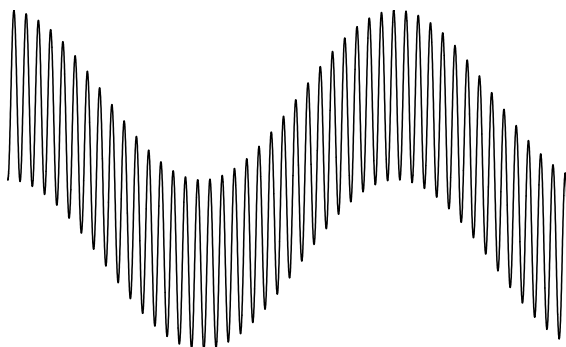
Da signalet ofte både er ret svagt og højfrekvent, så blander man signalet med signalet fra lokaloscillatoren.



Det svage- og højfrekvente signal fra antennen.

Det kendte og højfrekvente signal fra lokaloscillatoren, der ligger tæt opad den bærebølge, der ønskes modtaget.

Blandingen giver nogle forvrængningsprodukter, der både vil indeholde en sum- og differens frekvensen mellem antennefrekvensen og den kendte lokaloscillator frekvens.



Resultatet fra blandingen, hvor den lavfrekvente frekvens er forskellen mellem bærebølgen og lokaloscillatorfrekvensen, mens at den højfrekvente del er summen.

Mellemfrekvens

Herefter sendes blandingsproduktet ind i et skarpt- fastindstillet filter, der dels fjerner signalets højfrekvente del og forstærker den lavfrekvente del. Mellemfrekvensensignalet er derfor dét produkt, der opstår når to signaler med forskellige frekvenser blandes og frekvensen er forskellen mellem lokaloscillator-frekvensen og den modtagne bærebølgefrequens. Mellemfrekvens-signalet bærer stadig FM-signalet, derfor er filterets skarphed et kompromis mellem effektiv fra-sortering af nabokanaler og maksimum deviation på kanalen. Hvis filteret er for bredt, så kan nabokanalerne genere modtagelsen, hvis filteret er for smalt i forhold til den udsendte deviation, så opstår der forvrængning i modtagelsen.

Detektion af FM

FM-mellemfrekvensen omdannes til lydsignaler i en detektor. Detektoren kan have forskellige udførelser, men grundprincippet er, at omdanne frekvensvariationerne fra mellemfrekvensen til en elektrisk spænding, der svarer til det modellerede signal.

Squelch

Hvis lokaloscillatoren ikke har noget reelt signal, at blande med, så vil niveauet efter mellemfrekvensforstærkeren være svag og støjtøjtøjt. Denne information kan benyttes til, at styre en kontakt på lydudgangen, der kan nedlukke lyden, hvis der ikke modtages noget signal (Squelch). Derved undgås det, at brugeren udsættes for den høje hvide støj, som man kender, hvis man indstiller sin FM-radio på en kanal, hvor der ikke sendes radio.

Når squelchen er lukket, så er høreapparatet tavst, dette kan give problemer, idet man kan tro, at apparatet er slukket. Derfor kan FM-apparater godt være udstyret med en funktion, der skifter over til mikrofon, hvis squelchen er lukkes pga. ingen- eller svigtende FM. Alternativt, at FM-signalet og mikrofonsignalet sammenblandes, således at brugeren kan få vished om det er svigt i høreapparatet eller i FM-transmissionen.

Ulemper ved FM-radio

Gennemgangen af FM-teknikken har vist, at FM-systemet (i forhold til en telespolen) er et relativt kompliceret stykke elektronik. Ganske paradoksalt, så er modtagerdelen (der benyttes på høreapparatsiden) den mest komplicerede del i FM-systemet, da dets filtre og elektroniske kredsløb ofte vil være både plads- og strømkrævende, hvilket begge er store ulemper for høreapparater. Sendersiden er mindre kompliceret og indeholder de mest strømkrævende kredsløb, men her er størrelsen og lavt batteriforbrug sjældent alvorlige krav.

Selvom brugen af radiofrekvenser som transmissionssystem reducerer teleslyngens uheldige egenskaber mht. afsmitning og støj, så introducer denne teknologi dog også enkelte uheldige forhold.

Som det ser ud i dag i de frekvensområder som er tilgængelige for FM-systemer til høreapparater, er det er den enkelte producents egen sag at vælge centerfrekvens og modulationsbredde. Jo flere kanaler man lægger ind i et frekvensområde jo mindre må de enkelte frekvenssving være, hvilket enten betyder lavere signaludstyring (dårligere signal/støjforhold) eller yderligere begrænsninger i signalets båndbredde.

Båndplan

Radiosystemer må kun sende på frekvenser som er allokerede til formålet. Allokeringen foretages her i Danmark af IT og Telestyrelsen, der har udarbejdet faste regelsæt om, hvilke frekvenser, der skal anvendes til hvilke formål (kaldes båndplan). Der er mange brugere (f.eks. erhverv-, politi-, militær-, maritim kommunikation og almindelig radio/TV) om relativ få pladser i båndplanet. Uheldigvis er man ikke enig om disse definitioner landene imellem. I frekvensområdet 216-217 MHz kan man i USA fx have 40 kanaler mens man i Europa kun kan have 4-6 kanaler i 173-175 MHz. Det betyder, at Europa skal dele frekvenspladserne med enkelte af fjernsynets VHF kanaler, derfor er det nødvendigt, at der ikke bliver sendt Tv-udsendelser på de berørte kanal frekvenser.

Forskellen mellem landene gør også, at det producerede udstyr også skal tilpasses de enkelte lande, hvilket gør det dyrere og mere besværligt at håndtere både for producenten og de brugere som måtte finde på at tage deres FM udstyr med til udlandet. Man kan få BTE høreapparater med FM-modtagere, der kan dække et stort

modtagerområde (f.eks. 169-220 MHz). Det løser problemet og en scannerfacilitet gør indstillingen nemmere, men de flere valgmuligheder vil muligvis besværliggøre kanalvalget for brugeren: For hvordan identificerer man den kanal som f.eks. hører til den film man ser? Problemer er kendt fra filmforevisning på flyrejser hvor det hænder man må kigge på drejeknappen for at sikre sig at lyden man hører passer til billedet.

Styrken af antennesignalet

Antennen og senderudstyrets sendestyrke har ikke betydning for lydtrykket i det akustiske signal, der kan modtages i høreapparatet. Derimod har en øgning af antennens sendestyrke betydning for støjundertrykkelsen og sandsynliggør afsmitning i andre rum, sendere placeret tæt på hinanden kan gå hen og genere hinanden, så lyden bliver mere støjende end hvis kun en enkelt sender var i brug.

Opsummering

FM teknologien imødekommer et par af de grundlæggende problemer med teleslynge teknologien. Frekvensmoduleringen giver en vis resistans mod støj på signalet, og den gør det muligt at have to FM sendere i umiddelbar nærhed af hinanden uden at de er overhøring imellem dem, hvis de sender på hver deres frekvens (og de to frekvenser ligger tilpas langt fra hinanden). FM modtageren er et relativt kompliceret stykke elektronik som indtil videre kun kan bruges direkte tilkoblet bag øret høreapparater, og med hals-teleslynge på i-øret apparater. Det måske vigtigste argument for brugen af FM teknologien er dog muligheden for at lave små alsidige private sendere. En personlig løsning med egen sender og modtager der kan kobles på høreapparatet giver nye muligheder i forhold til de stationære teleslyngeinstallationer.

IR systemer

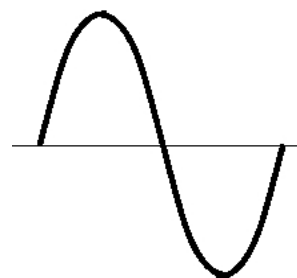
Det infrarøde lys er lys med så lang bølgelængde, at det ikke kan ses med det menneskelige øje. Dog har infrarødt lys ofte været anvendt i forbindelse med alarmsystemer og ofte set i fjernbetjening til radio/TV, hvor lyset kan bære information, uden at det behøver, at være synligt for brugeren eller være synderligt påvirket af synligt lys i rummet. IR er også anvendt til overførsel af lyd, f.eks. enkelte trådløse høretelefoner, der ikke benytter FM.

Derfor kan IR også sidestilles med andre kendte teknologier, som f.eks. teleslyngeanlæg og FM-transmissioner.

IR teknik

Der findes forskellige måder, at udsende- og modtage IR. Den simpleste form kan sammenlignes med teleslyngen, hvor man, i stedet for variation af magnetfeltet, nu benytter variation af lysstyrken, til at overføre signalet til modtageren. I stedet for en spole, benyttes nu en infrarød lysmåler der genererer et signal, der efterfølgende forstærkes og gengives som lyd.

IR kan også udsendes med en bæreølge. F.eks. FM og AM, eftersom funktionaliteten er den samme som ved radiokommunikation og fordelene kan sammenlignes. F.eks.



Variation af lysstyrke som følge af signaludsvinget.

kan man sende forskellig information ud over flere kanaler, som brugeren selv kan udvælge ved modtageren.

Ulemper ved IR

Da IR er lys, så skal senderen helst kunne "se" modtageren, dvs. at det betyder en væsentlig forringelse af bevægelsesfriheden. Til gengæld minimeres afsmitningsproblemer, eftersom signalets rækkevidde er afgrænset af rummets vægge. Det er én af årsagerne til, at IR ses anvendt til fjernsynsbrug, da brugeren hér alligevel er tvunget til, at kigge i én bestemt retning.

Da infrarøde systemer ikke modtager et elektromagnetisk signal er der ingen støjpåvirkninger fra elektromagnetiske felter. Kraftigt sollys kan derimod forårsage støj, eftersom infrarøde bølger også er varmestråling.

Det er næppe sandsynligt, at se IR systemer integreret med høreapparatet alene af den grund at det vil være umuligt at sikre frit udsyn for "antennen" når den placeres på høreapparat.

Opsummering

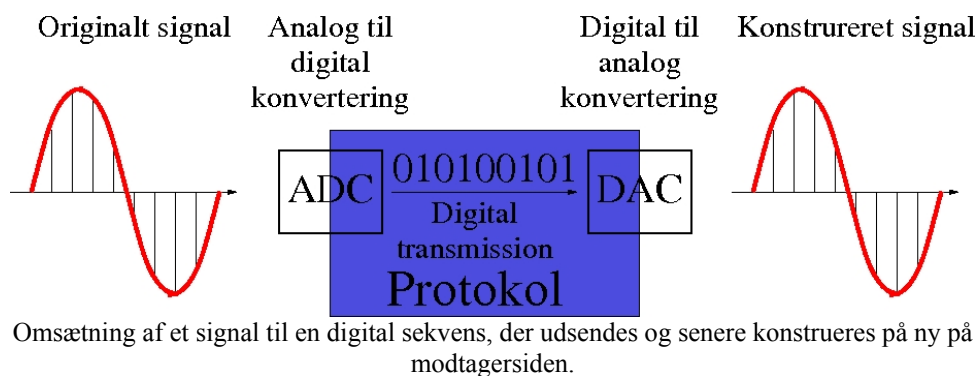
Infrarød overførsel, er en anden måde, at overføre et signal på. Den simpleste form er IR-teknik anvendt som ved teleslynge-anlæg. Her kan man dog få problemer med støj og at man ikke kan sende forskellige IR-signaler fordelt over flere forskellige kanaler. Man kan benytte frekvensmodulation som modulationart, derved begrænses støjen fra varmekilder og man får mulighed for, at kunne sende forskellige signaler ud på forskellige bærebølger, som individuelt kan detekteres hos brugeren. De to store fordele med IR transmission frem for analog transmission af magnetiske og elektromagnetiske bølger er at rummets vægge effektivt stopper transmissionen af IR signaler, samt at elektrisk støj ikke kan genere IR's lysbaserede transmission. IR kan ikke transmitteres direkte til høreapparatet, dertil er modtageren for stor.

Digitale trådløse protokoller

I de forrige afsnit, er flere velkendte teleslyngeteknologier beskrevet. Fra den klassiske slyngespole og frem til de mere komplicerede metoder som f.eks. FM-radio og infrarød overførsel af lyd. Den teknologiske udvikling har skabt mulighed for at forbedre de eksisterende teknikker. Ikke alle vil blive beskrevet, blot den der hidtil ser ud til, at være en mulig kandidat i forbindelse med trådløs kommunikation med høreapparatet. Ved overgangen til digitale høreapparater, blev der også tænkt i baner om, at lave trådløs lydoverførsel til høreapparatet.

Analog transmission er kendetegnet ved, at der opstår tab ved overførslen eller at signalet blandes med "artifacter" som f.eks. støj. Digital betyder 'tal' og digital kommunikation betyder kommunikation med tal som bærer. En talværdi er en talværdi, hvorimod en analog spænding, et magnetisk felt eller et lydtryk er langt mere inkonsistent.

Kommunikation vha. teleslyngeanlæg er kendt for, at støj kan påvirke signalet. Hvis kommunikationen foregår ved at ændre signalet til en talsekvens, udsende denne og omkode sekvensen til et lydsignal på høreapparatsiden.



For at omsætte signalet til tal, så udmåler man signaludsvinget af signalet med faste tidsintervaller. Dette giver et flow af målepunkter (samples) der kan transmitteres (f.eks. som frekvensmodulation). På modtagersiden omdannes tallene til en elektrisk spændingsniveauer af givne størrelser, der benyttes til, at rekonstruere signalet i en højttaler.

Ulempen ved binær transmission er, at der skal relativ mange målepunkter (og derved mange overførte tal) til at overføre et lydsignal af rimelig kvalitet. En høj datatransmission betyder større båndbredde i radiotransmissionen, hvilket betyder mindre plads til de naboliggende kanaler. Derfor ville det være ønskeligt, at kunne udnytte den begrænsede båndbredde bedst muligt.

Én af metoderne er, at kunne tage psykoakustiske overvejelser i brug og ganske undlade at sende de data, der enten har ingen- eller ringe betydning for forståelsen af dét, der modtages. En anden mulighed er, at lade antallet af målepunkter pr. sekund afhænge af, hvad der sendes, f.eks. ved reduktion af datatransmissionen i talepauserne.

Radiotransmissionen foregår efter gammelkendt principper, men spørgsmålet er, hvordan signalet skal behandles, inden at det transmitteres og hvordan det skal dekodes på modtagersiden. Denne del omtales som *protokollen*, dvs. dét sprog som både sender og modtager skal kunne forstå, for at signalet kan forstås på modtagersiden.

Bluetooth

Efter computeren tog sit indtog, opstod der også et kabelrod. Derfor udviklede man Bluetooth; en protokol til radiotransmission af data mellem elektronisk udstyr såsom computere, printere, headsets, mobiltelefoner og lignende. Disse kabler er ofte ikke ret lange, men man får hurtigt mange af dem liggende. Derfor kom ønsket om, at udvikle en digital radiokommunikationsprotokol, der kunne håndtere ønsket om en kabelfri computerarbejdsplads.

I starten af 1998 sætter en gruppe fra Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba og Intel sig sammen for at udvikle en trådløs "low cost" kommunikationsprotokol til kortdistancekommunikation (allerhøjst 10 meter). Systemet blev opkaldt

efter den danske konge Harald Blåtand "Bluetooth" og logoet blev det runebogstavet "H" (der ligner et X) og et B.



Bluetooth Special Interest Group, Inc. U.S.A.

Systemet har efterhånden vundet indpas i en række lande, hvilket gør at kommunikationsprotokollen trods landegrænser og vinder anvendelse til mange formål, både mellem to- eller flere brugersystemer. Formål som trådløst kortdistance overførsel af billeder, video og tekst mellem kommunikationsenheder foretages ofte vha. Bluetooth. Ligesom mange headsets benytter Bluetooth som trådløs kommunikationsvej til mobiltelefonen. Derfor er trådløst overførsel af lyd til høreapparater også en mulighed i forbindelse med kommunikation mellem elektronisk udstyr (som f.eks. mobiltelefoner og høreapparater).

Teknikken bag Bluetooth

Den første generation af Bluetooth (version 1.1) sendes som FM, men på det licensfrie 2.45 GHz (ISM-bånd), der deles med andre tjenester som f.eks. trådløst kommunikations netværk. Bluetooth benytter frekvenshopping, hvori der ikke sendes og modtages på én fast kanal, men i et aftalt mønster (1600 frekvenshop pr. sekund) på 79 forskellige kanaler med 1 MHz indbyrdes afstand, der besværliggør uautoriseret aflytning og forbedre kvaliteten af datatransmissionen.

Netop delingen med andre tjenester gør, at forstyrrelser kan opstå i Bluetooth-kommunikationen, hvis der sendes (f.eks.) med trådløst netværk i nærheden. Derfor har man med næste generation (version 1.2), indført adaptivt frekvenshop, således at den automatisk kan udvælge- og skifte til ubenyttede frekvensområder og derved undgå doubling/interferens med andre sendere, således at der sikres god overføring af signalet. Samtidigt, er der sket en forøgelse af transmissionshastigheden, fra den daværende 720 kbit/s til 3 Mbit/s, hvilket ca. giver en effektiv transmissionshastighed på 2 MBit/s.

Bluetooth-kommunikationen mellem to- eller flere enheder, foregår bi-direktionelt, hvilket betyder, at kommunikationen ikke er envejs, men foregår med skiftevis modtagelse- og sending.

Den første aktive enhed, får rollen som master, styrer timingen og bestemmer rækkefølgen for frekvenshop.

De fysiske udstyr omkring masteren, danner tilsammen et piconet (et dynamisk netværk bestående af en master og op til 7 slave-enheder), der styres af masterens frekvenshop og synkroniseres efter masterens clock. Bluetooth understøtter også kommunikation mellem flere forskellige piconet (Scatternet), gerne med fuld sendeeffekt, eftersom frekvenshopping anvendes. Her bliver masteren en slags semi-master, da den er master for scatternettet, men står i kommando-vejen mellem master og scatternettet.

Først sender masteren en datapakke ud på en bestemt kanal. Datapakken indeholder data og en angivet modtageradresse til en slave. Kun den slave, der har den pågældende adresse må svare masteren. Dette gør den ved, at re-synkronisere dens egen clock og sende svaret tilbage til masteren på en nabokanal.

Datakommunikation kan enten foretages som en synkron overførsel eller som en a-synkron overførsel.

Den synkrone overførsel, benyttes til overførsel af lyd og er i højere grad bestemt af timingen mellem enhederne. Dette sætter begrænsninger for, hvor mange enheder der kan kommunikere med samme master, idet at samme dataindhold sendes fra masteren, til modtageren og retur til masteren.

Den asynkrone overførsel, anvender datapakke-transmission, hvor modtageren først kan sende en kvittering, når den har modtaget al information fra masteren. Dette kan nedsætte transmissionspakkerne, men samtidig anvendes fra masterens side, til at kommunikere til slaven, når der ikke er mere asynkron data, at sende.

Udover enheder på computerbordet, så anvendes Bluetooth også i visse mobiltelefoner. Bl.a. anvendes Bluetooth i en mange trådløse (og håndfrie) headsets, der anvendes til mobiltelefoner. Bluetooths internationale popularitet, giver et velkendt- og driftsikkert system, der kan forbinde elektroniske apparater til hinanden. Det vil derfor ikke være dårligt, at indføre teknologien i høreapparater, således at kommunikation kan foregå mellem den hørehæmmede og det elektroniske udstyr.

I løbet af de næste par år vil meget elektrisk udstyr sandsynligvis være udstyret med et Bluetooth interface. Det betyder at næsten alt udstyr der udsender lyde formodentlig også vil have et Bluetooth radiosignal. Protokollen er veldefineret så kompatibilitet er sikret på tværs af alt udstyr. Udstyret identificer sig automatisk og etablerer kommunikation. Det er let at forestille sig hvilken lettelse disse muligheder ville medføre for høreapparatbrugeren.

Som angivet, så foregår kommunikationen mellem slave og master som to-vejs-kommunikation. Dette medfører, at modtageren (dvs. høreapparatet) skal være i stand til, at kunne sende datapakker og kvitteringer tilbage til masteren, hvilket sikre en pålidelig kommunikation. Men radiotransmission kræver mere energi, end blot radiomodtagelse, derfor vil Bluetooth-kommunikation også betyde et forhøjet strømforbrug.

Bluetooth understøtter muligheden for nedsættelse af energiforbruget. Man opererer i fire forskellige tilstande, der alle giver en hvis nedsættelse af energiforbruget, mod at den bliver mere- eller mindre passiv.

I active Mode sendes- og modtages der løbende datapakker mellem masteren og slaverne.

I sniff Mode er energi-niveauet lavt, modulet låses stadig til piconettet, men antallet af udsendelser- og modtagelser reduceres med et bestemt tidsinterval. Øges tidsintervallet, så reduceres energiforbruget, men dette forøger også tidsforsinkelsen mht. datakommunikationen mellem de to enheder.

Hold Mode er energi-niveauet lavere, end i sniff mode. Enheden synkroniserer stadig med. Ved enden af holde-perioden, så vender kommunikationen tilbage til active mode.

Park mode er ikke længere aktiv på piconettet. Men den forbliver synkroniseret og den kan stadig lytte på hovedkanalen.

Som det fremgår af ovenstående beskrivelse er Bluetooth først og fremmest lavet til robust udveksling af data mellem håndholdte enheder. Derudover er der mulighed for synkron transmission af tale i rimelig kvalitet. En tidsforsinkelse, der desværre er en

ulempe, når man kommunikerer ansigt til ansigt, hvis man samtidig med at høre audiosignalet prøver at følge personens læber.

Størrelse og strømforbrug er faktorer som i dag besværliggør brugen af Bluetooth i forbindelse med høreapparater og det hjælper ikke, at Bluetooth enhederne arbejder bidirektionalt og derfor kræver både sende- og modtageenhed i samme enhed.

Opsummering

Bluetooth er efterhånden blevet en velkendt standard indenfor kommunikation mellem digitale enheder. Da udstyr som mobiltelefoner og de fleste høreapparater er digitale, vil det være nærliggende, at anvende Bluetooth-kommunikation til trådløs overføring af lyd.

Dog arbejder Bluetooth bidirektionelt, hvilket kræver mere elektronik og et relativt højt strømforbrug, hvilket vanskeliggør Bluetooth chip'en indbygget i høreapparatet. En mere nærliggende tanke er en lille kommunikationsenhed der kan modtage Bluetooth signaler, omforme dem og sende dem til en telespole eller en FM-modtager eller hvilken enhed man ellers i fremtiden kunne finde på at bygge ind i et høreapparat. Disse produkter findes da også allerede på markedet. Den ene Bluetooth modtager kan endda kobles direkte på BTE høreapparatet, om end den er lidt klodset, og stadig skal oplades separat. Den kan dog også monteres i en halsslynge (men skal selvfølgelig stadig oplades separat). Den anden har en størrelse der svarer til en mobiltelefon, sender signalet til høreapparatet via FM, og fungerer desuden også som en personlig FM sender af det signal der opfanges af den indbyggede mikrofon.