

Teknologien bag det digitale tv

Danmark har for nylig afskaffet det analoge tv-signal til fordel for det digitale. Bag det digitale system er der en lang række teknologiske udfordringer med kompression og kommunikation samt en serie nye tekniske begreber. Aktuel Naturvidenskab tager dig med ind i den nye tv-teknologi.

Af Tor Bagger Elmegaard

■ I efteråret 2009 skulle danskerne vænne sig til, at det "gammeldags" analoge tv-signal blev erstattet med digitale signaler. I Danmark var vi faktisk relativt længe om at blive digitale på dette område i forhold til vores nabolande, der foretog et tidligt digitalt skift i kølvandet på en EU-beslutning om, at det jordbaserede sendenet skulle digitaliseres. For eksempel skiftede Holland systemet ud i 2006 mens Sverige og Finland gennemførte skiftet i 2007. Fordelene ved digital-tv er mange, hvor man bl.a. kan nævne plads til flere kanaler, øget konkurrence, lavere distributionsomkostninger, bedre billedopløsning og lyd kvalitet, interaktive tv-tjenester samt at dele af sendenet bliver frigivet til eksempelvis offentlig, beredskabsmæssig kommunikation og avancerede trådløse tjenester.

Fra digital til analog og tilbage igen

I forbindelsen med overgangen til digitalt tv er der blevet sagt og skrevet meget om "de digi-

tale signaler", men det er egentlig en forkert betegnelse ifølge post.doc. Jan Østergaard fra Aalborg Universitets Institut for Elektroniske Systemer.

»I luften er alt analogt. Man kan ikke tale om digitale signaler i luften, for der bliver det til elektromagnetiske bølger, og det er også derfor, vi bruger de samme antenner som før. Ved for eksempel radiokommunikation er det analoge, elektromagnetiske bølger, der udbredes, hvilket populært sagt kan sammenlignes med lyd bølger, som bevæger sig gennem luften. Det digitale består i, at før noget sendes ud i luften, er signalerne digitale, og kan derfor lagres på for eksempel en harddisk eller en dvd. De digitale signaler omdannes til analoge signaler, der udsendes som radiobølger gennem luften, og når de så bliver modtaget, bliver de afkodet og ført over i digital form igen«, forklarer Jan Østergaard.

»Når man skal sende noget fra ét sted til et andet, så har man en fysisk relation, og så snart man har det, bliver det

analogt i en eller anden form. Hvis jeg for eksempel har en lommelygte, kan jeg morse med den. Morsekoden er egentlig digital, fordi det er en kode af bits med et mønster, men selve lyset, der bevæger sig i luften, er analogt. Så det er et digitalt signal, som omdannes til et analogt signal, for at det kan blive udbredt gennem luften«, fortæller Jan Østergaard.

Kraftig komprimering nødvendig

Jan Østergaard har i mere end ti år beskæftiget sig med komprimering af data fra for eksempel tale, musik, billeder og nu især tv. Generelt betyder kompression, at man reducerer noget, og inden for digitalt tv dækker begrebet over en reduktion af det antal bits (pr. sekund), der skal bruges til at beskrive tv-signalet. Signalerne sendes inden for et digitalt kanalrum kaldet en MUX, og på en MUX er der ca. 20 millioner bits pr sekund til rådighed. Denne begrænsning gør det nødvendigt at komprimere de digitale

tv-signaler kraftigt. Et tv-signal, der følger den europæiske PAL-standard, har en opløsning på 720x576 pixels, og der sendes 25 komplette billeder pr. sekund med en total bit-rate på 248 Mbit/sek. Et ukomprimeret tv-signal i HD-kvalitet fylder til sammenligning omkring 1 Gbit/sek. Et af de primære argumenter bag skiftet til digitalt tv var da også, at man kan pakke signalerne bedre, så man får plads til flere kanaler inden for samme rum. Det var ikke muligt med det gamle system, da analoge signaler slet ikke er komprimerbare i samme grad.

Den digitale udvikling

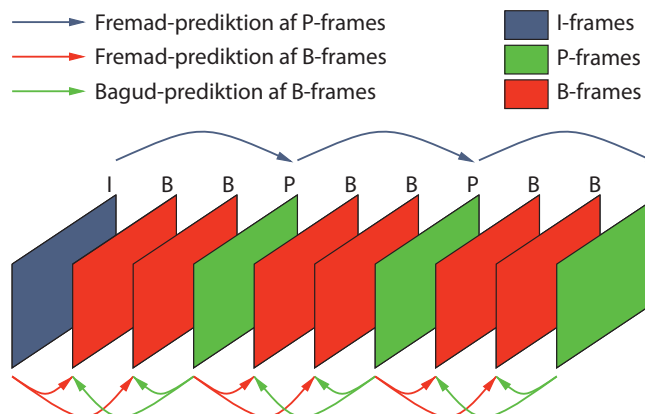
Før turen kom til tv, har andre områder været gennem skiftet fra analog til digital. Gammeldags telefoni, hvor talen blev overført gennem et kabel, var analog, mens mobiltelefoni er digital, fordi det kodes og udsendes i signalpakker. Og DAB-radio er i princippet den samme historie, som man nu ser med digitalt tv, blot med de levende billeder til forskel.



Det komprimerede tv-billede

Digitale tv-billeder komprimeres via standarden MPEG, der står for *Moving Picture Experts Group*. Det er en del af den internationale organisation for standardisering (ISO) og den internationale elektrotekniske kommission (IEC). MPEG udarbejder og publicerer standarder inden for blandt andet kompression af lyd, billede og video. MPEG-2 er en standard, der vil blive benyttet af DR indtil 2012, hvorefter der benyttes MPEG-4.

Ved MPEG-2 og MPEG-4 komprimeres de enkelte tv-billeder, som også kaldes frames, enten som I-frames (intra-kompression), P-frames (prediktiv kompression) eller B-frames (bi-direktionel prediktiv kompression). De komprimerede tv-signaler, man modtager i sin stue, består af en sekvens af I-, P-, og B-frames. I-frames, der fylder mest, har den fordel, at de kan rekonstrueres uden brug af P- eller B-frames, hvis disse mangler på grund af eksempelvis bitfejl. I-frames har derfor betydning for, hvor hurtigt det nye billede dukker op, når man skifter kanal. MPEG-standarderne lader det være frit at



vælge den pågældende sekvens af frames, som typisk kan være IBBPBBPBBPBB-IBBPBBPBBPBB- (se figuren).

Valg af frame-sekvensen er et kompromis mellem kompressionsgrad (bit-rate), forsinkelse, kompleksitet og kvalitet. I-frames kan som nævnt afkodes uafhængigt af alle andre, så når det samlede signal består af en konstant strøm af signalpakker, kan fjernsynet ikke afkode noget som helst, før der ankommer en

I-frame. Det er denne opdeling, der til dels er skyld i, at man kan opleve en vis pause, før fjernsynet kan afkode billedet – og dette problem bliver tydeligere, jo hårdere afsenderen vælger at komprimere sine videosignaler, for da I-frames fylder mest, vil et hårdt komprimeret signal indeholde færre I-frames. I princippet kunne man vælge at skrue så langt ned for kvaliteten, at det også blev muligt at modtage tv-signalet på en telefon.

Netop de levende billeder er grunden til, at tv først er kommet med nogle år efter digitaliseringen af tale, musik og fotos, og her spiller båndbredden en vigtig rolle. Skal man overføre tale, kræver det næsten ingen båndbredde sammenlignet med radio, da tale har et lavere frekvensspektrum end eksempelvis musik. Billeder og video optager endnu mere plads i kanalrummet, kræver større båndbredde, og indkodningen og afkodningen er også meget beregningskrævende, så dette har ikke været muligt, før man fik tilpas kraftige computere til rådighed. Nu hvor maskinerne har de fornødne kræfter, og man er blevet meget bedre til at komprimere og dekode, kan man gøre det i realtime, hvilket har banet vejen for digitalt tv. Der er dog stadig nogle områder, hvor teknikkerne kan forbedres, når det handler om signaler og deres afkodning, forklarer Jan Østergaard.

»Hvis bit-raten er høj nok,

er det ofte muligt at genskabe det oprindelige tv-signal fejlfrit, men ved digitalt tv er det desværre nødvendigt med en kraftig kompression, altså en lav bit-rate, for at få plads til flere tv-signaler på samme MUX. For at opnå denne kompression har man valgt at benytte MPEG-2 eller MPEG-4 som kompressionsstandarder«, fortæller han.

MPEG-4 er en mere avanceret udgave af MPEG-2 og komprimerer ca. dobbelt så godt på bekostning af større beregningskompleksitet.

Kompressionens kompromiser

Kort fortalt foregår komprimeringen ved, at hvert enkelt tv-billede komprimeres som en af tre mulige typer. Det signal, man modtager i sin stue, består således af en sekvens af de tre forskellige typer (kaldet I-, P- og B-frames), hvor I-frames er den type, der fylder mest (se boks). Valget af denne sekvens

er et kompromis mellem kompressionsgrad (bit-rate), forsinkelse, kompleksitet og kvalitet.

Det er tv-udbyderen, der vælger, hvor hårdt signalet skal komprimeres, men alt efter hvor godt eller dårligt dit fjernsyn er, kan det være med til at forlænge den lille ventetid, der er, før billedet kan ses. Man bliver bedre og bedre til at lave det, så der bliver mere plads i disse rum, hvilket kan give signaler af bedre kvalitet, men tv-udbydere ser det ofte fra den anden side: »Jo hårdere de komprimerer signalet, desto flere kanaler får de plads til. Så i stedet for at lave flere I-frames af forøget kvalitet, vil de nok gå den anden vej og presse det mere sammen. Der er det nok profitten, der tæller, for man kan halve prisen, jo flere kanaler man tilbyder seerne i programpakkerne«, påpeger Jan Østergaard, der godt nok dagligt beskæftiger sig passioneret med tv-signaler, men ikke selv ejer et fjernsyn.

Sammensmeltning af tv og internet

En del af hans forskning handler om at udvikle mulige løsninger til morgendagens systemer, men det er svært at sige, om fremtidens almindelige brugere vil opleve den helt store forskel på deres tv-skærm – mange af udviklingsområderne ligger nemlig i, hvordan signaler organiseres, komprimeres og modtages, og ikke hvordan de tager sig ud på fru Jensens tv-skærm.

»Men jeg arbejder også med nogle ting, der blandt andet sætter spørgsmålstegn ved, hvorfor vi skal trækkes med alle de store husantenner, når vi allerede har en anden type netværk, der kører godt til e-mails og surfing og så videre. Er det ikke muligt at bruge for eksempel et lokalt trådløst netværk tilkøbt internettet til videooverførsel? Det er en vej, jeg godt kan forestille mig, udviklingen vil gå, så derfor kigger vi på hvilke ulemper, der kan være ved sådan en metode, for eksempel pakkeforsinkelser og pakketab. Med hensyn til streaming af realtime-video er dette nemlig endnu ikke så god en metode, så vi ser på, om det er muligt at gøre det på en anderledes måde, for på internettet er der jo mange veje, der fører det samme sted hen. Vi vil prøve at udnytte mange veje for at få noget overført, så det peger altså hen imod en sammensmeltning af det, vi kender fra tv, og det vi kender fra internet. Ikke forstået som det internet-tv, vi kender i dag, for det er peer-to-peer, hvilket betyder, at enhver bruger har sin egen forbindelse til tv-udbyderen og derfor optager meget plads på netværket. Broadcast derimod betyder, at samme signal sendes til mange brugere på samme tid via samme kanalrum på netværket, men som en form for broadcast via internettet, hvor mange modtager det samme. Hver eneste bruger optager båndbredde, og jo flere brugere der er, desto mere båndbredde er der optaget. Men hvis det alligevel er det samme, alle brugerne ser, er det spild af bånd-

bredde. Så vi vender det om og spørger, om vi ikke også kan lave en form for broadcast over internettet, blot over mange veje, så hvis en modtager har en dårlig forbindelse gennem én vej, kan han eller hun finde noget bedre en anden vej. Så kan man også kombinere signaler og få endnu bedre kvalitet», forklarer Jan Østergaard.

Kunsten at undgå den digitale afgrund

Disse tanker kræver en del forskning, før signaler kommer til at fylde mindre og bliver mere robuste, for al erfaring fortæller, at folk ikke gider se på huller i billedet. Robustheden kaldes "Quality of Service" og handler blandt andet om varierende modtageforhold, hvilket for alvor bliver afgørende, når vi kommer tættere på reelt mobilt tv, hvor man bevæger sig mellem forskellige sendeforhold og forstyrrelser fra de fysiske omgivelser. Analogt tv er til en vis grad robust over for varierende modtageforhold, som blot resulterer i svingende signalkvalitet i form af flimrer på skærmen og støj på lyden. Digitalt tv derimod er på grund af solid fejlkontrollerende kodning i stand til konstant at opretholde et skarpt billede under skiftende modtageforhold – indtil et vist punkt. Hvis forholdene bliver for dårlige, kommer der pixelringer på skærmen, billedet fryser fast eller får udfald, og der kommer huller i lyden. Dette fænomen kaldes "den digitale afgrund" (se figur), og specielt områder langt fra sendemasterne kan være uheldige at ligge på den forkerte side af "afgrunden".

»Hvis der kommer én bitfejl for meget, så er alt tabt. Man kan ikke nøjes med et nogenlunde resultat, som man kunne med analogt tv, hvor man i tordenvejr eller hård blæst fik dårligere kvalitet på skærmen. Det findes ikke i digital sammenhæng. Enten virker det, eller også virker det ikke. Lige så snart man ikke får signal nok ind, så falder man ud over "den digitale afgrund"«, forklarer Jan Østergaard.

Vigtige begreber i den digitale tv-verden

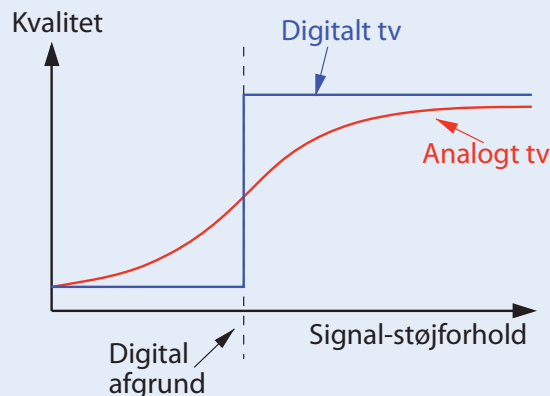
To af de vigtigste parametre, når man snakker tv-billeder er opløsning og billeder pr sekund (frame rate).

Med opløsning tænkes på den rumlige opløsning af et enkelt tv-billede, dvs. billedets bredde (antal kolonner) og højde (antal rækker eller linjer) i pixels. Et gammeldags analogt tv-signal havde en opløsning på 720x576 pixels, og når man i dag snakker om HD-tv (High Definition) mener man opløsninger, der er større end dette, hvilket i dag vil sige 1280x720 og 1920x1080.

Oftest nævner man kun antallet af vandrette linjer, dvs. højden af billedet 720 eller 1080.

Antallet af billeder pr sekund kan også opfattes som et tv-signals tidslige opløsning, og angives i enheden Hertz (Hz). Typiske værdier i Danmark er 25, 50 eller 100 Hz svarende til, at der vises 25, 50 eller 100 tv-billeder per sekund. Imidlertid kan billederne vises i enten *interlace*- eller *progressive*-formatet, hvilket angives med et lille "i" eller "p" som f.eks. 720i og 720p. Interlace betyder, at kun hver anden horisontale linje af tv-billedet vises på en gang (f.eks. alle de ulige linjer). Umiddelbart herefter vises kun den resterende halvdel af linjerne, dvs. alle de lige linjer. Ved f.eks. 50 hertz interlaced opdateres et komplet tv-billede altså kun effektivt 25 gange per sekund. I progressive-formatet vises det komplette tv-billede, og derfor fremstår et tv-signal, der udsendes ved 50 Hz progressive, meget skarpere, end hvis det udsendes ved 50 Hz interlace.

Det bedste signal i dag er altså 1920x1080p, som også kaldes Full HD. Der er dog endnu ingen tv-kanaler, der benytter sig af denne standard.



Figuren viser en meget principiel forskel mellem gammeldags analogt tv og digitalt tv: Mens kvaliteten af billedet stiger "trinløst" for det analoge signal jo mindre støj, der er (udtrykt ved et højt signal/støj forhold) er der for det digitale tv tale om en enten eller situation. Enten kan man se billedet, eller også kan man ikke.

»Man ved ikke helt, hvordan man ellers skulle gøre det, så det er en af de ting, vi ser på. Vi prøver at gå tilbage til nogle af

de analoge ting og passe det ind i det digitale, så man kan opnå forskellige niveauer af kvalitet, uden at det fylder mere.« ■

Om forfatteren:



Tor Bagger Elmegaard er journalist og kommunikationsmedarbejder ved De Ingeniør-, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Fakulteter på Aalborg Universitet.
Tlf. 9940 9644
E-mail: tb@adm.aau.dk

Om forskeren



Jan Østergaard er post doc ved Institut for Elektroniske Systemer Aalborg Universitet
Tlf. 99 40 86 93
E-mail: jo@es.aau.dk

Videre læsning:

Bog om den nye MPEG-4-standard: Iain E.G. Richardson: *H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next Generation Multimedia*. Wiley 2003.

Bog om alt vedrørende video: "How Video Works (2. udgave): From Analog to High Definition", af Marcus Weise og Diana Weymand. Focal Press 2004.

Hjemmesider:

www.digi-tv.dk
[Boxertv.dk](http://www.boxertv.dk)
http://da.wikipedia.org/wiki/Digitalt_tv
<http://mpeg.chiariglione.org>