

FORDELEN VED EFFEKTIV TILBAGEKOBLINGS- ANNULLERING

ARTHUR SCHAUB
INNOVATION AND TECHNOLOGY
EXECUTIVE, DIPL. PHYS.

Akustisk tilbagekobling har været et problem lige så længe, der har været høreapparater. Forbedringer er kommet gradvist, og der er nu opnået et vist kvalitetsniveau. Et af hovedemnerne i denne hvidbog er tilbagekoblingsannulleringssystemernes formåen. Derudover sættes der fokus på relevansen af tilbagekoblingsannullering i dagens høreapparater, hvad akustisk tilbagekobling er, konsekvenserne ved utilstrækkelige løsninger og udviklingen af tilbagekoblingsannullering gennem tiderne.

Tilbagekoblingsannullering – nøglen til succesen bag høreapparater med åben tilpasning

I det sidste årti har BTE-høreapparater opnået en enorm succes. Sammenlignet med andre høreapparatmodeller er brugen af disse forøget i hele verden. I USA er brugen for eksempel mere end tredoblet – fra 20 % af alle tilpasninger i år 2000 til 70 % i 2011 (Kirkwood, 2012).

BTE-apparaternes genopblomstring er sket af gode grunde. BTE-apparater er i dag repræsenteret af en ny slags høreapparater, der kom frem i begyndelsen af det nye årtusind: Mini-BTE-modeller med tyndslange og dome eller med receiveren i øret (RITE). I modsætning til mere traditionelle modeller forbliver øregangen helt åben. Således kommer der lyd ud af øregangen – en situation der tidligere helt sikkert frembragte tilbagekobling. I dag er akustisk tilbagekobling dog et meget mindre problem på grund af elektronisk indgriben. Faktisk er succesen bag åben tilpasning tæt forbundet til fremskridt inden for digital signalbehandling og specielt til adaptiv tilbagekoblingsannullering.

Akustisk tilbagekobling – hovedårsagen til tab af selvtillid

Det er irriterende, når et høreapparat begynder at hyle. Lige så snart, det begynder at hyle, er høreapparatet ikke længere brugbart. En situation der medfører tab af selvtillid og kan forårsage, at brugeren ikke ønsker at anvende høreapparaterne.

Som tidligere nævnt skabes akustisk tilbagekobling, når forstærket lyd kommer ud af øregangen. Tilbagekobling opstår, når et høreapparat forstærker et signal mere end det tilsvarende signal dæmpes, når det går fra receiveren tilbage til mikrofonen. I dette tilfælde når den tilbageførte lyd mikrofonen på et højere niveau, end da den først nåede mikrofonen. Lyden bliver således højere og højere, som den går igennem høreapparatet igen og igen, indtil den til sidst når til det højeste mulige output. Dette sker alt sammen meget hurtigt, faktisk inden for millisekunder.

Når et høreapparat begynder at hyle, er det ikke brugbart. Men tilbagekoblingsproblemerne opstår, før der forekommer hyl, således når værdien for høreapparatets forstærkning kun ligger lige under den værdi, hvor høreapparatet begynder at hyle. I dette tilfælde opstår der allerede en unaturlig lyd (f.eks. skarp) i høreapparatet, der kan forårsage en reduceret taleforståelighed. Denne effekt, kendt som suboscillerende tilbagekobling, kræver en sikkerhedsmargen: ideelt bør høreapparatets forstærkning ligge 6 dB under den værdi, hvor tilbagekoblingshylen begynder.

Der er andre grunde til at etablere en sikkerhedsmargen. Det er naturligvis ikke tilstrækkeligt, at et høreapparat kun virker uden tilbagekobling, hvis forholdene er ideelle. Man skal også kunne bruge høreapparatet uden tilbagekobling under virkelige forhold, herunder ved aflytning af musik, når man f.eks. sidder i en øreklapstol eller med hovedet tæt på andre ting, der kaster lyden tilbage.

Når et høreapparat
hyle, er det ikke
brugbart.

Med overgangen fra analog til digital teknologi blev der gjort fremskridt.

I dag indebærer modforholdsreglerne til forhindring af akustisk tilbagekobling stadig to utilstrækkelige løsninger: indstilling af forstærkningen under target og okkludering af øregangen. Begge løsninger giver uønskede bivirkninger. Forstærkning under target formindsker effekten af behandlingen og muligvis også taleforståeligheden. Okkludering af øregangen forårsager på den anden side en følelse af et generende tryk, og/eller at brugerens egen stemme lyder hul og giver generende høje tyggelyde. Det sidste er især generende, fordi det besværliggør deltagelse i samtaler, mens man spiser. Vi er vant til enten at tale eller lytte, mens vi tygger. Men med okkluderede ører vil brugerne have problemer med at forstå deres samtalepartnere.

Fremskridt takket være digital signalbehandling

Med overgangen fra analog til digital teknologi blev der gjort fremskridt. Grunden var, at adaptive signalbehandlingsalgoritmer blev tilgængelige. Nogle af disse algoritmer kunne bruges til akustisk tilbagekoblingsannullering.

De adaptive tilbagekoblingsannulleringsalgoritmer har behov for så meget regnekraft, at brugen af dem i de tidligste høreapparater kun var en grundlæggende konfiguration. Det er relativt nyt, at tilbagekoblingssystemer er begyndt at kunne tage højde for f.eks. musik og ændringer i tilbagekoblingsforløbet.

Tilbagekoblingsannullering i dag – ligheder og forskelle

Ideelt vil et tilbagekoblingsannulleringssystem ikke bare undertrykke akustisk tilbagekobling, men også få høreapparatet til at overholde en række yderligere krav:

- muliggøre fit-to-target
- muliggøre tilstrækkelig ventilation
- modstå tonale lydkilder
- modstå ændringer i tilbagekoblingsforløbet

Sådan et tilbagekoblingsannulleringssystem giver store fordele i alle høreapparatmodeller: tilbagekoblingsfri brug i virkelige situationer. I nogle tilfælde er det også muligt at forøge forstærkningen og stadig forhindre tilbagekobling eller at bruge en mere åben tilpasning. Alle disse fordele giver en større brugertilfredshed.

Muligheden for en mere åben tilpasning, der stadig kan forhindre tilbagekobling, er det, der kan forklare de åbent tilpassede mini-BTE-apparaters popularitet.

Muligheden for en mere åben tilpasning, der stadig er tilbagekoblingsfri, er det, der kan forklare de åbent tilpassede mini-BTE-apparaters popularitet. I en nylig markedsundersøgelse rapporterer Kochkin (2010), at hvad angår tygge- og synkelyde er mini-BTE-høreapparater 13 % mere populære end de mere traditionelle høreapparater – og 11 % mere populære, hvad angår lyden af ens egen stemme. Konklusionen er, at effektiv tilbagekoblingsannullering er med til at lette de traditionelle høreapparaters uønskede sidevirkninger.

Markedsundersøgelser viser dog kun et overordnet billede. Nogle læsere tror, at forskellige mærkers tilbagekoblingsannulleringssystemer er mere eller mindre lige gode. Dette indtryk stammer måske fra, at forskellige mærkers tilbagekoblingsannulleringssystemer benytter sammenlignelige adaptive behandlingsalgoritmer. Men i virkeligheden er der forskel på de forskellige mærkers tilbagekoblingsannulleringssystemer og deres strategier. Disse forskelle fremgik af tekniske undersøgelser foretaget af f.eks.: Freed og Soli, 2006; Merks et al., 2006; Parsa, 2006; Shin et al., 2007; Ricketts et al., 2008; Spriet et al., 2009.

Desværre findes der ikke en standardmetode, der evaluerer tilbagekoblingsannulleringssystemers effektivitet. Derfor er det svært at sammenligne undersøgelserne. Ofte afprøves høreapparaterne kun på en akustisk anatomisk model. Derved måles den gennemsnitlige effektivitet, mens personforskelle overses. Personforskelle skyldes selvfølgelig øregangens form og størrelse samt placeringen af receiveren. Men som det vil vise sig, afhænger forskellene også af høreapparatet, der testes. Afprøvet på de samme personer viste forskellige høreapparater større eller mindre forskelle. Så det er vigtigt ikke bare at se på den gennemsnitlige effektivitet, men også på forskellene.

En omfattende undersøgelse af både den gennemsnitlige effektivitet og forskellene blev udført af Ricketts et al. (2008). Disse forskere undersøgte seks høreapparater fra forskellige producenter, der findes på markedet. De tilpassede dem på 16 personer plus en akustisk anatomisk model. Derefter målte de også, hvor meget forstærkning, der kunne gives yderligere, før der opstår tilbagekobling (Additional Gain Before Feedback (AGBF)) ved hjælp af probemikrofon. I deres rapport beskriver de AGBF-resultaterne og konkluderer, at "AGBF forventes at være omtrent identisk i styrke til den anførte stabile forstærkning", hvilket er den mest anvendte metode.

Ricketts et al. (2008) beretter, at niveauet for AGBF fra forskellige høreapparater ligger mellem 0 til 15 dB, hvilket svarer til andre nylige undersøgelser. Og med hensyn til personforskelle bemærker de, at "AGBF værdierne var så små som 7 dB og så store som 16 dB afhængig af det pågældende tilbagekoblingsannulleringssystem, hvilket tyder på, at nogle modeller er mere robuste end andre."

Undersøgelsens resultat viser, at forskellen mellem de forskellige mærker er enorm.

Undersøgelsens resultat viser, at forskellen mellem de forskellige mærker er enorm. Det afspejler også de udfordringer, der opstår ved tilbagekoblingsannullering.

I løbet af årene har ingeniører eksperimenteret med forskellige metoder, hvis beskrivelser går ud over denne hvidbogs område. Ikke desto mindre kan det give en fornemmelse af de problemer, der findes, ved blot at kigge på de foreslåede metoder:

- Initialisering af de adaptive algoritmer med startværdier for at fremskynde effekten efter genindlæsning.
- Anvende subliminale probesignaler for at forbedre beregningen af tilbagekoblingsforløbet.
- Forædling af kontrolsignalerne for de adaptive algoritmer til at optimere tilpasningen til ændringerne i tilbagekoblingsforløbet.
- Variere bearbejdeshastigheden for de adaptive algoritmer alt efter den tilstedeværende signaltype.
- Foretage frekvenstilpasning af udgangssignalet for at annullere tilbagekoblingsloopet.
- Modulering af amplituden og/eller fasen af udgangssignalet, så det kan adskilles fra frifeltssignaler.
- Midlertidig reducere forstærkning i særlige frekvensintervaller for at overvinde kritiske forhold.

Denne liste er ikke udtømmende, men den kan indikere de mulige årsager til de rapporterede forskelle.

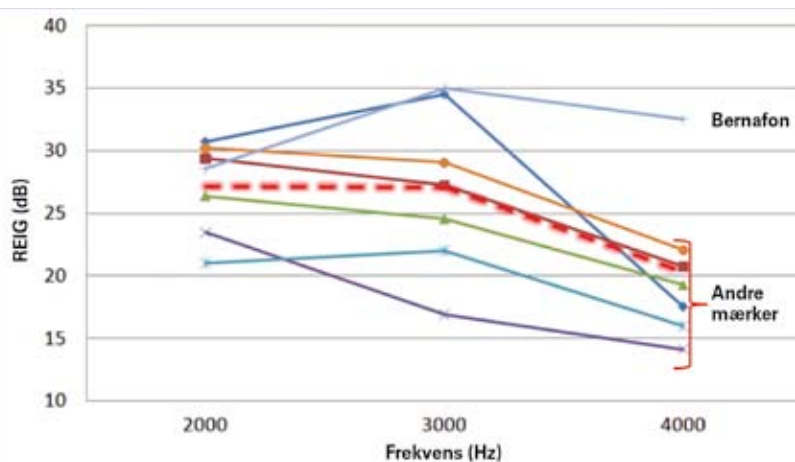
Adaptiv tilbagekoblingsannullering plus (AFC Plus) opnåede det bedste resultat

Adaptiv tilbagekoblingsannullering plus (AFC Plus) er Bernafons seneste udvikling inden for tilbagekoblingsannullering. Nøglen er en adaptiv algoritme, der giver en effektiv tilbagekoblingsannullering. Derudover er der et kredsløb, der klarer problemerne med tonale lydkilder og ændringer i tilbagekoblingsforløbet. Dette ekstra kredsløb er så avanceret, at effekten er maksimeret, mens hørbare artefakter undgås. Interne forsøg viste gode resultater. Disse resultater er tilgængelige i en af Bernafons Topics in Amplification artikler. Forsøgene fokuserede på, om høreapparater af forskellige mærker kunne modstå ændringer i tilbagekoblingsforløbet. De blev fortaget ved hjælp af et roterende bæger, der simulerede bevægelsen af en hånd eller et telefonrør ved høreapparatet. Ud af fem producenters høreapparater lykkedes det kun ét høreapparat at undgå tilbagekobling – udover Bernafons med AFC Plus. Men hvordan kan det resultat sammenlignes med andre undersøgelses resultater?

Som tidligere nævnt er sammenligninger af afprøvninger svære på grund af testmetodernes forskelle. Den eneste måde, hvorpå der kunne foretages en fair sammenligning, var at overlade projektet til en uafhængig institution. Prof. Ricketts og hans team ved Vanderbilt University har erfaringer inden for dette område og afprøver fortsat tilbagekoblingsannulleringssystemer. AFC Plus blev indsendt og inkluderet som en del af deres forsøg.

Først fandt forskerne ved Vanderbilt University tærsklen for additional gain before feedback (AGBF). De kom frem til, at AFC Plus' effekt var den samme som gennemsnittet af de seks andre mærkers ved 2 kHz, men var bedre ved 3 kHz og 4 kHz. Derefter blev deres testmetoder raffineret yderligere. I deres nye forsøg bestemte de den maksimale real ear insertion gain før tilbagekobling. Dette nye kriterium har en tydelig fordel, idet det kvantificerer fordelene for brugerne på en utvetydig måde. I modsætning hertil viser AGBF-værdien kun en relativ forbedring.

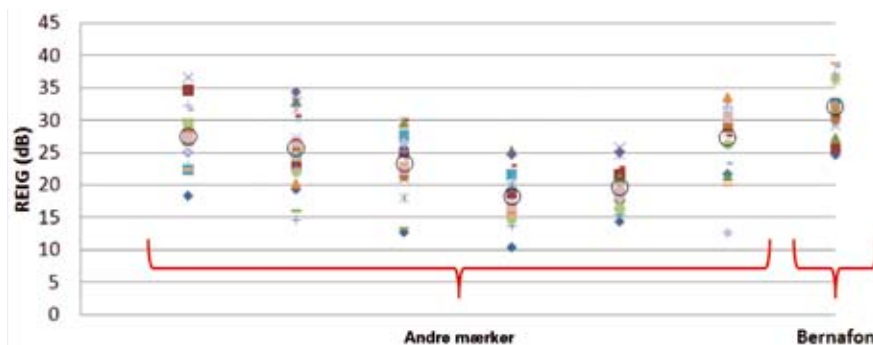
I de nye forsøg foretog forskerne åbne tilpasninger på 20 brugere – igen ved at bruge probemikrofoner for at bestemme real ear aided response. Igen blev afprøvningerne foretaget under virkelige forhold, herunder med tonale lydskilder og fysiske forhindringer (f.eks. øreklapstol). Personerne blev bedt om med vilje at skabe tilbagekobling ved hjælp af hoved- og kæbebevægelser, ved at fløjte og ved at holde en hånd tæt op til høreapparatet. Ydermere blev høreapparatet kun anset for at være fri for tilbagekobling, hvis det fastholdte en høj lyd kvalitet under disse forhold. Resultaterne vist i figur 1 bør derfor betragtes som en forsigtig vurdering.



Figur 1: Maksimale real ear insertion gain før tilbagekobling

Hvor effekten for alle andre mærker faldt til under 25 dB ved 4 kHz, oversteg AFC Plus 30 dB ved både 3 og 4 kHz.

Fig. 1 viser syv ubrudte linjer med forskellige farver. Hver farve repræsenterer et bestemt høreapparatmærkes performance. Derudover er der en stiplede rød linje, der viser gennemsnitsperformance for alle mærker. Først og fremmest viser diagrammet, at der er store forskelle mærkerne imellem. Hvor performance for alle andre mærker faldt til under 25 dB ved 4 kHz, oversteg AFC Plus 30 dB ved både 3 og 4 kHz – det er 10 til 15 dB mere end konkurrenternes gennemsnit.



Figur 2: Det individuelle maksimale real ear insertion gain for alle personer

Fordelen ved AFC Plus omfatter også personforskelle. Hvert symbol i figur 2 viser en brugers maksimale real ear insertion gain over 3 gennemsnitlige målfrekvenser på 2, 3 og 4 kHz. Hvor alle andre mærker fik minimum for deres performance ved 10 til 20 dB, performede AFC Plus ved et minimum på 25 dB. Derudover opnåede AFC Plus også det højeste individuelle maximum, som var tæt på 40 dB.

Testresultaterne
viser, hvor
fortræffelig
AFC Plus er.

Konsekvenser

Effektiv tilbagekoblingsannullering er den eneste fornuftige måde at løse problemet med akustisk tilbagekobling. Jo bedre et tilbagekoblingsannulleringssystem virker, desto større er høreapparatets tilpasningsområde, og desto større er fordelene for alle brugere.

De data, der blev indsamlet på Vanderbilt University, har været en del af de seneste præsentationer (Ricketts, 2012), og en artikel er også ved at blive færdiggjort. Testresultaterne viser, hvor fortræffelig AFC Plus er. Kig efter Bernafons høreapparatfamilier Chronos eller Acriva og udnyt høreapparaternes fortræffelige performance til din og brugernes fordel.

Litteratur

- Freed, D. J.; Soli, S.D. (2006). "An objective procedure for evaluation of adaptive antifeedback algorithms in hearing aids", *Ear Hear* 27(4): 382–398.
- Kirkwood, D. (2012). "Hearing aid sales rose by 3% last year, with California leading the way", *Hearing News Watch @ Hearing Health and Technology Matters*.
- Kochkin, S. (2010). "MarkeTrak VIII: Customer satisfaction with hearing aids is slowly increasing. *The Hearing Journal*, Vol. 63 (1), pp. 11–19.
- Merks, I.; Banerjee, S.; Trine, T. (2006). "Assessing the effectiveness of feedback cancellers in hearing aids", *Hear Rev* 13(4): 53–54, 57.
- Parsa V. (2006). "Acoustic feedback and its reduction through digital signal processing", *Hear J* 59(II): 16–23.
- Ricketts, T. A.; Johnson, E. E.; Federman, J. (2008). "Individual differences within and across feedback suppression hearing aids", *Journal of the American Academy of Audiology*, Vol. 19(10), pp. 748–757.
- Ricketts, T. A. (2012). "Verification of gain and output using speech mapping: Basics and Special Features", *Invited Learning Lab, AudiologyNow! – American Academy of Audiology Annual Convention, Chicago, IL*.
- Ricketts, T. A. (2012). "Today's Hearing Aid Features: Fluff or True Patient Benefit?", *Invited presentation to the Military Audiology Association JDVAC Annual Convention, San Diego, CA*.
- Ricketts, T. A. (2012). "Open Canal Hearing Aids: Tips and Tricks for the Clinic", *Invited Presentation for the New Zealand Audiological Society, Hamilton, NZ*.
- Shin, M.; Wang, S.; Bentler, R.; He S. (2007). "New feedback detection method for performance evaluation of hearing aids", *Sound Vibration*, 302: 350–360.
- Spriet, A.; Moonen, M.; Wouters, J. (2009). "Objective evaluation of feedback reduction systems in hearing aids", *European Signal Processing Conference (EUSIPCO), Glasgow, Scotland*.

Hovedkontor

Schweiz

Bernafon AG
Morgenstrasse 131
3018 Bern
Phone +41 31 998 15 15
E-mail: info@bernafon.ch

bernafon[®]
Your hearing • Our passion