

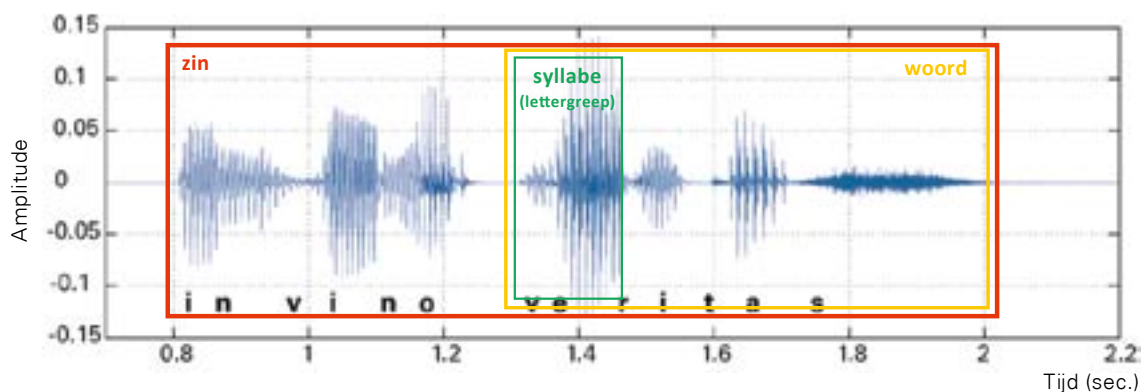
ChannelFree™, gepatenteerde technologie van Bernafon

Het is een enorme uitdaging om een adequate versterking te leveren ter compensatie van gehoorverlies. Geen enkel systeem kan ooit vervangen wat verloren is gegaan. Bernafons ChannelFree™ signaalbewerking is een geheel nieuwe benadering waarmee cochleair gehoorverlies beter kan worden opgevangen. Het is een radicale breuk met de signaalbewerking uit het verleden.

Wat is ChannelFree™ signaalbewerking? In de eerste plaats is het een basistechniek waarin Bernafon uniek is. Het is gebaseerd op gepatenteerde signaalbewerkingsmethoden. In essentie past ChannelFree™ signaalbewerking voortdurend de versterking van het hoortoestel aan om ieder foneem afzonderlijk de benodigde versterking mee te geven. En dat gebeurt zonder het signaal in een vast aantal kanalen of banden op te delen. Voordat we naar de details van ChannelFree™ signaalbewerking kijken, is het nuttig om even stil te staan bij het belangrijkste signaal – spraak. Wat zijn de belangrijkste eigenschappen van spraak en hoe kunnen we een signaalbewerkingstechniek ontwerpen om die eigenschappen zo goed mogelijk te benutten?

Eigenschappen van spraak

Als we spraak analyseren, onderscheiden we verschillende tijdssegmenten.

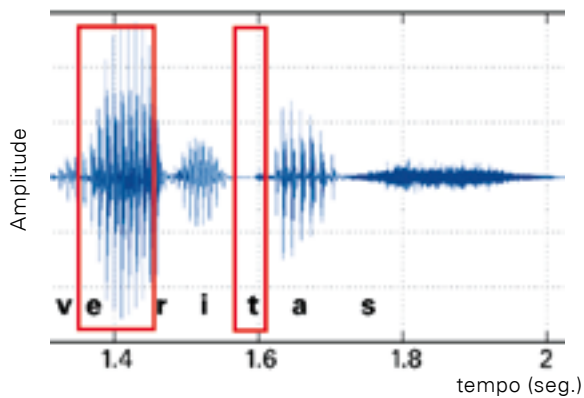


Figuur 1: Elementen van spraak.

We beginnen bij de **zinnen**, de langste eenheden van spraak. Zinnen kunnen gemiddeld twee seconden duren. Belangrijk is om te onthouden dat de intensiteit of het gemiddelde niveau van zin tot zin vrijwel constant is. Behalve bij extreem levendige sprekers zien we slechts weinig variatie tussen zinnen.

Als we naar de volgende temporele eenheid van spraak kijken – **woorden** – dan zien we ongeveer drie woorden per seconde. Ook bij woorden is het niveau over het algemeen constant.

Zelfs als we naar de **syllaben** (lettergrepen) kijken (gemiddeld vijf per seconde) zien we nog weinig niveau variaties tussen syllaben. Dat komt omdat elke syllabe minstens een klinker bevat. Klinkers of stemhebbende klanken zijn redelijk constant in hun niveau omdat ze uit dezelfde bron voortkomen – de stembanden.



Figuur 2: Niveaunderschillen tussen de fonemen “e” en “t”.

hoorgrens. Zelfs als ze hoorbaar zijn, worden de verschillen tussen harde en zachte fonemen uitvergroot door cochleair gehoorverlies. Fonemen verworden zo veelal tot een bron van spraakverwarring, zeker voor slechthorenden.

Pas als we het kleinste spraaksegment bekijken – het foneem (gemiddeld tien **fonemen** per seconde) – begint het beeld te veranderen. Fonemen zijn duidelijk heterogeen in hun intensiteit. Fonemen bestaan uit stemhebbende en stemloze klanken. Daarom verandert het niveau van het ene tot het andere foneem **spectaculair**. Vergelijk bijvoorbeeld eens de klinker “e” met de medeklinker “t” in Figuur 2.

Waarom is dit allemaal zo belangrijk?

Ten eerste worden fonemen, als gevolg van die variatie in intensiteit, zeer sterk beïnvloed door gehoorverlies. Zachte fonemen vallen vaak onder de

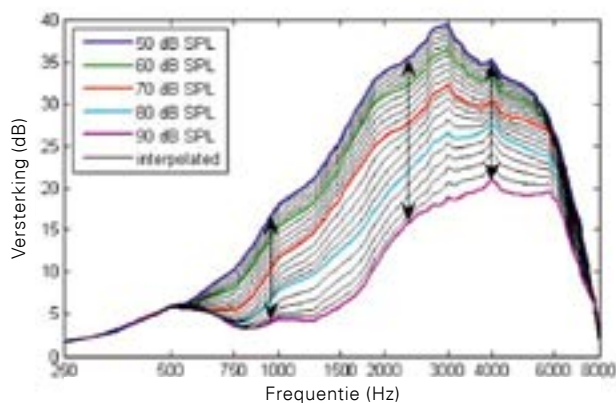
Temporele resolutie

Moderne hoortoestellen leveren versterking met compressie: zachte geluiden krijgen meer versterking dan harde geluiden. Dit wordt gedaan ter compensatie van het verlies aan buitenste haarcellen in de cochlea. Gezonde buitenste haarcellen leveren namelijk een zeer snelle (tijdconstante ~200 µsec) “natuurlijke” versterking met compressie. Je zou kunnen zeggen dat gehoorverlies zorgt voor zeer snelle expansie. Ter compensatie wordt dan van het hoortoestel een zeer snelle compressie gevraagd. Anders dan de versterking in andere hoortoestellen levert ChannelFree™ bewerking een zeer snelle fonemische compressie. In feite zorgt ChannelFree™ signaalbewerking voor een **analyse en versterkingsregeling van 20.000 keer per seconde**. Dit houdt in dat elk foneem gemiddeld 2.000 keer geanalyseerd en bijgeregeld wordt. Het resultaat is dat elk foneem precies de versterking krijgt die het nodig heeft: zachte stemloze medeklinkers krijgen meer versterking dan de luide klinkers. Op deze manier werkt ChannelFree™ signaalbewerking eigenlijk als een gezonde cochlea.

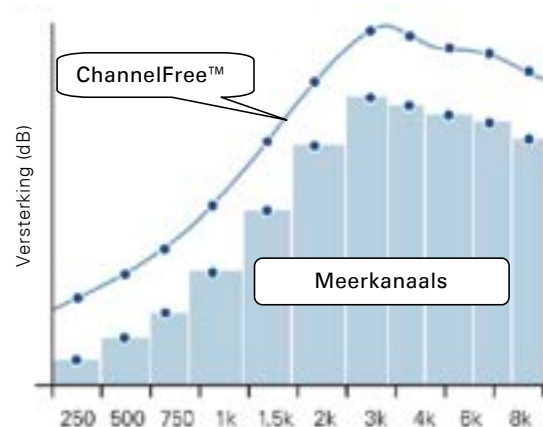
Dit vermogen om tijdgerelateerde gebeurtenissen zoals fonemen op te lossen (te onderscheiden), noemen we **temporele resolutie** (tijdoplossend vermogen).

ChannelFree™ signaalbewerking heeft de hoogste temporele resolutie van alle hoortoestellen en kan de kleinste spraakeenheid precies goed versterken.

Frequentieresolutie



Figuur 3: Onafhankelijke aanpassing van compressie over het hele frequentiespectrum.



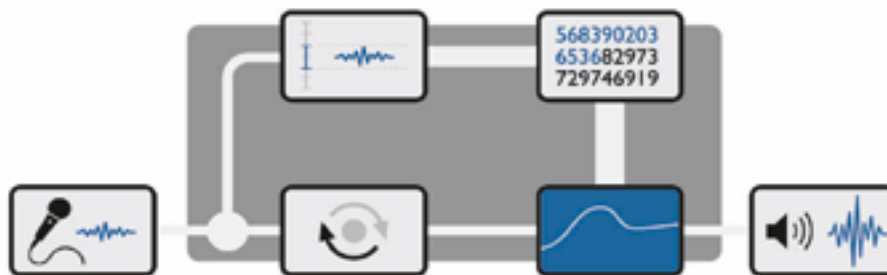
Figuur 4: Vergelijk van frequentie resolutie in ChannelFree™ versus meerkanaalstoestellen.

Natuurlijk is voor een goede compensatie van gehoorverlies ook de juiste versterking per frequentie nodig. (Om die reden werden meerkanaalstoestellen ontwikkeld.) ChannelFree™ signaalbewerking werkt volkomen anders dan de eerste éénkanaals compressiesystemen die gelijke compressie toepasten op alle frequenties. ChannelFree™ signaalbewerking maakt een onafhankelijke versterkingsregeling bij elke frequentie mogelijk. Met Bernafons aanpassoftware Oasis kunnen de versterking en compressie bij elke standaard audiometrische frequentie geregeld worden. Hierdoor wordt het mogelijk om de versterking precies op maat te maken voor een bepaald gehoorverlies.

Ook ten opzichte van meerkanaalssystemen bestaat een belangrijk verschil. In een meerkanaalssysteem kan de versterking per kanaal geregeld worden, maar binnen elk kanaal is de versterking constant. Dit kan een "traptrede"-effect in de frequentierespons tot gevolg hebben, zeker als de benodigde versterking tussen de frequenties sterk uiteenloopt. ChannelFree™ signaalbewerking daarentegen interpoleert gelijkmatig tussen frequenties en geeft op die manier de hoogst haalbare geluidservaring.

Hoe werkt het?

ChannelFree™ bewerking bestaat uit vier belangrijke blokken (zie Figuur 5). Belangrijk daarbij is dat er twee parallele trajecten zijn. Eén is er voor het signaal en één voor de analyse en de regeling van dit signaal. Deze methode van parallele uitvoering zorgt voor een zeer snelle doorlooptijd en minimale vertraging van het signaal.



Figuur 5: Functioneel blokdigram van ChannelFree™ signaalbewerking.

Het eerste blok in de analyse is **Niveau controle**. Dit blok meet voortdurend en onmiddellijk het geluidsdrumniveau (SPL, sound pressure level). Die informatie wordt doorgegeven aan het blok Filtercontrole.

De **Filtercontrole** is ervoor verantwoordelijk om vast te stellen hoeveel versterking gegeven moet worden bij een bepaald inputniveau/frequentiepunt. Dit levert een versterkingsplan op voor alle inputniveaus en frequenties. Dit versterkingsplan wordt door de audicien bijgesteld met behulp van Bernafon Oasis.

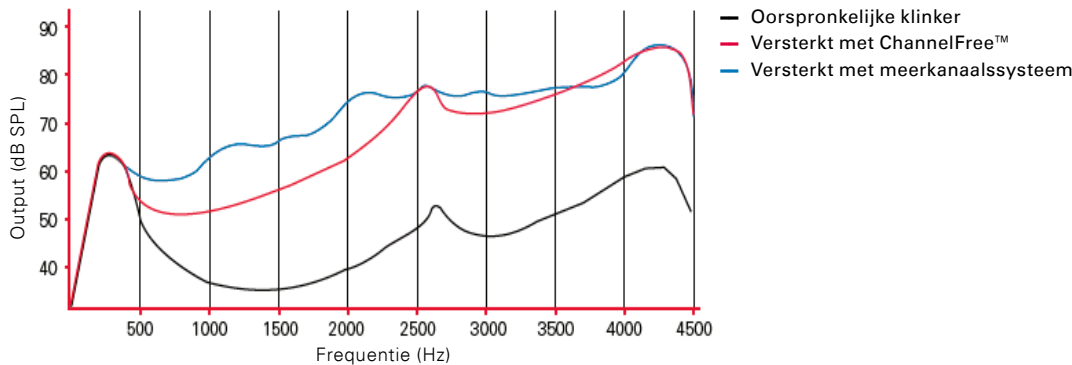
In het signaaltraject zit een **Bestuurbaar filter**. Het inputniveau (vastgesteld door het blok Niveau controle) selecteert een frequentie-versterkingscurve (vastgesteld door het blok Filtercontrole), en deze wordt in het blok Bestuurbaar filter op het signaal toegepast. Omdat dit allemaal tegelijk wordt uitgevoerd is er geen noodzaak tot het opdelen van het signaal in kanalen. Dit hele proces wordt 20.000 keer per seconde herhaald.

Omdat de signaalbewerking zo snel is, is het belangrijk dat de trajecten voor analyse en voor het signaal gesynchroniseerd zijn. Hiervoor zorgt het blok Synchronisatie, die het signaal en de versterking in de tijd gelijk houdt. Op deze manier vindt de juiste versterking precies op het juiste moment plaats.

Spectraal contrast behouden

Zoals we hebben gezien is het belangrijk om het temporele contrast (d.w.z. de niveau variaties die van moment tot moment optreden) in het signaal te reduceren omdat dit voor slechthorende mensen veel te groot is. Dit komt weer door het verlies aan buitenste haarcellen. Zachte geluiden versterken zonder harde geluiden teveel te versterken is de sleutel tot succesvolle aanpassingen.

Tegelijkertijd moet het **spectrale contrast** (het contrast in het frequentiedomein) behouden blijven. Dit komt omdat cochleair gehoorverlies ook het spectrale contrast (of de frequentieselectiviteit) aantast. Meerkanaalssystemen kunnen niet anders dan het spectrale contrast reduceren. ChannelFree™ bewerking is in die zin uniek dat het spectrale contrast nooit en te nimmer wordt aangetast. Het resultaat: helder natuurlijk geluid met optimale verstaanbaarheid.



Figuur 6: Spectrale versmearing kan het gevolg zijn van een meerkanaalssysteem (blauwe curve). ChannelFree™ behoudt het spectrale contrast van het oorspronkelijke signaal (rode curve).

Conclusie

Gehoorverlies is absoluut een complex probleem. ChannelFree™ signaalbewerking is een compleet nieuwe en innovatieve aanpak ter compensatie van gehoorverlies. Het zorgt voor:

- Fonemische compressie die de zachtste spraakgeluiden versterkt zonder de luide klanken te hard te maken
- Flexibiliteit om de versterking in elke frequentie te regelen waardoor de aanpassing geheel op maat wordt gemaakt voor elk afzonderlijk gehoorverlies
- Geen verlies aan spectraal contrast waardoor maximale informatie op het aangetaste oor wordt overgedragen

Het resultaat is een helder en natuurlijk geluid waarop niets valt af te dingen. Geen enkel meerkanaalssysteem krijgt dit voor elkaar – alleen ChannelFree™. ChannelFree™ systemen zijn alleen verkrijgbaar bij Bernafon.

Hoofdkantoor

Switzerland

Bernafon AG
Morgenstrasse 131
3018 Bern
Phone +41 31 998 15 15
Fax +41 31 998 15 90
www.bernafon.com

Nederland

Bernafon Nederland b.v.
Postbus 22
4180 BA Waardenburg
Telefoon +31 (0)418 66 70 40
Fax +31 (0)418 66 70 49
www.bernafon.nl

SWISS 
Engineering

Bernafon Companies

Australia • Canada • Denmark • Finland • France • Germany • Italy • Japan • Netherlands • New Zealand • Poland • Sweden • Switzerland • UK • USA