

Practicum 3 Proef 7: Sonograaf

1. Doel

Vertrouwd geraken met verschillende vormen van frequentieanalyses. Zo zullen we stationaire, niet-stationaire geluiden trachten te analyseren.

2. Methode

In het eerste deel van het practicum zullen we werken met stationaire golven. Hiervoor gebruiken we het computerprogramma 'real-time frequentieanalyse'. We sluiten een BNC-BNC-kabel aan op ingang 1 IN van de buffermodule. Eerst maken we een sinusvormig signaal met een frequentie van 300Hz en experimenteren wat om vertrouwd te geraken met het programma.

Daarna zetten we het op een blokvormig signaal en een willekeurige frequentie (wij gebruikten 297Hz). We noteren de frequentie en amplitude. Dit herhalen met een ander soort signaal (zigzagsignaal). We maken ook zelf stationaire geluiden en vergelijken de verschillen tussen personen.

In het tweede deel werken we met niet-stationaire golven. Hiervoor gebruiken we het computerprogramma 'Sonograaf'. Het laat ons een niet-stationair signaal zien als functie van de tijd en als functie van de frequentie. Bovendien stelt het de verschillende amplitudes in de 3^{de} dimensie voor door verschillende kleuren.

In het derde deel van het practicum maken we gebruik met het programma 'Speech Filing System'. Dit programma stelt ons in staat om bepaalde aspecten van het signaal te wijzigen en het effect daarvan visueel en akoestisch waar te nemen.

3. Berekeningen en resultaten

We vergelijken de amplitude en frequentie van 4 harmonieken, inclusief de grondharmoniek, van een blokvormig signaal op ruwweg 297 Hz met zijn grondharmoniek. Hieruit halen we de verhouding en vergelijken deze met de theoretische verhouding. Deze komt bij ons zeer goed overeen:

Amplitude grondharmoniek (V)	Amplitude harmoniek (V)	Waargenomen verhouding	Theoretische verhouding
$2,91 \pm 0,01$	$2,91 \pm 0,01$	$1,00 \pm 0,01$	1,00
$2,91 \pm 0,01$	$0,96 \pm 0,01$	$0,33 \pm 0,01$	0,33
$2,91 \pm 0,01$	$0,59 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,01$	0,20
$2,91 \pm 0,01$	$0,42 \pm 0,01$	$0,14 \pm 0,01$	0,14

Frequentie grondharmoniek (Hz)	Frequentie harmoniek (Hz)	Waargenomen verhouding	Theoretische verhouding
$299,30 \pm 0,01$	$299,30 \pm 0,01$	$1,00 \pm 0,01$	1,00
$299,30 \pm 0,01$	$900,61 \pm 0,01$	$3,01 \pm 0,01$	3,00
$299,30 \pm 0,01$	$1504,10 \pm 0,01$	$5,03 \pm 0,01$	5,00
$299,30 \pm 0,01$	$2096,90 \pm 0,01$	$7,01 \pm 0,01$	7,00

Dit herhalen we voor een ander vorm van signaal. Wij gebruiken een zigzagvormig signaal:

Amplitude grondharmoniek (V)	Amplitude harmoniek (V)	Waargenomen verhouding	Theoretische verhouding
$1,94 \pm 0,01$	$1,94 \pm 0,01$	$1,00 \pm 0,01$	N/A
$1,94 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01$	N/A
$1,94 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$	N/A
$1,94 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$	N/A

Frequentie grondharmoniek (Hz)	Frequentie harmoniek (Hz)	Waargenomen verhouding	Theoretische verhouding
$299,30 \pm 0,01$	$299,30 \pm 0,01$	$1,00 \pm 0,01$	1,00
$299,30 \pm 0,01$	$900,61 \pm 0,01$	$3,01 \pm 0,01$	3,00
$299,30 \pm 0,01$	$1504,10 \pm 0,01$	$5,03 \pm 0,01$	5,00
$299,30 \pm 0,01$	$2096,90 \pm 0,01$	$7,01 \pm 0,01$	7,00

Wanneer we de verschillende letters gaan vergelijken die door mij (Tim) en Robin geproduceerd zijn, zien we duidelijke verschillen tussen de letters en personen onderling. Zo pieken 'A' en 'E' bij beide personen sterk op 400Hz. De fourierreeks bij Tim is echter accurater, omdat het aantal volt bij Robin vaak 1V overschrijdt. Hierdoor zal de computer het signaal afplatten op 1V en zo een inaccurate fourierreeks produceren. Het verschil tussen de 2 'E' was minder significant. Bij Tim waren er meer spanningspieken in het tijdsdomein, terwijl de pieken bij Robin meer uitgesproken waren.

Bij 'S' is de fourierreeks zo goed als de zelfde. Enkel de intensiteit verschilt, maar dit kan te wijten zijn aan het volume. Er zit wel een duidelijker verschil tussen 'S' en 'A & E'. Zo is 'S' actiever bij alle frequenties en vooral 7-9MHz.

We hebben met de sonograaf de weer een blokvormig signaal bestudeerd bij een frequentie van 150 Hz. Dit geeft de volgende resultaten:

	Grondharmoniek	Harmoniek 1	Harmoniek 2	Harmoniek 3
Tijd (ms)	$0,146 \pm 0,001$	$0,146 \pm 0,001$	$0,146 \pm 0,001$	$0,146 \pm 0,001$
Frequentie (Hz)	156 ± 1	461 ± 1	625 ± 1	766 ± 1
Intensiteit (A)	$1,00 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01$

Hieruit kunnen we weer de verhoudingen berekenen tussen de harmonieken en de grondharmoniek.

	Grondharmoniek	Verhouding 1	Verhouding 2	Verhouding 3
Tijd (ms)	$0,146 \pm 0,001$	1	1	1
Frequentie (Hz)	156 ± 1	3	4	5
Intensiteit (A)	$1,00 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01$

Wanneer we deze gaan vergelijken met de theoretische verhoudingen, merken we dat de verhouding tussen de eerste harmoniek en de grondharmoniek nog zeer goed overeen komt. De experimentele verhouding tussen harmoniek 2 & 3 verschillen toch wel van de theoretische verhouding. Dit komt omdat we waarschijnlijk de verkeerde piek hebben genomen. Normaal gezien moet men de oneven $(2n+1)$ harmoniek nemen, omdat dit allemaal sinussen zijn. Op ons beeld staan echter ook even $(2n)$ harmonieken, die cosinussen zijn. Deze hebben we niet nodig en zullen aanleiding geven tot een foute verhouding.

4. Bespreking

Als geluid hebben we gekozen voor 'Afrikaanse kikkergeluiden'. Deze hebben we gedurende 30 seconden laten afspelen. Wat opvalt is dat een frequentie rond 1250 Hz een enorme intensiteit teweegbrengt. Wat ook vrij duidelijk zichtbaar is, is de constante herhaling van het geluid. Tussen elke 'kwaak' van de kikker zit ongeveer halve seconde, dit is eveneens ongeveer de duur van de lengte van de 'kwaak' zelf. Als we een enkele 'kwaak' nader bestuderen valt het op dat de 'kwaak' zelf ook uit repeterende deeltjes bestaat. Hierbij is er elke keer een verandering in intensiteit merkbaar. De lengte van zo'n een enkel repeterend deel is ongeveer 0.015 seconden.

Voor de opname van onze spraak hebben we gekozen voor 'Do-Re-Mi-Fa-Sol-La-Si-Do' te zeggen omdat deze 'zin' op zichzelf al verschillende frequenties benadert. Als we de opname van Robin en Tim vergelijken met elkaar valt er op te merken dat bij Robin over het algemeen de amplitude, en bijgevolg dus ook de intensiteit, hoger ligt dan bij Tim. Dezelfde vaststelling maken we bij de zin 'Yo mamma is so fat...'. Een conclusie dat we hieruit kunnen trekken is dat de toonhoogtes van beide personen verschillend zijn. Als we de spectrogrammen naast elkaar leggen kunnen we wel duidelijk de verschillende tonen onderscheiden bij 'Do-Re-Mi-Fa-Sol-La-Si-Do', ook bij 'Yo mamma is so fat...' zijn er verschillende lettergrepen te onderscheiden.

Voor de vergelijking tussen man en vrouw te maken hebben we gebruik gemaakt van de zin 'Een boterham met choco.'. Veel verschil is er niet merkbaar tussen de man en vrouw. Wat wel opvalt is dat er bij de vrouwelijke persoon tussen elk woord een val van de amplitude merkbaar is terwijl bij het mannelijk proefpersoon dit niet het geval is.

Maar of dit te wijten is aan het geslacht of gewoonweg de manier van spreken kunnen we niet determineren. Een andere vaststelling is dat de amplitude van de man groter is dan die van de vrouw, maar dit kan eveneens liggen aan het feit dat er luider gesproken werd.

Een laagdoorlaatfilter laat enkel het lage deel van het spectrum door. Alle andere frequenties worden verzwakt. Dit heeft tot gevolg dat de hoge delen van het spectrum worden verzwakt waardoor de klank van het signaal verandert. Dit kunnen we ook zien op het spectrogram, bv. tussen 1.8 en 2.4 seconden is dit duidelijk merkbaar.