

VOSIM: formantsynthese met de precisie van een Zwitsers horloge.

‘Berg op, berg af, berg op, berg af en dan, even rust’: de grafische partituur van het vosimsignaal. Een stilering van het Zwitsers berglandschap?

Isaac Bee(c)kman

In 1616 poneerde deze Nederlandse geleerde een geluidstheorie. Hij stelde zich voor dat een trillende snaar de lucht in stukjes hakte overeenkomstig de frequentie van de snaartrilling. Deze stukjes geluid pantten zich naar alle richtingen voort en zorgden in het oor voor een geluidssensatie. Beekmans model was zo eerder een deeltjesmodel dan een golfmodel. Hoewel zijn theorie door de huidige inzichten is achterhaald, is het wel een mooie metafoor voor de diverse formantsynthesemodellen als FOF, Pulse Forming Synthesis en ook VOSIM.

In al deze modellen komt het er op neer dat één of meerdere opeenvolgende pulsen met een vaste tijdsduur en met daarna een rustperiode worden getriggerd met een periodiciteit van de gewenste toonhoogte.

VOSIM: Werner Kaegi & Stan Tempelaars

Kaegi en Tempelaars maakten beide deel uit van de staf van het instituut voor sonologie van de rijksuniversiteit Utrecht gedurende de zeventiger en tachtiger jaren. In de vroege zeventiger jaren deed de Zwitserse componist en wetenschapper Dr. Werner Kaegi onderzoek naar spraakklanken.

In die tijd was ik sonologiecursist en volgde colleges van o.a. Kaegi en Tempelaars: en, dat was geen straf. Het nieuwe leren was godzijdank nog niet uitgevonden. Niets van ‘iederwijs, allen dom’. Twee echte docenten, waarbij het prima was gewoon ouderwets leerling te zijn. Kaegi’s onderzoek naar de essentie van spraakklanken heeft ondermeer geresulteerd in zijn Vosim- formantklanksynthesemodel dat hij samen met Stan Tempelaars verder ontwikkelde en later in 1978 publiceerde in de Amerikaanse vakpers. De naam Vosim is afgeleid van *Voice Simulation*.

Naar eigen vermelding maakte Kaegi in 1967 kennis met de sinuskwadraatpuls en z’n spectrale kenmerken. Al in 1966 had hij het idee om op basis van pulssignalen een klanksynthesemodel te ontwikkelen. Uiteindelijk resulteert dat in *‘berg op, berg af, berg op, berg af en dan, even rust.’* Eén of een aantal sinuskwadraatpulsen achter elkaar met dezelfde of afnemende amplitude, gevolgd door een rustperiode. Dat is één Vosim-tijdfunctie, gedetailleerd bestuurbaar d.m.v. 12 parameters (zie *1-VOSIM-functie*). Zo’n Vosim-tijdfunctie

kunnen we ons voorstellen als het kleinste microklankje uit het Vosim-repertoire, een quantum, of grain.

Het vormt de basisbouwsteen voor alle in Vosim te synthetiseren klanken. Het klankkarakter van zo'n grain is afhankelijk van het aantal pulsen, de duur van die pulsen en het al of niet afnemen in amplitude. Maar ook van het gegeven of zulke Vosim-tijdfuncties worden getriggerd in het tijd- of toonhoogtedomein (sneller dan ca 20 maal per seconde).

Vosimpulstreintjes getriggerd in het ritmedomein

Laad *simple VOSIM-1* en luister naar de eerste vier variations. Je hoort nu twee maal per seconde korte percussieve klanken met achtereenvolgens een 'oe'-. 'oo'-. 'ò-' en 'aa'- klankkarakter. Deze korte serie uitdovende sinuskwadratpulsen worden gekenmerkt door zowel een vokaalkarakter als een toonhoogte-indruk.

Als we de Vosim-functies langer maken, meer opeenvolgende pulsen, die langzamer uitdoven, dan horen we een duidelijk uitstervende sinustoon. De variations 5 t/m 8 laten dat horen: vijf keer één maal per seconde een uitdovende toon met duidelijk onderscheiden toonhoogte.

Vosimfuncties getriggerd in het toonhoogtedomein

Open *simple VOSIM-2*. Nu hoor je wat er gebeurt als je de Vosim-functies zo snel achter elkaar triggert dat de triggerfrequentie zelf een toonhoogtegewaarwording oplevert. De snelle stukjes geluid volgen elkaar zo snel op dat ons waarnemingssysteem ze niet meer afzonderlijk kan volgen. De in het tijddomein discrete klankjes integreren nu tot een continuüm: een toonhoogte- en timbre-ervaring. We hebben nu twee met elkaar 'verweven' periodiciteiten verkregen. De triggerperiodiciteit bepaalt nu de toonhoogte van de resulterende klank en de frequentie van de pulsen is bepalend voor de klankkleur.

In de voorbeelden 1 t/m 4 hoor je achtereenvolgens steeds dezelfde lage toon, E (MIDI nootnummer 40), maar met een verschillend vokaaltimbre: nogmaals het bekende rijtje, 'oe', 'oo', 'ò' en 'aa'. Variation 5 laat horen wat er gebeurt als de frequentie van de sinuskwadratpulsen wordt gemoduleerd, terwijl de toonhoogte hetzelfde blijft: je hoort nu het wah-effect, het heen en weer schuiven tussen de vokaliteiten 'oe' en 'aa'.

Als we de frequentie van de pulsen gelijk laten, maar de triggerperiodiciteit moduleren kunnen klanken worden opgewekt met verschillende toonhoogte maar met dezelfde formant, ofwel vokaalkwaliteit. In voorbeeld 6 hoor je zo een sirene met een duidelijke 'aa'-klankkarakter. In variation 7 wordt de toonhoogte willekeurig gemoduleerd, maar blijft de frequentie van de sinuskwadratpulsen gefixeerd op circa 3000 Hz.

Patch *simple VOSIM-3* laat nogmaals 8 variaties horen van diverse modulaties van grondtoonperiodiciteit en formantfrequentie. Uit deze voorbeelden blijkt dat je met één vosimfunctie slechts klanken kunt realiseren met één formant. Hoe sterk die formant is hangt af van het aantal pulsen en hun eventuele amplitudeafname binnen één vosimgrain.

Om je een indruk te geven wat er mogelijk is met slechts één Vosimfunctie open je de patches *VOSIM-Singer* en *VOSIM-Trance*. Deze twee patches zijn gebaseerd op *control sequence data*, die ook al in vorige afleveringen werden toegepast voor het aansturen van diverse synthesesmodellen (Interface 108, 111, 112, 113 en 115). Wat bij vergelijking weer eens duidelijk blijkt is dat de aansturing van een synthmodel van cruciaal belang is voor het uiteindelijke klinkende resultaat. En dat geldt evenzeer voor Vosim.

Een mix van Vosimfuncties

Willen we klanken genereren met duidelijk meerdere formanten dan moeten we eenvoudigweg meerdere vosimfuncties stapelen, mixen. Een voorbeeld hiervan tref je aan in de patch *VOSIM-WindIns*. Hier worden twee onafhankelijke pulstreinen getriggerd door één en dezelfde trigger oscillator om blaasinstrumentklanken te simuleren, die worden gekenmerkt door twee formanten.

VOSIMthePatch, hoe het werkt

In deze afbeelding zie je de vereenvoudigde implementatie van het oorspronkelijke Vosimmodel van Kaegi. Het hart wordt gevormd door een trigger oscillator en een slave oscillator. De trigger osc bepaalt de toonhoogte en de slave de formantfrequenties.

Daarvoor is het noodzakelijk dat de slave wordt gesynct door de trigger osc. De uitgang van de slave wordt in een envelope generator module voorzien van een omhullende met uitdovende amplitude. Deze omhullende generator wordt eveneens getriggerd door de trigger osc (hij werkt dus in het toonhoogtedomein!)

De uitgang van deze envelope module kan vervolgens worden aangesloten op een volgende envelope generator die bijvoorbeeld traditioneel wordt aangestuurd door de toetsen op de synthesizer.

sine² pulsen

De vorming van de sinuskwadraatpulsen gaat als volgt. De sinusuitgang wordt in een multiplier module (vermenigvuldiger) met zichzelf vermenigvuldigd, gekwadrateerd. Het negatieve deel van de sinus wordt door vermenigvuldiging met zichzelf positief. Het positieve deel blijft uiteraard positief.

We hebben zodoende een nieuw sinussignaal verkregen met dubbele

frequentie en gehalveerde amplitude. Daarom wordt met een constant module de slave oscillator een octaaf naar beneden getransponeerd. Om de amplitude weer op oorspronkelijk niveau te brengen wordt het uitgangssignaal in een amp module met twee vermenigvuldigd.

bottom lines

De belangrijkste Vosimparameters, de duur van de sinuskwadraatpulsen (ofwel de formantfrequentie), het aantal pulsen en hun amplitudeafname zijn in hoge mate relevant voor de waarneming.

Het alledaagse klankbeschrijvingsjargon als: de trompet doet van retteketet, maar de grote trom van bom bom bom, verwijst zo direct naar een voor het gehoor zo'n belangrijke kwaliteit als de spectrumomhullende.

Via het internet kun je nog wel aan de twee in de literatuurlijst vermelde boeken van Kaegi en Tempelaars komen. Wil je je verdiepen in deze materie dan zijn deze publicaties een aanrader: heb je toch nog met terugwerkende kracht les van beide Meesters.

Ernst Bonis

Dit artikel werd eerder gepubliceerd in Interface 115 januari/februari 2008.

Internet

<http://www.kaegi.nl/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Werner_Kaegi_\(composer\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Werner_Kaegi_(composer))

mp3: composities van Werner Kaegi voor sopraan en computer
www.dieuwkeaalbers.nl/DVDfilm5.html

tutorial van Rob Hordijk over een VOSIMimplementatie in de NMG2-software
www.clavia.se/nordmodular/Modularzone/VOSIM.html

Rob Hordijks G2 website
www.xs4all.nl/~rhordijk/G2Pages/index.htm

literatuur

Kaegi, W. (1967) Was ist elektronische Musik, Orell Füssli Verlag, Zürich 1967

Kaegi, W. 1973 "A minimum description of the linguistic sign repertoire (part 1)"
Interface 2: 141 - 156

Kaegi, W. 1974 "A minimum description of the linguistic sign repertoire (part 2)"
Interface 3: 137 – 158

Kaegi, W., and S. Tempelaars. 1978. "VOSIM - a new sound synthesis system"
Journal of the Audio Engineering Society 26(6): 418 – 426

Werner Kaegi, "Controlling the VOSIM Sound Synthesis System," Interface 15, 1986.
Swets & Zeitlinger B.V. Lisse

Elektronische muziek,
F.C. Weiland en C. A. G. M. Tempelaars,
Bohn, Scheltema & Holkema,
Utrecht/Antwerpen 1982