

D-Jogger

Je lichaam als besturing voor je MP3 speler



De populariteit en het gebruik van draagbare audiospelers, zoals Apple's iPod, is de laatste jaren enorm gestegen. Draagbare audiospelers bevatten steeds meer mogelijkheden, maar ze hebben één fundamentele beperking, namelijk dat de bediening ervan nog steeds gebeurt via de knopjes van de gebruikersinterface. Onderzoek aan de Universiteit Gent resulteerde in een systeem waarbij draagbare audiospelers worden bediend met het lichaam, meer bepaald op basis van het stap- of looptempo van de gebruiker. Automatisch de perfecte muziek aangeboden krijgen tijdens een training? Het kan!

Bart Moens

Veel sporters gebruiken muziek als stimulus bij het sporten. Daarom zie je vaak joggers trainen met hoofdtelefoontjes, waarbij gebruik wordt gemaakt van een op voorhand geconstrueerde afspeellijst. Volgens sporters is het aangenaam en motiverend als de beats van de muziek samenvallen met de stappen. D-Jogger is een platform dat de muziekkeuze tijdens activiteiten zoals joggen of lopen automatiseert. Afhankelijk van je stap- of looptempo wordt de best passende muziek gekozen, zoals een persoonlijke DJ dat je plaatjes mixt op basis van je tempo. D-Jogger is ontwikkeld aan de Universiteit Gent als hulpmiddel om musicologisch onderzoek te verrichten, maar kan eveneens dienst doen als gadget voor sporters.

Joggen op muziek, een recent fenomeen

Draagbare audiospelers bestaan al lange tijd. De pionier was Sony Walkman, een draagbare cassettespeler geïntroduceerd in 1979. Draagbare cd spelers waren de eerste draagbare digitale audiospelers, maar deze leenden zich niet goed tot sporten omwille van de schokgevoeligheid en hun grootte. De doorbraak voor de digitale audiospelers kwam er met Apple's iPod: een kleine, compacte audiospeler die ondersteuning biedt voor het populaire MP3 audio formaat. Deze MP3 spelers

winnen steeds meer aan populariteit onder sporters omwille van hun lage gewicht, kleine afmetingen, grote opslagcapaciteit en schokbestendigheid.



Figuur 1 Joggen op muziek

Muziek kan een positief effect hebben op sporters. Fitnesscentra maken bijvoorbeeld gebruik van muziek omdat het de sporters motiveert en bezig houdt tijdens de training. Het is echter onmogelijk muziek te selecteren die voor elke sporter aangenaam is. Dankzij de kleine audiospelers is dat nu wel mogelijk voor sporters.

De perfecte afspeellijst voor je training

Om goede trainingsmuziek te selecteren, moet er rekening gehouden worden met een aantal factoren. Een eerste factor is het tempo van de muziek, uitgedrukt in *beats per minuut* of *BPM*. Voor de meest courante muziek ligt de BPM waarde tussen 80 en 200, waarbij het tempo van popmuziek zich gemiddeld bevindt rond de 120 BPM. Een overzicht van een aantal muziekgenres en hun BPM waardes is te vinden in tabel 1. Overige factoren om een goede afspeellijst te creëren zijn onder andere de persoonlijke muzieksmaak en het type training. Hierdoor kan het creëren van een persoonlijke lijst een tijdrovend proces zijn. Een mogelijke afspeellijst is bijvoorbeeld rustige muziek bij de opwarming, muziek op hoog tempo voor het lopen en opnieuw rustige muziek bij het uitbollen.

D-Jogger: muziek op je eigen tempo

De recentste draagbare audiospelers bieden veel meer functies dan enkel muziek afspelen, zoals video's afspelen, games, telefoneren, ... Ook de gebruiksvriendelijkheid van deze toestellen is sterk verbeterd, onder meer door toevoeging van een *accelerometer* (zie kaderstuk).

De door UGent ontwikkelde *D-Jogger* maakt gebruik van de accelerometer om het tempo van de gebruiker, uitgedrukt in *stappen per minuut* of *SPM*, te analyseren. Voor de stapdetectie worden verschillende bestaande technieken uit de digitale signaalverwerking gecombineerd. De SPM waardes variëren tussen de 60 SPM (traag stappen) en de 200 SPM (sprinten). We merken op dat dit ongeveer hetzelfde bereik is als voor de BPM waardes: toeval of niet? Een overzicht van zowel de SPM en BPM waardes is terug te vinden in tabel 1.

D-Jogger kan met behulp van een SPM waarde een passende muziekkeuze maken uit de beschikbare muziek op de audiospeler: er wordt steeds een liedje gekozen met een BPM waarde dicht bij de SPM waarde. Op deze wijze wordt op ieder moment van de training passende muziek gekozen.

BPM/SPM	Typische muziekgenres	Typische staptempo's
70-100	R&B, hiphop, ...	Rustig stappen
100-130	Popmuziek, house	Normaal staptempo
130-150	Techno, dance	Joggen
150-200	Drum&bass, ...	Lopen en sprinten

Tabel 1: beats per minuut (BPM) en stappen per minuut (SPM). Sommige genres zoals alternatieve muziek en jazz hebben geen typerende BPM waarde.

Variabel tempo: aanpassen van de afspeelsnelheid

In een realistische situatie is het stap- of looptempo afhankelijk van het afgelegde traject, persoonlijke voorkeur, vermoeidheid... D-Jogger zal bij kleine variaties van het tempo niet steeds een nieuw liedje kiezen omdat dit storend is voor de gebruiker. Daarom past de applicatie het tempo of BPM van het huidig afspelend liedje aan door gebruik te maken van een zogenaamde *phase vocoder*. Een *phase vocoder* versnelt of vertraagt een audiosignaal zonder de toonhoogte te veranderen, waardoor tempoveranderingen in de muziek niet of nauwelijks hoorbaar zijn voor de gebruiker. Dankzij deze *phase vocoder* kan de BPM altijd gelijk zijn aan de SPM, zelfs al varieert het stap- of looptempo van de gebruiker.

Te grote tempoveranderingen ten overstaan van het originele muziektempo gaan de muziek echter merkbaar vervormen. Uit experimenten blijkt dat voor de meeste muziekgenres een tempoverschil van 10% ten overstaan van het originele tempo aanvaardbaar is. Als de tempoaanpassing groter is, kiest D-Jogger een nieuw liedje.

In sync, sneller en motiverend!

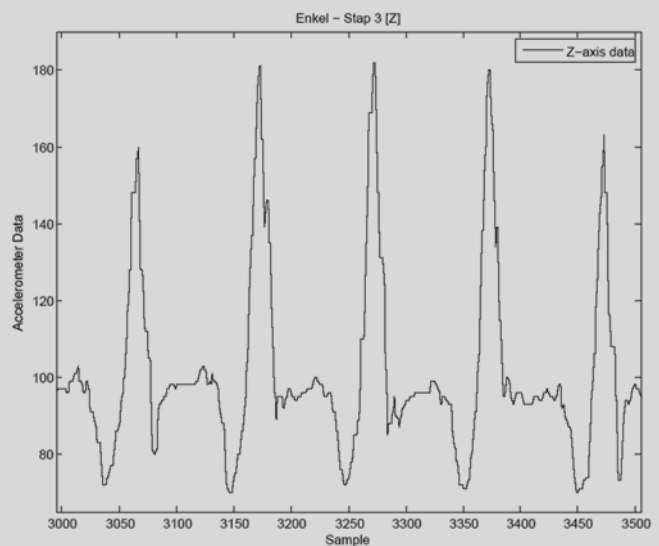
Indien het tempo van de muziek voldoende dicht is bij het tempo van de stapper, doet zich een speciaal fenomeen voor: *entrainment*. Entrainment betekent het synchroniseren van een persoon op externe stimuli, in dit geval de beats in de muziek. De gebruiker zal in de meeste gevallen, bewust of onbewust, zijn stappen laten samenvallen met de beats in de muziek. Op dat moment is de gebruiker *in sync* met de muziek – de stapbeweging in functie van muziek. Veel sporters rapporteren dat dit in sync zijn een zeer positief effect heeft op de training: aanstekelijk, motiverender en een aangename ervaring.

Accelerometers en stapdetectie

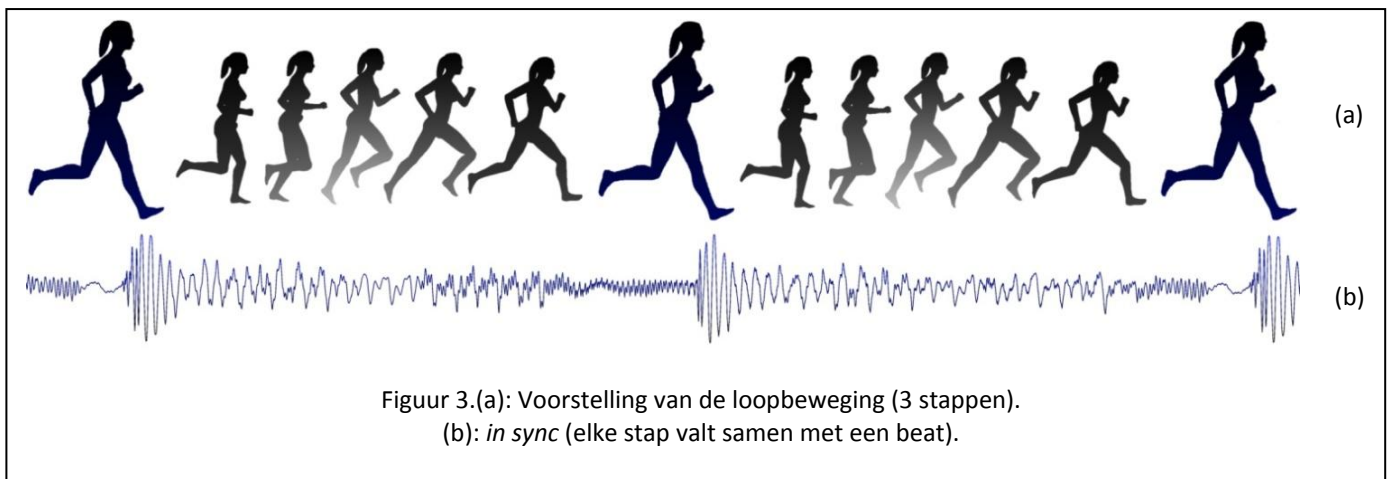
Een **accelerometer** is een elektromechanische sensor dat de acceleratiekrachten of de versnellingskrachten meet. Dit kunnen zowel statische als dynamische krachten zijn. In een realistische situatie is de *statische kracht* de aantrekkingskracht van de aarde. Hierdoor kan de relatieve positie van het toestel in bepaald worden aan de hand van de hellingsgraad en de rotatie. In mobiele telefoons of MP3 spelers wordt dit gebruikt om een intuïtieve bediening mogelijk te maken. Als het toestel bijvoorbeeld 90° gedraaid wordt, zal de inhoud op het scherm eveneens meedraaien om het volledige scherm te benutten. Op die manier is de tekst altijd leesbaar voor de gebruiker. De *dynamische kracht* die een accelerometer detecteert is de verandering in snelheid: dit zijn de zogenaamde '*G-krachten*' die we dagelijks ondervinden. In de auto-industrie worden de sensoren bijvoorbeeld gebruikt om botsingen te detecteren: bij het abrupt veranderen van snelheid of detectie van een hevige schok wordt de airbag geactiveerd.

De **stapdetectie** voor D-Jogger maakt eveneens gebruik van deze sensor, die standaard aanwezig is in de recentste mobiele toestellen. Door het signaal te analyseren wordt het herhalend versnellingspatroon van de stapbeweging afgezonderd. Door de hoeveelheid tijd per stap in rekening te brengen kan men vervolgens het aantal stappen per minuut berekenen.

Een duidelijk voorbeeld is te vinden op figuur 2, waarbij de acceleratie van de enkel weergegeven wordt bij het stappen. De hoge pieken in de figuur geven het verplaatsen van de voet van achter naar voor weer. Dit signaal is echter verschillend per persoon en is afhankelijk van de locatie van de sensor (aan de bovenarm of aan de heup). Hierdoor moeten er specifieke algoritmen toegepast worden uit de digitale signaalverwerking om bij iedereen een stabiele SPM waarde te bekomen.



Figuur 2: stapsignaal



Figuur 3.(a): Voorstelling van de loopbeweging (3 stappen).
(b): *in sync* (elke stap valt samen met een beat).

Dankzij D-Jogger is het mogelijk om tijdens een trainingssessie het grootste deel van de tijd *in sync* te zijn met hun eigen muziek, en dat op eender welk tempo! In figuur 3 is een visueel voorbeeld van een jogster en de bijpassende muziek weergegeven.

Je lichaam als muziekbesturing

Dankzij D-Jogger heb je geen typische gebruikersinterface meer nodig bij het trainen: je lichaam is de besturing van je mobiele mediaspeler. Het idee om je lichaam te bekijken als deel van een muziekinstrument maakt deel uit van de *embodiement theorie* (zie kaderstuk). Dit is een hele stap vooruit bij trainingen: het is duidelijk dat tijdens het joggen of lopen een nieuw liedje selecteren geen evidente taak is.

Een digitaal toestel wordt vaak door middel van toetsen bestuurd. Dit voelt minder persoonlijk aan dan de analoge besturingen (bijvoorbeeld een platendraaier). Het persoonlijke aspect aan de digitale controllers is hierdoor deels verloren gegaan, maar dankzij verder onderzoek in onder andere *Embodied Music Cognition* is dit persoonlijke aspect opnieuw aan een opmars bezig. Voorbeelden van een meer 'persoonlijke' aanpak zijn onder andere het "*shake to choose*" mechanisme in iPods: het schudden van je audiospeler om een willekeurig liedje uit je speler af te spelen.

Toepassingen in de geneeskunde

Universiteit Gent maakt deel uit van het Europese *Ebramus* project. Ebramus staat voor Europe, BRAin and MUSic, waarbij men zoekt naar nieuwe perspectieven om cognitieve processen te stimuleren. Volgende voorbeelden met een toepassingsdomein binnen de geneeskunde zijn mogelijke toepassingen voor D-Jogger die in de toekomst eveneens kunnen kaderen binnen dit *Ebramus* project. Voor parkinsonpatiënten is recent aangetoond dat het gebruik van muzikale impulsen een hele verbetering kan betekenen voor de motoriek [4]. Bij

het afspelen van geluiden met een bepaald ritme gaan de patiënten beter en sneller stappen en kunnen ze grotere passen zetten. D-Jogger kan in aangepaste vorm deze muzikale impulsen geven, afhankelijk van het natuurlijke tempo van de patiënt. Algemeen kan het motiverende en stimulerende effect van *in sync* te zijn met de muziek nuttig zijn voor revaliderende patiënten. Voor de patiënten kan elke motiverende factor een mooie aanwinst zijn.

Embodied music cognition [3]

In het onderzoeksdomein van systematische musicologie wordt onderzoek verricht naar de cognitieve processen die optreden bij het luisteren naar of het maken van muziek. Dit interdisciplinair onderzoeksdomein heeft raakvlakken in de cognitieve wetenschap, muziektheorie, computerwetenschappen, psychoakoestiek, biomechanica... In dit domein wordt onderzoek verricht naar de onderliggende mentale processen die plaatsvinden wanneer mensen luisteren naar muziek of muziek maken.

Embodied music cognition is het onderdeel in music cognition waarbij onderzocht wordt wat de rol van het lichaam is in relatie tot alle muzikale activiteiten. Hierbij wordt het lichaam gezien als een natuurlijke bemiddelaar tussen de mentale processen en de fysische omgeving. In de mentale processen wordt de nadruk gelegd op intentionaliteit en betekenis van de muziek, het fysische aspect bevat het geluid en andere energieën.

Onderzoeksplatform in de musicologie

D-Jogger kan trainingen aangenamer maken. Tegelijk wordt onderzoek verricht naar *entrainment* bij stappen op muziek, d.w.z. de manier waarop mensen geneigd zijn om zich aan te passen aan de muziek. Hier concreet: de manier waarop mensen geneigd zijn om hun stappen aan te passen, dat die precies op tijd komt met de puls van de beat.

Recente onderzoeken [1,2] hebben aangetoond dat muziek een duidelijke invloed heeft op de stap- en loopgewoonten van de gebruiker. Men concludeerde dat mensen sneller stappen (in km/h) op muziek dan op een metronoom met hetzelfde tempo. Er werd bovendien aangetoond dat mensen *kunnen* synchroniseren met de stimuli indien de frequentie van deze stimuli zich tussen de 50 en 190 BPM bevindt. Rond 120 BPM bleek de synchronisatie echter het eenvoudigst.

Op zijn beurt is D-Jogger gebruikt in een pilootexperiment om statistische informatie te bekomen in verband met entrainment. De hypothese luidde: *“als stap- en muziektempo voldoende dicht bij elkaar liggen, gaan personen al dan niet bewust hun stappen synchroniseren op de muziek”*. Om praktische redenen wordt de opstelling met een loopband uitgevoerd. Figuur 4 geeft weer hoe zo een basisopstelling er uit ziet. De proefpersoon heeft een sensor aan de enkel om stapdetectie mogelijk te maken. D-Jogger draait op een computer en de muziek wordt afgespeeld op een luidsprekerset.

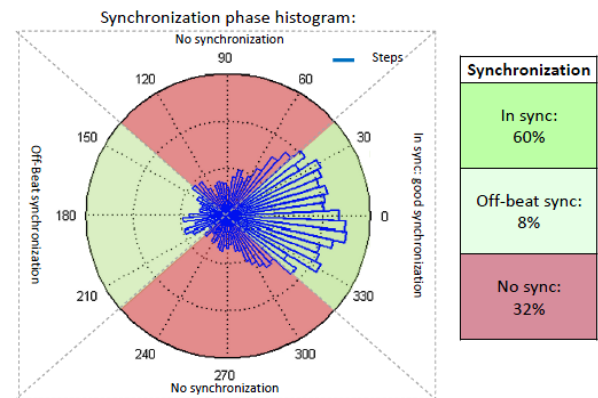
Tijdens het experiment hebben 15 proefpersonen met D-Jogger op vrije basis gelopen, zonder het eigenlijke onderzoeksdoel te kennen. Opnameapparatuur was bevestigd om data (de audio zoals gehoord door de gebruiker en de opname van de stappen) te verzamelen, los van D-Jogger. De resultaten van dit pilootexperiment zijn veelbelovend: 60% van de tijd werd er gesynchroniseerd in een regio van 20% rond de beats (zie figuur 5). Dit is significant omdat de applicatie enkel rekening houdt met de SPM waarden, en dus niet met het effectieve stapmoment (het neerkomen van de voet). Het synchroniseren van de stappen op de beats is dus volledig toe te schrijven aan de gebruiker, niet aan de applicatie. Dit bevestigt voorzichtig de gestelde hypothese.

Vermits dit experiment een pilootstudie was, gaan er in de nabije toekomst verdere experimenten gebeuren met D-Jogger om een globaal beeld te krijgen hoe deze entrainment in zijn werk gaat. Er wordt bovendien gewerkt aan een grootschalig experiment met draagbare audiospelers om gegevens te verzamelen in een omgeving los van de loopband, dus in het alledaags gebruik. De invloed van D-Jogger op onder andere de

efficiëntie, duur en performantie van de jogger kunnen onderzocht worden.



Figuur 4: proefopstelling



Figuur 5: Resultaten pilootexperiment. Dit is een histogram van de fasehoeken: de tijd tussen een beat van de muziek en een stap. Er is duidelijk op te zien dat de meeste stappen zich bevinden rond een fasehoek van 0°, waarbij de beat perfect samenvalt met een stap.

Besluit

D-Jogger is een applicatie die muziekselectie automatiseert op basis van het stap- of looptempo van de gebruiker. Het houdt de muziek gesynchroniseerd met het tempo van de gebruiker door het versnellen of vertragen van de audio, zonder de toonhoogte te wijzigen. Op deze manier wordt je lichaam een natuurlijke besturing voor je draagbare mediaspeler.

Dé ideale toepassing: Start to Run

Een perfect doelpubliek voor D-Jogger zijn de mensen die aan *Start to Run* doen. *Start to Run* heeft als uiteindelijke doel 30 minuten aan een stuk te kunnen lopen. Hiervoor worden loopschema's uitgewerkt met afwisselend een aantal minuten lopen en stappen. Door de verhouding wandelen/lopen geleidelijk te verminderen, zal men eindigen op 30 minuten lopen zonder onderbreking.

Muziek kiezen voor een *Start to Run* is dus niet eenvoudig: staptempo's variëren gemiddeld rond de 120 stappen per minuut, looptempo's rond 170 SPM. Ook het schema is voor elke training anders, waardoor per training een persoonlijke set muziek gecreëerd moet worden. Met gebruik van D-Jogger kan dit anders: bij om het even welke training wordt automatisch passende muziek gekozen. Begint de gebruiker te lopen, kiest D-Jogger een sneller nummer waarvan het tempo zal mee variëren met het looptempo. Als de gebruiker begint te stappen, wordt een trager nummer gekozen. Bovendien is het eenvoudig voor de gebruiker hierop *in sync* te geraken – en te blijven – wat een extra trainingsmotivatie geeft.

Voor eindgebruikers en sporters is het een gadget dat een extra impuls geeft door de gepaste tracks te selecteren afhankelijk van hun beweging. Maar D-Jogger heeft eveneens toepassingen in verschillende onderzoeksdomeinen.

Zo is er musicologisch onderzoek verricht naar *entrainment* bij stappen op muziek (het synchroniseren van de stappen op de beats van de muziek). Uit de pilootstudie blijkt dat mensen automatisch hun stappen synchroniseren op de beats in de muziek indien het tempo van de muziek en het staptempo voldoende dicht bij elkaar liggen.

In de toekomst zijn er eveneens varianten van D-Jogger mogelijk voor gebruik binnen de medische sector, als extra motiverende stimulus bij revalidatie of als ritmische impuls voor parkinsonpatiënten.

Referenties

- [1] Hamisch G. MacDougall and Steven T. Moore. *Marching to the beat of the same drummer: the spontaneous tempo of human locomotion*, p.1164-1173. J ApplPhysiol 99, 2005.
- [2] Frederik Styns, Leon van Noorden, Dirk Moelants, and Marc Leman. *Walking on music*, p.769-785. ScienceDirect, Human Movement Science 26, 2007.
- [3] Marc Leman, *Embodied Music Cognition and Mediation Technology*, 2007, MIT Press, ISBN 0262122936
- [4] A. Hayashi, M. Nagaoka, Y. Mizuno, *Music therapy in parkinson's disease: Improvement of parkinsonian gait and depression with rhythmic auditory stimulation*, Parkinsonism & Related Disorders, Volume 12, p.S76-S76

Dankwoord

De auteur dankt zijn promotoren prof. dr. Marc Leman en prof. dr. Ir. Leon van Noorden, begeleider dr. Michiel Demey en Ivan Schepens voor alle hulp bij het uitwerken van dit concept als masterproef ter behalen van zijn diploma.

Auteur

Bart Moens studeerde af aan de Universiteit Gent als Burgerlijk Ingenieur Computerwetenschappen in 2009. Sinds 1 september 2009 werkt hij aan een doctoraat in de computerwetenschappen en musicologie op IPEM (Institute of Psychoacoustics and Electronic Music). Zijn werk is reeds gepresenteerd geweest op de symposia *Nacht van de Onderzoekers* (2009, thema sport en onderzoek) en *Science or fiction* (2009, thema gezondheid). Email: bmmoens.moens@ugent.be