

De ergonomie van gebaren

Dr.ir. Jeroen Arendsen

TNO Human Factors
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg
jeroen.arendsen@tno.nl

Samenvatting

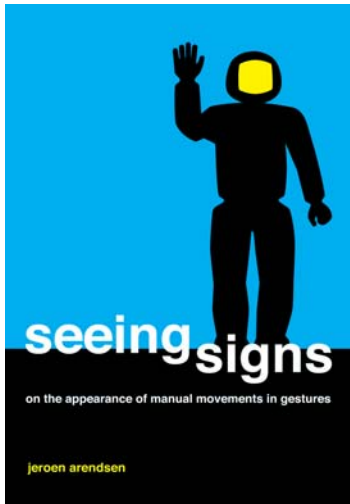
Zijn ‘gebaren’ ergonomisch verantwoorde MMI middelen? Eén van de redenen om hier niet volmondig ‘ja’ op te antwoorden is dat computers nog voor grote uitdagingen staan in het goed en snel zien en interpreteren van (hand)gebaren (met camera’s). Arendsen (2009), in een recent verdedigd proefschrift, rapporteert onderzoek naar de verschijningsvorm van handbewegingen in gebaren. Het doel hiervan is het uitbreiden van onze kennis met betrekking tot de menselijke waarneming van gebaren. De verkregen inzichten in de menselijke perceptie kunnen gebruikt worden ter bevordering van de ontwikkeling van technologie voor het automatisch herkennen van gebaren met behulp van camera’s en computers. De vragen die tijdens het onderzoek zijn behandeld richten zich op een aantal aspecten waaronder de temporele verwerking van gebaren, het onderscheid maken tussen gebaren en ander menselijk gedrag, en de verwerking van variatie in gebaren.

Gebaren voor mens-machine interactie

Is het handig om je computer te bedienen met gebaren? Op het eerste oog lijkt dat misschien een onzinnige vraag. Toch is het er eentje die op het moment aan de orde is in de wereld van de mens-machine interactie (MMI). Vele MMI mannen en vrouwen antwoorden met ‘ja’. In het kielzog van de ijsbrekers EyeToy, Wii en iPhone haasten de ambitieuzen onder ons zich richting het *gesture interface* eldorado. Is een meer intuïtieve, ja, een ‘natuurlijke’ vorm van interactie dan nu (eindelijk) nabij? Het spreekt voor zich dat bij dat optimisme wel enkele kanttekeningen te plaatsen zijn. Maar laat ik vooraf, alvorens mezelf in kritiek te verliezen, zeggen dat ik denk dat het in sommige gevallen inderdaad handig is om je computer te bedienen met gebaren.

Dit artikel is enerzijds gebaseerd op mijn proefschrift ‘Seeing Signs. On the appearance of manual movements in gestures’ dat ik 19 oktober 2009 mocht verdedigen, zie Figuur 1. Anderzijds heb ik, half als interaction designer en half als amateurverslaggever, de afgelopen jaren verslag gedaan van de ontwikkelingen rondom de automatische herkenning van gebaren en ander gebarennieuws op mijn weblog ‘A Nice Gesture’¹, en deze ervaringen zijn ook meegenomen.

¹ <http://jeroenarendsen.nl>



Figuur 1. De omslag van het proefschrift 'Seeing Signs. On the appearance of manual movements in gestures', verdedigd op 19 oktober 2009 in Delft.

In het kort zijn er twee redenen om de vraag of het handig is om je computer te bedienen met gebaren niet volmondig met 'ja' te beantwoorden. De eerste betreft de definitie of de betekenis van het woord 'gebaren', de andere is technisch.

Definitie van gebaren

Om met de definitiekwestie te beginnen; in zekere zin wordt de computer al sinds het prille begin met 'gebaren' bediend. Daarom is de vraag enkel met 'ja' te beantwoorden en dus triviaal. Deze opmerking klinkt flauw, maar is toch niet zo bedoeld. Het punt is namelijk dat het moeilijk is om op basis van objectieve maatstaven verschil te maken tussen (hand)gebaren en andere handelingen waarmee men de computer kan bedienen, zoals het indrukken van een toets. De verschillen zijn eerder gradueel dan zwart-wit.

Wat bedoelen we eigenlijk precies met 'gebaren'? In de omgang tussen mensen wordt de term 'gebaar' gebruikt voor handelingen die bedoeld zijn om te communiceren. Gebaren staan daarmee bijvoorbeeld tegenover 'praktische handelingen' of nutteloos gefrunnik, die beide niet bedoeld zijn om te communiceren (zie voor meer uitleg hierover bijvoorbeeld Kendon (2004)). Echter, in de MMI context, waar je het raakvlak tussen mens en machine beschouwt als een communicatiekanaal, neemt men enkel handelingen die bedoeld zijn om te communiceren in ogenschouw. Alhoewel je het indrukken van een toets kunt zien als een praktische handeling, communiceert de gebruiker in de MMI context er zijn intentie mee. Het is 'bedoeld om te communiceren' en daarmee per definitie ook een 'gebaar'. Maar is er dan geen verschil tussen handgebaren en op een knop drukken?

Handgebaren nemen in de MMI toch een wat aparte positie in, die wel vergelijkbaar is met (gesproken) woorden. Er zijn een heleboel verschillende handgebaren te maken en je kunt (in theorie) aan elk gebaar een andere betekenis in de MMI toekennen. De snelheid is echter wat traag, ten opzichte van bijvoorbeeld toetsen (een gebaar duurt al snel een seconde). Ter vergelijking, een toetsenbord heeft ook een redelijk groot aantal toetsen waar je uit kunt kiezen, maar veel gebruikers halen er juist een hoge frequentie op (bijvoorbeeld 200 aanslagen per minuut).

Gebarenherkenning

Een andere, technische reden waarom het (nog) niet (altijd) handig is om je computer te bedienen met gebaren, is dat automatische gebarenherkenning nog niet erg ver gevorderd is (al hangt dit af van de ‘gebaren’ die je bedoelt). Vooral waar het de herkenning, door middel van camera’s, van normale handgebaren betreft, blijven de capaciteiten van de computer ver achter bij de menselijke perceptuele vermogens (Mitra et al., 2007). Daardoor blijft gebarenherkenning (zoals ook bij spraakherkenning) toch nog vaak beperkt tot een vrij kleine set gebaren of woorden die men zonder enige vorm van grammatica tegen de computer kan ‘blaffen’. In een dergelijk geval is er dan ook eigenlijk geen enkel onderscheid tussen een setje handgebaren, woorden of knoppen. Welbeschouwd is dan het belangrijkste verschil dat je voor gebaren en knoppen geen stem nodig hebt en voor woorden geen handen. Dat kan natuurlijk wel leiden tot vele interessant ‘niche’ toepassingen in de ‘design for all’-hoek, maar voor de bulk van het computerwerk leveren gebaren en woorden op die manier geen intrinsiek MMI voordeel op.

De ontoereikendheid van de technologie uit zich dan vervolgens in een scala aan ‘voorwaarden voor effectief gebruik’, zoals dat bijvoorbeeld ook bij spraakherkenning en gezichtsherkenning het geval is. De belichting moet perfect zijn, je moet netjes rechtop zitten, handjes op de tafel, niet aan je neus krabben, netjes je beweging beginnen en eindigen, even geduld hebben, en ga zo maar door. Als u recentelijk pasfoto’s heeft laten maken herkende u waarschijnlijk soortgelijke symptomen van prematuur ingevoerde techniek. Mijn promotiewerk bevindt zich op dit vlak. Ik heb de menselijke perceptie van gebaren bestudeerd om daar van te leren hoe we computers beter, met minder randvoorwaarden, gebaren kunnen laten herkennen.

De perceptie van gebaren

Mijn proefschrift ‘Seeing Signs’² bevat de resultaten van een reeks studies naar de verschijningsvorm van handbewegingen in gebaren. Het primaire doel van dit onderzoek is het uitbreiden van onze kennis met betrekking tot de menselijke waarneming van gebaren, zowel gebarentaal als anderszins. De verkregen inzichten vanuit de menselijke perceptie kunnen gebruikt worden ter bevordering van de ontwikkeling van technologie voor het automatisch herkennen van gebaren met behulp van camera’s en computers.

In het onderzoek lag het accent op gebaren uit de Nederlandse Gebarentaal (NGT). Parallel aan dit promotiewerk is namelijk, door de TU Delft, de Nederlandse Stichting voor Dove en Slechthorende Kinderen (NSDSK) en AURIS, een toepassing van automatische gebarenherkenning ontwikkeld. Dit is ELo, een Elektronische Leeromgeving voor dove en slechthorende kinderen om NGT te oefenen (Spaai et al, 2008; Lichtenauer et al., 2008), zie Figuur 2 voor een impressie.

² <http://jeroenarendsen.nl/seeing-signs>



Figuur 2. Twee meisje van zes (links) en vijf (rechts) jaar oud oefenen NGT gebaren met behulp van ELo, een computer die o.a. automatisch gebaren kan herkennen.

De onderzoeksvragen waren geïnspireerd door de vele zaken die naar boven kwamen bij de ontwikkeling van ELo, maar uiteindelijk gekozen omdat ze van algemeen belang werden geacht bij het verder ontwikkelen van gebarenherkenning. Het waren de volgende vragen:

1. Hoe verlopen handbewegingen in de tijd en hoe segmenteren mensen wat ze zien? Is er sprake van grenzen die bruikbaar zijn voor gebarenherkenning?
2. Hoe maken we onderscheid tussen (betekenisvolle) gebaren en andere menselijke handelingen?
3. Hoe snel kunnen mensen reageren op een gebaar?
4. Gegeven dat er veel variatie lijkt te zitten in geproduceerde gebaren, hoe gaan mensen om met zulke variatie; hoe acceptabel zijn bijvoorbeeld verschillende vormen van variatie?

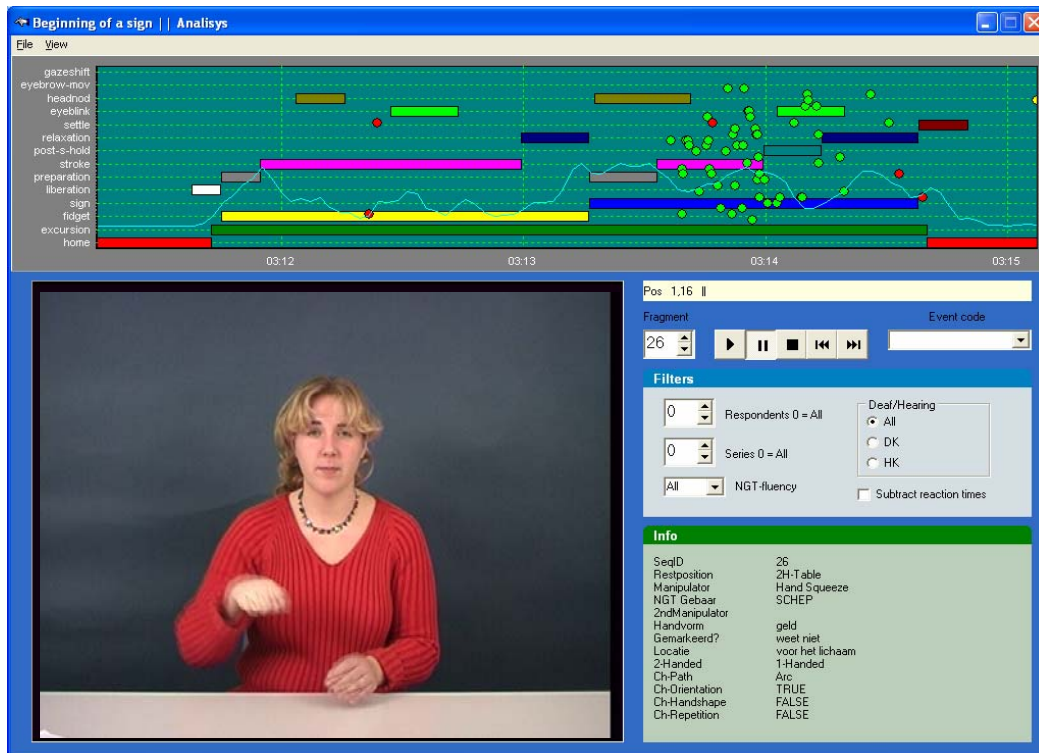
Er zijn verschillende experimenten uitgevoerd om op deze vragen antwoorden te vinden. Telkens is daarbij dezelfde methode gevolgd: filmfragmenten van gebaren en andere handbewegingen werden getoond aan deelnemers die een bepaalde taak opgelegd kregen, waarbij hun perceptie van de gebaren een rol speelde.

Begin van een gebaar

Eerst is bestudeerd hoe goed en hoe snel mensen het begin van een gebaar kunnen detecteren. Dit is gedaan door aan dove en horende NGT gebruikers en mensen zonder NGT ervaring filmfragmenten te laten zien, bestaande uit opeenvolgingen van rustposities, gefrunk en NGT gebaren. De deelnemers werden geïnstrueerd om te reageren zodra zij het begin van een NGT gebaar zagen. Alle deelnemers bleken in staat om te reageren als er inderdaad een NGT gebaar begon. Gebaren die worden gemaakt met twee handen, in de ‘neutrale’ ruimte voor het lichaam, met een zwaar ‘gemarkeerde’ (weinig voorkomend en laat verworven) handvorm en met een verplaatsing over een pad werden het best onderscheiden.

Ook bleek dat mensen zeer snel het begin van een gebaar kunnen detecteren. Een gebaar is opgebouwd uit verschillende fasen (zie Figuur 4): een voorbereiding (*preparation*), een kern (*stroke + hold*) en een terugtrekking (*recovery*). De preactietijden vertoonden sterke clusters rond 500 ms na het begin van de voorbereiding van het gebaar, oftewel 200 ms na het begin van de kern, zie Figuur 3. In de meeste gevallen was dus de informatie die beschikbaar kwam tot aan een vroeg gedeelte van de kern voldoende, maar in sommige gevallen was zelfs de informatie in de voorbereiding al genoeg. Mensen zonder NGT ervaring hadden meer tijd nodig om te reageren; dove NGT gebruikers namen meer tijd dan horende NGT gebruikers. Reactietijden werden beïnvloed door drie factoren (korter voor gebaren met een zwaar

gemarkeerde handvorm, met één hand en bij een voorafgaande frunnikbeweging), zie ook Arendsen et al. (2007).



Figuur 3. Een tool om temporele kenmerken van gebaren te analyseren en in verband te brengen met reactietijden. In het bovenste gedeelte geven de balkjes aan waar een bepaald element van een beweging zich in de tijd afspeelde en de bolletjes representeren elk een respons van een deelnemer.

NGT-gebaren, emblemen en gefrunnik

In een vervollexperiment is onderzocht of er zichtbare verschillen zijn tussen NGT-gebaren, emblemen (dat wil zeggen zwaar geconventionaliseerde gebaren) en gefrunnik. Om de focus te leggen op de verschijningsvorm van de bewegingen in plaats van hun betekenis werden mensen zonder NGT-ervaring als deelnemers geselecteerd. Deze mensen kregen filmfragmenten te zien met daarin een enkel NGT-gebaar, embleem of frunnikbeweging. Zij werden geïnstrueerd, conform het eerdere experiment, om op de spatiebalk te drukken zodra zij oordeelden dat de beweging een NGT-gebaar was. Deelnemers bleken nagenoeg even vaak te drukken in reactie op NGT-gebaren als op emblemen. Emblemen die algemeen bekend zijn in Nederland lokten minder vaak drukken uit dan emblemen die niet algemeen bekend zijn. Echter, dit verschil werd geheel veroorzaakt door vier emblemen met een beledigende betekenis, waarvan veel deelnemers oordeelden dat het geen NGT-gebaren waren. Deze resultaten tonen aan dat, indien men alleen kan afgaan op de verschijningsvorm, mensen zonder NGT-ervaring gewoonlijk niet in staat zijn om onderscheid te maken tussen NGT-gebaren en emblemen, maar wel tussen gefrunnik en bewegingen die bedoeld zijn om te communiceren (emblemen en NGT-gebaren).

Betekenis van een gebaar

Daarna is bestudeerd hoeveel tijd mensen nodig hebben om de betekenis van een NGT-gebaar te herkennen. Dove en horende NGT-gebruikers kregen filmfragmenten te zien met opeenvolgingen van rustposities, gefrunnik en niet-samengestelde NGT-gebaren. Zij bekeken deze filmfragmenten op normale afspeelsnelheid en moesten reageren zodra zij de lexicale

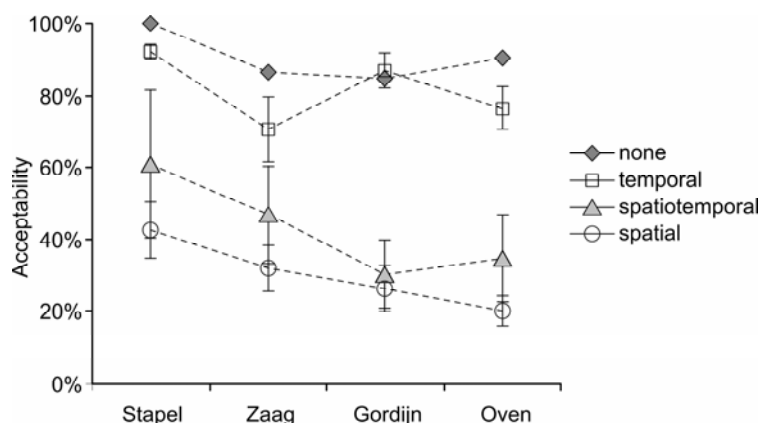
betekenis van het gebaar herkennen, hetgeen men in staat was te doen na ongeveer 850 ms, gerekend vanaf het begin van het gebaar. Door de reactietijd van deelnemers op het zien van een bewegingsgrens (gemiddeld 310 ms) hiervan af te trekken, is ingeschat dat men het gebaar na ongeveer 540 ms met enige zekerheid begint te herkennen, in de zin dat dan de daarvoor benodigde informatie beschikbaar is gekomen in het signaal. Lexicale herkenning startte ongeveer 220 ms na het begin van de kern. Door het vergelijken van de ruwe data uit dit experiment met het eerste, werd gevonden dat lexicale herkenning circa 90 ms langer duurt dan het detecteren van het begin van een gebaar, zie Figuur 4 en ook Arendsen et al. (2009).



Figuur 4. Een illustratie van hoe een gebaar (zand) in de tijd verloopt in *stills* (onder) met bewegingsfasen (midden, met gemiddelde duur in ms) en met daarbij de gemiddelde responsietijden voor detecteren en herkennen (boven).

Variaties van gebaren

Ten slotte is een experiment uitgevoerd waarin NGT-gebruikers werd gevraagd van een groot aantal gebarenmanipulaties te beoordelen of deze acceptabel waren. Gebaren waren opgenomen met variaties in verschillende categorieën, in de temporele en de spatiële dimensie. De deelnemers verschilden veel in hun tolerantie, dat wil zeggen in het percentage filmfragmenten dat zij acceptabel vonden, maar hun rangschikkingen van de mate waarin gebaarmanipulaties acceptabel waren vertoonden goede correlaties. Temporele manipulaties werden zeer vaak acceptabel gevonden, terwijl spatiële (en spatiotemporele) manipulaties vaak onacceptabel werden gevonden, zie Figuur 5. Het verder onderverdelen van de manipulaties naar categorieën, zoals veranderingen in handoriëntatie of bewegingsrichting, bracht weinig inzicht (er was veel variabiliteit). Echter, een analyse op grond van de taalkundige regels voor gebaren (NGT fonologie) bracht wel inzicht, aangezien een deel van de variatie in hoe vaak een gebaarmanipulatie acceptabel werd gevonden verklaard kon worden aan de hand van de aard van de fonologische overtreding die door iedere manipulatie werd veroorzaakt. Daarnaast bleek ook de 'iconiciteit' van een gebaar (een niet-arbitraire relatie tussen vorm en betekenis, ofwel 'uitbeelding') belangrijk: de variatie bleek deels te verklaren door te bepalen of manipulaties wel of niet in overeenstemming waren met die iconiciteit. Tot slot zijn de menselijke beoordelingen vergeleken met acceptabiliteitsbeoordelingen zoals gegenereerd door drie automatische gebarenherkenners. Daar kwam uit dat de herkenners meer afweken van de mensen dan de mensen van elkaar, zie ook Arendsen et al. (2008).



Figuur 5. Gemiddelde Acceptability van gebaarmanipulaties van elk gebaar gegroepeerd naar manipulatie dimensie (temporeel, spatieel, spatiotemporeel). De error bars representeren *standard errors of the mean*.

Discussie

Uit de resultaten van de experimenten en het bestuderen van verwante literatuur (Grosjean, 1981; Emmorey & Corina, 1990;) komt een aantal zaken naar voren. Een belangrijke algemene observatie is dat mensen zeer goede waarnemers van gebaren zijn: we kunnen gebaren gemakkelijk onderscheiden in een groter geheel van (hand)bewegingen, hebben aan (minder dan) een half gebaar genoeg om het te herkennen en we gaan flexibel om met allerhande mogelijke variaties. We hebben geen last van verschillen in achtergrond, belichting, huidskleur en vele andere verschillen; ze vallen ons niet eens op!

Als we intelligente automatische gebaarherkenning willen ontwikkelen (in de zin van het imiteren van menselijke capaciteiten (Turing, 1950)) dan liggen er grote technologische uitdagingen die overwonnen moeten worden, zoals:

- Het correct segmenteren (in de tijd) van een reeks bewegingen met variabele rustposities
- Onderscheid maken tussen relevante gebaren (en hier aandacht aan besteden) en andere bewegingen (en deze negeren)
- Snel reageren, liefst al halverwege het gebaar
- Flexibel omgaan met variatie

Hoewel deze zaken nog veel onderzoek en ontwikkelwerk behoeven hebben diverse auteurs al wel bijdragen op deze terreinen gepubliceerd (Parish et al., 1990; Kim et al., 2007; Roh et al., 2008; Junker et al., 2008) en deels gebeurt dit ook in werk dat is gerelateerd aan dit proefschrift (Holt et al., 2007; 2009). Betekent dit dat gebarenherkenning vooralsnog onbruikbaar is als MMI middel in praktische toepassingen? Nee. In een uitgebreide en zorgvuldig opgezette veldstudie bleek bijvoorbeeld dat de ELo toepassing er voor kan zorgen dat kinderen effectief ondersteund worden bij het oefenen, leren en onthouden van NGT gebaren (Spaai et al., 2008). De automatische gebarenherkenning speelde hierbij een rol, ook al werkte de techniek bepaald niet foutloos.

Tot nog toe, zoals u wellicht gemerkt zult hebben, is hier nog niet gesproken over het argument dat gebaren meer ‘natuurlijk’ of ‘intuïtief’ zijn dan andere handelingen die men voor MMI kan gebruiken, vanuit de gedachte dat deze meer lijken op mens-mens communicatie. Ik acht het onmogelijk om te bepalen of dat waar is of niet. Het lijkt mij echter vooralsnog waarschijnlijk dat de mens evenzeer in de wieg is gelegd voor praten en gebaren als voor het omgaan met gereedschap (zie overigens voor een interessant betoog dat beide

zaken ‘hand-in-hand’ gingen tijdens de evolutie, Leroi-Gourhan (1964/1993)). Met andere woorden, kinderen leren misschien wel ongeveer net zo vlot op knopjes drukken als kletsen en gebaren maken. In deze redenering schuilt wel een gevaar, namelijk dat overmatige theoretische relativering je blind maakt voor praktisch relevante verschillen. Het is best mogelijk dat in de praktijk handgebaren toch sneller geleerd worden of beter worden onthouden dan bijvoorbeeld toetsencombinaties, maar dat zul je dan wel moeten aantonen in diezelfde praktische context (je kunt er niet van uit gaan dat het zo is).

Natuurlijk is voor het ontwikkelen van visuele gebarenherkenning tot een robuuster MMI middel nog veel onderzoek nodig. Ondanks het goede werk tot nu toe staat het allemaal nog in de kinderschoenen. De menselijke perceptie en productie van gebaren dient nog veel nauwkeuriger onderzocht en beschreven te worden, zodat ontwikkelaars van gebarenherkenning op die basis verder kunnen werken (zoals dat ook gebeurt voor spraak, zie bijvoorbeeld Dusan en Rabiner (2005)). Tot slot moet erkend worden dat een ‘mono-modale’ aanpak (in dit promotiewerk is uitsluitend gekeken naar handgebaren), hoewel zeker nuttig voor het begrijpen van vele aspecten, uiteindelijk waarschijnlijk onvoldoende inzicht biedt in hoe mensen nu precies met elkaar communiceren en hoe wij elkaars handelingen (leren) interpreteren. Het gelijktijdig bestuderen van spraak en verschillende soorten gebaren (met handen, lichaam, hoofd, wenkbrauwen, ogen, etc.) middels een ‘multimodale’ aanpak is daarvoor zeker aan te bevelen. Wie weet zal dan die natuurlijke, intuïtieve interface er nog wel eens komen!

Referenties

1. Arendsen, J. (2009). Seeing Signs. On the appearance of manual movements in gestures. Proefschrift, Delft University of Technology. Beschikbaar op <http://jeroenarendsen.nl/seeing-signs/>
2. Arendsen, J., Doorn, A.J. van & Ridder, H. de (2009). When do people start to recognize signs? *Gesture*, 9(2), 207–236.
3. Arendsen, J., A.J. van Doorn, & H. de Ridder (2007). When and how well do people see the onset of gestures? *Gesture*, 7(3), 305–342
4. Arendsen, J., Lichtenauer J.F., Doorn, A.J. van, Ridder, H. de, Hendriks, Emile A., Spaai, Gerard W.G., Reinders, Marcel J.T., Ridder, Huib de (2008). Acceptability Ratings by Humans and Automatic Gesture Recognition for Variations in Sign Productions. *Proceedings of the Int. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition (FG2008)*, 1-6.
5. Dusan, S. & Rabiner, L. R. (2005). Can Automatic Speech Recognition Learn more from Human Speech Perception? In C.Burileanu (Ed.), *Trends in Speech Technology*, 21-36. Bucharest, Romania: Romanian Academy Publisher.
6. Emmorey, K. & Corina, D. (1990). Lexical Recognition in Sign Language - Effects of Phonetic Structure and Morphology. *Perceptual and Motor Skills*, 71(3), 1227-1252.
7. Grosjean, F. (1981). Sign & Word Recognition: A First Comparison. *Sign Language Studies*, 28, 195-220.
8. Holt, G. A., Doorn, A. J., Ridder, H. d., Reinders, M. J. T., & Hendriks, E. A. (2007). Which Fragments of a Sign Enable Its Recognition? *Sign Language Studies*, 9(2), 211-239.
9. Holt, G. A., Arendsen, J., Ridder, H. d., Koenderink-van Doorn, A. J., Reinders, M. J. T., & Hendriks, E. A. (2009). Sign Language Perception Research for Improving Automatic Sign Language Recognition. *Electronic Imaging 2009, SPIE 7240*.
10. Junker, H., Amft, O., Lukowicz, P., & ster, G. (2008). Gesture spotting with body-worn inertial sensors to detect user activities. *Pattern Recognition*, 41(6), 2010-2024.

11. Kendon, A. (2004). *Gesture: Visible action as utterance*. Cambridge: Cambridge University Press.
12. Kim, D., Song, J., & Kim, D. (2007). Simultaneous gesture segmentation and recognition based on forward spotting accumulative HMMs. *Pattern Recognition*, 40(11), 3012-3026.
13. Leroi-Gourhan, A. (1964). *Le geste et la parole I. Technique et langage*. Paris: Michel. (Engelse vertaling, 1993: *Gesture and Speech*. Cambridge: MIT Press).
14. Lichtenauer, J. F., Hendriks, E. A., & Reinders, M. J. T. (2008). Sign Language Recognition by combining Statistical DTW and Independent Classification. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 30(11), 2040-2046.
15. Mitra, S. & Acharya, T. (2007). Gesture recognition: A survey. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews*, 37(3), 311-324.
16. Parish, D. H., Sperling, G., & Landy, M. S. (1990). Intelligent temporal sub-sampling of American sign language using event boundaries. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(2), 282-294.
17. Roh, M. C., Christmas, B., Kittler, J., & Lee, S. W. (2008). Gesture spotting for low-resolution sports video annotation. *Pattern Recognition*, 41(3), 1124-1137.
18. Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27, 379-423, 623-656.
19. Spaai, G. W. G., Fortgens, C., Elzenaar, M., Wennes, E., Lichtenauer, J., Hendriks, E. A. et al. (2008). Een computerprogramma voor het leren van actieve en passieve gebarenschat aan ernstig slechthorende en dove kinderen. *Logopedie en Foniatrie*, (2) 42-50.
20. Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, LIX(236), 433-460

Abstract

Are ‘gestures’ an ergonomical means of human-computer interaction? There are several reasons not to answer this question with a resounding ‘yes’. One of these reasons is that computers still face many challenges in seeing and interpreting (manual) gestures (with cameras). The dissertation by Arendsen (2009) presents the results of a series of studies on the appearance of manual movements in gestures. The main goal of this research is to increase our understanding of how humans perceive signs and other gestures. Generated insights from human perception may aid the development of technology for recognizing gestures and sign language automatically with cameras and computers. The questions addressed in the research focus on a number of aspects including temporal processing of signs, discrimination of gestures from other human behavior, and how humans handle variation in signs.