



## Stichting NIOC en de NIOC kennisbank

Stichting NIOC ([www.nioc.nl](http://www.nioc.nl)) stelt zich conform zijn statuten tot doel: het realiseren van congressen over informatica onderwijs en voorts al hetgeen met een en ander rechtstreeks of zijdelings verband houdt of daartoe bevorderlijk kan zijn, alles in de ruimste zin des woords.

De stichting NIOC neemt de archivering van de resultaten van de congressen voor zijn rekening. De website [www.nioc.nl](http://www.nioc.nl) ontsluit onder "Eerdere congressen" de gearchiveerde websites van eerdere congressen. De vele afzonderlijke congresbijdragen zijn opgenomen in een kennisbank die via dezelfde website onder "NIOC kennisbank" ontsloten wordt.

Op dit moment bevat de NIOC kennisbank alle bijdragen, incl. die van het laatste congres (NIOC2023, gehouden op donderdag 30 maart 2023 jl. en georganiseerd door NHL Stenden Hogeschool). Bij elkaar bijna 1500 bijdragen!

We roepen je op, na het lezen van het document dat door jou is gedownload, de auteur(s) feedback te geven. Dit kan door je te registreren als gebruiker van de NIOC kennisbank. Na registratie krijg je bericht hoe in te loggen op de NIOC kennisbank.

Het eerstvolgende NIOC vindt plaats op donderdag 27 maart 2025 in Zwolle en wordt dan georganiseerd door Hogeschool Windesheim. Kijk op [www.nioc2025.nl](http://www.nioc2025.nl) voor meer informatie.

Wil je op de hoogte blijven van de ontwikkeling rond Stichting NIOC en de NIOC kennisbank, schrijf je dan in op de nieuwsbrief via

[www.nioc.nl/nioc-kennisbank/aanmelden-nieuwsbrief](http://www.nioc.nl/nioc-kennisbank/aanmelden-nieuwsbrief)

Reacties over de NIOC kennisbank en de inhoud daarvan kun je richten aan de beheerder:

R. Smedinga [kennisbank@nioc.nl](mailto:kennisbank@nioc.nl).

Vermeld bij reacties jouw naam en telefoonnummer voor nader contact.

## Toepassing van Ambient Intelligent Systems in het HBO projectonderwijs

### *Auteurs*

Ahmed Nait Aicha  
Hogeschool van Amsterdam  
Email: a.nait.aicha@hva.nl

### *Ben Kröse*

Hogeschool van Amsterdam, Universiteit van Amsterdam  
Email: b.j.a.krose@hva.nl

### *Samenvatting*

De laatste jaren zijn tal van sensoren goedkoper geworden en worden ze op diverse plekken toegepast, zoals in de auto-industrie, publieke ruimten en games. Sensoren verrijken de traditionele toetsenbord en beeldscherm interfaces en deze rijkere vorm van interactie biedt kansen om aantrekkelijk informaticaonderwijs te verzorgen. De focus verschuift namelijk van puur administratieve systemen naar interactie gedreven systemen, waarmee studenten zelf kunnen experimenteren. In het lectoraat Digital Life van de Hogeschool van Amsterdam lopen verschillende projecten waarbij ambient sensoren worden bestudeerd om dagelijkse activiteiten van ouderen te herkennen. Voor het herkennen van deze activiteiten worden probabilistische modellen zoals de Hidden Markov Modellen gebruikt.

In dit artikel beschrijven we hoe deze Hidden Markov Modellen ook toegepast kunnen worden voor het herkennen van gebaren van studenten.

### *Trefwoorden*

Ambient intelligence, Hidden Markov Models, Activity Daily Living, gesture recognition

# Toepassing van Ambient Intelligent Systems in het HBO projectonderwijs

## 1 Inleiding

Nederland, zoals ook andere westerse landen, kampt met de vergrijzingproblematiek. Het percentage 65-plussers in de Nederlandse bevolking stijgt van 14% in 2005 naar 21% in 2025. Deze toename gaat gepaard met een toename in de zorgvraag en zorgkosten [2]. Binnen het lectoraat Digital Life van de Hogeschool van Amsterdam wordt onderzoek gedaan op het gebied van ouderenzorg.

Dit onderzoek wordt uitgevoerd in projectvorm in samenwerking met bedrijven en instanties gespecialiseerd in dat werkveld.

Het doel is om een bijdrage te leveren aan de vergrijzingproblematiek waarbij innovatieve (ICT) oplossingen voor onderzoeksprojecten, aangereikt door bedrijven, worden bedacht en in prototypevorm toegepast.

Een van de innovatieve ICT oplossingen is het herkennen van dagelijkse activiteiten van ouderen (Activity of Daily Living, afgekort ADL) gebruikmakend van data afkomstig uit een sensornetwerk geïnstalleerd in aanleunwoningen van een verzorgingshuis [1,3].

Het herkennen van dagelijkse activiteiten is een essentieel onderdeel van een remote monitoringssysteem die de zorgverlener snel van de relevante informatie kan voorzien zodat op een efficiënte manier de nodige zorg aan de patiënt (bewoner) wordt gegeven.

De innovatie van dit project zit in het feit dat er geen gebruik wordt gemaakt van draagbare sensoren zoals een polsband of een hanger. De sensoren (schakelaars, stroommeters, drukmatten, bewegingsmelders) zijn in huis geïnstalleerd, veelal uit het zicht van de bewoner en maken daarmee onderdeel uit van de woning. Dit vergroot de acceptatie van een dergelijk systeem door de gebruikers.

De data afkomstig uit de verschillende sensoren wordt middels probabilistische algoritmen geanalyseerd en daaruit worden de ADL's gedestilleerd.

In dit artikel wordt beschreven hoe het probleem van het herkennen van activiteiten aangepakt wordt door het toepassen van Hidden Markov Modellen (HMM) op sensordata. Deze activiteiten zijn van twee types: 1) ADL's van ouderen en 2) handgebaren van studenten. Eerst wordt beschreven wat er al gedaan is aan onderzoek op het gebied van activiteiten- en gebarenherkenning, dan wordt beschreven hoe de HMM worden toegepast om handgebaren te herkennen. Tenslotte worden de resultaten van het uitgevoerde experiment met handgebaren gepresenteerd.

## 2 Gerelateerd werk

In verband met de sterke toename van de vergrijzing in ons land zijn er verschillende alarm- en monitoringssystemen speciaal voor verzorgingshuizen sterk in opkomst. Op dit gebied is de laatste jaren veel onderzoek gedaan. Zo is onderzoek gedaan naar het herkennen van activiteiten van ouderen gebruikmakend van data afkomstig uit een sensornetwerk [1].

Het probleem van het herkennen van handgebaren waarbij een sensorenbord (zie figuur 1) gebruikt wordt, lijkt veel op het probleem van het herkennen van de activiteiten van ouderen beschreven in het vorige hoofdstuk.

Zowel bij de activiteit van een senior als bij het handgebaar van een student wordt een sequentie van sensoren geactiveerd en wordt daarmee een tijdreeks aan sensordata gegenereerd. Bij de activiteiten van ouderen maken de sensoren onderdeel van een sensornetwerk en is de duur van de activiteit enkele minuten. Bij het handgebaar van studenten maken de sensoren onderdeel van een sensormatrix en is de duur van het gebaar enkele milliseconden.

Beide problemen kunnen met dezelfde herkenningstechnieken opgelost worden. Het voordeel van het gebruiken van een sensorenbord is dat er op deze manier in een onderwijsomgeving geëxperimenteerd kan worden met de problematiek van activiteitenherkenning en dat de studenten makkelijker betrokken worden bij het onderzoek.

Het probleem van het herkennen van handgebaren kan dus gezien worden als een “toy problem” voor het probleem van het herkennen van activiteiten van ouderen in een zorgcentrum.

Voor het onderzoek naar handgebarenherkenning is in veel artikelen gebruik gemaakt van video camera's waarbij een handgebaar een sequentie is van beeldframes [6]. Voor ons onderzoek hebben we echter analogie gezocht met online handschriftherkenning. Immers, een handgebaar is vergelijkbaar met een beweging met een pen bij online handschriftherkenning. Voor het herkennen van gebaren worden HMM gebruikt. In [7] wordt een overzicht gegeven van concepten van zowel online als offline handschriftherkenning, en een aantal voorbeelden van verschillende toepassingsgebieden. In [8] wordt beschreven hoe HMM worden toegepast om online handschrift te herkennen. Een uitgebreide toelichting op de HMM toegepast op spraakherkenning is te vinden in [4].



FIGUUR 1      Sensorbord voor het herkennen van handgebaren van studenten  
Een handgebaar wordt verkregen door de hand te bewegen voor het bord en daarmee een bepaalde sequentie sensoren te triggeren.

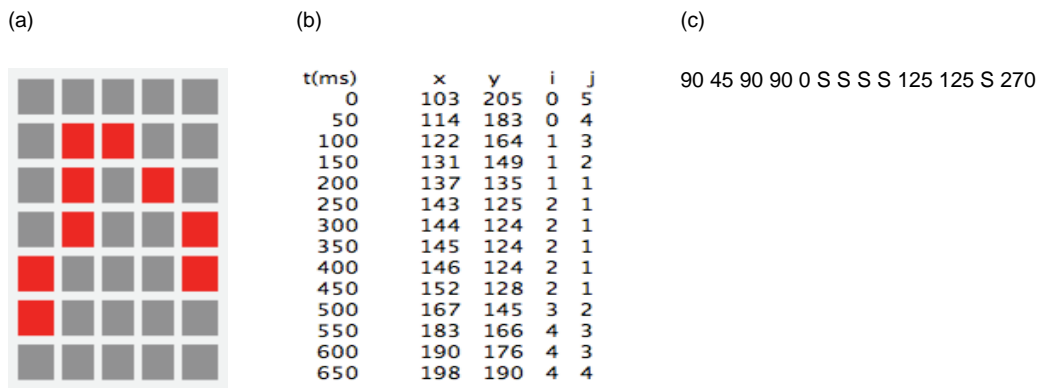
### 3 Aanpak

Voor het oplossen van het probleem van activiteitenherkenning waarbij een activiteit een ADL of een handgebaar is zijn de HMM's toegepast.

Voor het herkennen van een patroon door middel van HMM zijn in het algemeen drie fases nodig. In de eerste fase, de preprocessing fase wordt het inputsignaal (een reeks van observaties gegenereerd door de sensoren) bewerkt en ruisvrij gemaakt. In de tweede fase, de trainingsfase, worden voor elke patroonklasse (in ons geval een activiteit of handgebaar) de parameters van een HMM geschat gebruikmakend van een set geannoteerde trainingsdata. In de derde fase, de testfase, wordt van het signaal (een reeks van observaties) van de te herkennen activiteit de kans berekend dat dat signaal afkomstig is uit een van de getrainde HMM's. Voor de berekening van deze kans wordt gebruik gemaakt van het Viterbi algoritme [5]. De te testen activiteit wordt herkend als de activiteit behorende bij de HMM met de grootste kans.

Voor de onderwijsomgeving is gebruikt gemaakt van een softwareprogramma om handgebaren te simuleren in plaats van het sensorbord in figuur 1. De reden is dat de simulatiesoftware vrij snel en vroeg in het onderzoeksstadium is gemaakt. Met het simulatieprogramma is de nodige training- en testdata gegenereerd waardoor er gefocust wordt op de implementatie van de algoritmes behorende bij de training- en testfase van het proces van herkenning.

In de preprocessingfase worden handgebaren gegenereerd door de muis over een sensormatrix te bewegen. Het simulatieprogramma genereert een reeks  $(x, y)$  coördinaten die worden vertaald naar de sensorposities in de sensormatrix zoals weergegeven is figuur 2. Daarna worden deze reeksen sensorposities omgezet naar reeksen hoekenfeatures. De hoekenfeatures variëren tussen 0 en 270 graden met een interval van 45 graden. Er worden daarmee maximaal acht hoeken gebruikt.

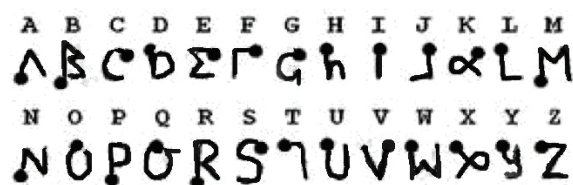


FIGUUR 2 (a) Een handgebaar wordt verkregen door de muis over de sensormatrix te bewegen. De getriggerde sensoren wordt rood gekleurd  
 (b) Het pad van het verkregen handgebaar wordt als tuppel  $(t, i, j)$  opgeslagen.  $t$  is tijd in milliseconden,  $(x, y)$  zijn de coördinaten van de muis en  $(i, j)$  zijn de bij  $(x, y)$  behorende sensorposities  
 (c) De reeks hoekenfeatures behorende bij het handgebaar. Code S geeft aan dat er op dat tijdstip geen sensorverandering plaats heeft gevonden

In de trainingsfase wordt voor elk handgebaar de reeks hoekenfeatures handmatig geannoteerd om daarmee een bijbehorende HMM te kunnen construeren. In de testfase tenslotte wordt van een nieuw te herkennen handgebaar de HMM met de grootste Viterbi-kans bepaald. Hierbij wordt van alle beschikbare HMM de Viterbi-kans berekend. De Viterbi-kans is de kans dat het nieuw te herkennen gebaar afkomstig is uit die bepaalde HMM berekend door de Viterbi algoritme.

#### 4 Resultaten

Er is een experiment uitgevoerd waarbij een set handgebaren behorende bij het alfabet is gedefinieerd zoals weergegeven is figuur 3.



FIGUUR 3 Bij het alfabet gedefinieerde handgebaren. De bullet geeft het startpunt van het handgebaar aan

Voor elk handgebaar is een HMM geconstrueerd gebaseerd op 15 experimenten met hetzelfde handgebaar. Voor de testfase worden 7 nieuwe experimenten gebruikt voor ieder handgebaar. Voor de handgebaren behorende bij de letters G, Q, R en Y zijn geen experimenten uitgevoerd omdat deze handgebaren te ingewikkeld zijn om handmatig te annoteren.

In tabel 1 zijn de resultaten van het experiment gegeven. Hieruit blijkt dat het merendeel van de handgebaren voor 100% wordt herkend. Van de gebaren die niet voor 100% zijn herkend zijn extra nieuwe experimenten uitgevoerd om uit te sluiten dat de minder goede herkenning te wijten is aan het kleine aantal experimenten. Uit de experimenten is gebleken dat 17 van de 22 geteste handhandgebaren voor 100% worden herkend. De handgebaren behorende bij de letters 'C' en 'S' worden vaak als handgebaar 'E' herkend. Het handgebaar 'I' wordt vaak als 'L' herkend en het handgebaar 'P' wordt vaak als 'B' herkend.

TABEL 1 Resultaten van het experiment herkenning van de handgebaren

A 100%	B 100%	C 25%	D 100%
E 71%	F 100%	H 100%	I 57%
J 100%	K 100%	L 100%	M 100%
N 100%	O 100%	P 30%	S 30%
T 100%	U 100%	V 100%	W 100%
X 100%	Z 100%		

5 **Conclusies**

Het toepassen van HMM voor het herkennen van handgebaren van studenten is voor het merendeel van de gedefinieerde handgebaren gelukt. Bij het onderzoek naar het herkennen van handgebaren zijn zowel docent-onderzoekers als studenten betrokken. Studenten die mee gedaan hebben waren enthousiast. Zij hebben gezien hoe state of the art technieken worden toegepast om activiteiten te herkennen en zijn daarmee gemotiveerd om bijvoorbeeld een (afstudeer)stage in de richting van onderzoek te doen. Deze studenten zullen voor meer bekendheid van de lectoraat Digital Life bij de medestudenten zorgen.

*Referenties*

- [1] Van Kasteren TLM, Noulas A, Englebienne G, Kröse BJA. Accurate activity recognition in a home setting. UbiComp '08: Proceedings of the 10th international conference on Ubiquitous computing. 2008:1-9.
- [2] De Hollander AEM, Hoeymans N, Melse JM, van Oers JAM, Polder JJ (eindredactie). Zorg voor Gezondheid. Volksgezondheid Toekomstverkenning 2006. RIVM, rapportnummer 270061003, Bilthoven, 2006.
- [3] B. Krose, T. van Kasteren, C. Gibson, and T. van den Dool, "Care: Context awareness in residences for elderly," in *International Conference of the International Society for Gerontechnology*, Pisa, Tuscany, Italy, June 4–7 2008.
- [4] L. R. Rabiner, "A tutorial on hidden Markov models and selected applications in speech recognition," *Proc. IEEE*, vol. 77, no. 2, pp. 257–285, Feb. 1989.
- [5] G. D. Forney, "The Viterbi algorithm," *Proc. IEEE*, vol. 61, pp. 268–278, Mar. 1973.
- [6] F.S. Chen, C.M. Fu and C.L. Huang, "Hand gesture recognition using a real-time tracking method and hidden Markov models", *Image Vision Computer*, vol. 21(8), pp. 745-758, 2003.
- [7] Plamondon, Sargur N. Srihari, "On-Line and Off-Line Handwriting Recognition: A Comprehensive Survey", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 63-84, January, 2000
- [8] J. Hu, M.K. Brown, and W. Turin, "HMM Based On-Line Handwriting Recognition," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 18, no. 10, pp. 1,039-1,045, Oct. 1996