

Oogknipbeheerde rekenaarmuis: ontwerp en evaluering

S. Viljoen

Department Elektriese, Elektroniese en Rekenaaringenieurswese, Universiteit van Pretoria
E-pos: suretha.viljoen@up.ac.za

T. Hanekom*

Department Elektriese, Elektroniese en Rekenaaringenieurswese, Universiteit van Pretoria
E-pos: tania.hanekom@up.ac.za

P.J. Cilliers

Hermanus Magnetiese Observatorium
E-pos: pjcilliers@hmo.co.za

UITTREKSEL

Motories gestremde persone vind dit moeilik om 'n rekenaar te gebruik vanweë die feit dat hulle nie 'n muis kan beheer nie. In hierdie artikel word die ontwerp, implementering en evaluering van 'n oogknipbeheerde rekenaarmuis vir gebruik deur gestremde persone beskryf. Die deteksie van willekeurige oogknippe word deur middel van die weerkaatsing van infrarooi- (IR-) lig vanaf die vel langs die oog bewerkstellig, terwyl onwillekeurige knippe verwerp word. Dit stel motories gestremde persone, wat nie meer die gebruik van hul arms het nie, in staat om 'n rekenaar te bedryf. Al die funksies van 'n PS2-muis word geëmuleer.

ABSTRACT

Eye-blink controlled computer mouse: design and evaluation

Physically disabled people who do not have the use of their limbs have difficulty operating a computer, since they cannot use a mouse. In this article the design, implementation and evaluation of an eye-blink controlled computer mouse to be used by handicapped people are described. Detection of voluntary blinks is established by the reflection of infrared light from the skin on the side of the eye, while involuntary blinks are ignored. This enables people who do not have the use of their limbs to operate a computer. All the functions of a PS2 mouse are emulated.

1. INLEIDING

Persone wat min of geen beheer oor hul ledemate het nie, is afhanklik van ander. Hulle vind dit moeilik om alledaagse take te verrig, wat kan lei tot frustrasie en 'n swak selfbeeld.¹ Enige graad van vryheid wat aan sulke persone gegee kan word, word waardeer, aangesien dit hulle in staat stel om 'n meer normale lewe te lei. Dit vergemaklik ook die taak van die persone wat na hulle omsien.²

Die stelsel bestaan uit drie dele. Eerstens is daar die deteksie van willekeurige oogknippe. Die oogknippe word in 'n spesifieke volgorde gegeneer om sodoende die oogknipkode te vorm wat die tweede deel van die stelsel is. Hierdie kode bevat die gewenste instruksie wat die gebruiker wil uitvoer. Dit dien as inset vir die derde deel, die hardeware wat die muis-emulasie uitvoer.

Soortgelyke stelsels is al vantevore ontwikkel en suksesvol geïmplementeer.^{3,4,5,6,7} Die grootste probleem vir Suid-Afrikaanse gebruikers is die hoë koste van ingevoerde toerusting. Sommige van die toestelle vereis ook dat die gebruiker ongemaklike toerusting op sy/haar kop moet dra.⁷

Een van die uitdagings van die stelsel was om dit aanpasbaar by verskillende persone en verskillende vlakke van beligting te maak. Faktore wat in ag geneem is, is die verskillende posisies van die oog, wisselende mate van velverrimpeling tydens 'n oogknip en die variërende vlakke van beligting wat in 'n tuis- of kantooromgewing aangetref word.

Gebruikersvriendelikheid en eenvoudige gebruik is belangrik, aangesien die gebruiker dit met min of geen hulp moet kan gebruik.

Akkurate interpretasie van die oogknipkode is ook belangrik, aangesien die herstel van foute tydrowend en uitputtend is.

Die ergonomiese ontwerp sluit ekstra helder glimdiodes in wat teen 'n hoek van 45° gemonteer is relatief tot die vlak van die tafel waarop die stelsel, asook die rekenaar, staan. Dit verseker maksimum observasie van die toestand van die diodes. Aangesien die deteksie-eenheid op 'n brilraam gedra word, is dit van liggewigmateriaal vervaardig en die kleinste beskikbare IR-deteksiediodes is gebruik.

Om die stelsel aanpasbaar te maak by enige standaard-rekenaar, is 'n PS2-muis geëmuleer. Die stelsel word aan die rekenaar verbind deur die PS2-muispoort en gebruik dieselfde kommunikasieprotokol as 'n standaard PS2-muis. Geen installasie-sagteware of addisionele hardeware is dus nodig nie. Kragtoevoer word ook direk vanaf die rekenaar verskaf.

2. STELSELANALISE

2.1 Infrarooi-oogknipdeteksie

Die beginsel waarop die oogknipdetektor (OKD) gebaseer is, is dat IR-lig deur die menslik vel weerkaats word. Die mate van weerkaatsing varieer wanneer die oppervlak van die vel verander, soos gedurende 'n oogknip. Wanneer 'n willekeurige oogknip plaasvind, verrimpel die vel langs die oog, soos gesien in figuur 1(a). Onwillekeurige oogknippe veroorsaak nie soveel verrimpeling nie (figuur 1 (b)). Die verrimpeling veroorsaak 'n verskil in die mate van weerkaatsing en dit is hierdie verskil wat

* Korrespondensie-outeur

die inligting bevat. Die IR-lig wat uitgestraal word is swak genoeg om nie skadelik vir die oog te wees nie. Die glimdiodes straal 800 nW/cm^2 uit, wat binne die veiligheidslimiet van 10 mW/cm^2 is. Die veiligheidslimiet spesifiseer die maksimum hoeveelheid drywing in die $780 - 1400 \text{ nm}$ IR-gebied wat vir meer as 16 minute direk in die oog mag skyn, soos bepaal deur Amerikaanse Nasionale Standaard (ANSI Z136-1-1993). As 'n sekondêre veiligheidsmaatreël word die lig van die vel langs die oog weerkaats en nie in die oog self geskyn nie.

Die IR-diode word aangedryf met 'n 25 kHz pulserende golf om die effek van veranderende omgewingslig uit te skakel. Die IR-sender en -ontvanger word op 'n brilraam langs die oog gemonteer. Figuur 3 toon die monteringsposisie op 'n brilraam sonder glase. Die montering kan geroteer en op die brilraam verskuif word, sodat die presiese posisie van maksimum weerkaatsing vir elke persoon bepaal kan word. So word ook gekompenseer vir die verskillende posisies van die oog by verskillende gebruikers. 'n Nuwe gebruiker sal die posisie van die montering moet verstel om optimale werkverrigting te verseker. Solank die omgewingslig konstant bly, is verdere verstellings onnodig.

2.2 Hardware

Die sein word versterk, waarna die omhulling daarvan onttrek word. Die omhulling bevat die oogknipkode en word deur 'n vergelyker, wat van drempeldeteksie gebruik maak, omgesit na 5 V wanneer geen oogknip plaasvind nie en 0 V wanneer 'n oogknip wel plaasvind.

Die kode wat deur die oogknippe gegenereer word, dien as inset vir die mikroverwerker wat die PS2-muisseine opwek.

2.3 Oogknipkode

Die kode bestaan uit drie modi wat aangedui word deur verskillende kleure glimdiodes op die gebruikerintervlak. Die modi verteenwoordig horisontale beweging, vertikale beweging en die klik van die twee muisknoppe. Om na 'n volgende modus aan te beweeg, moet albei oë gelyktydig geknip word. In 'n sekere modus word die twee oë afsonderlik geknip om beweging in 'n spesifieke rigting of die druk van 'n spesifieke knoppie te bewerkstellig. Die aksie sal voortduur solank die oog toegehou word. Dit word relatiewe posisionering genoem. Dit beteken verder dat daar 'n dooie gebied bestaan waar die stelsel geen uitset gee nie (wanneer die gebruiker nie doelbewuste oogknippe maak nie).⁷ Figuur 2 gee 'n visuele interpretasie van die kode.

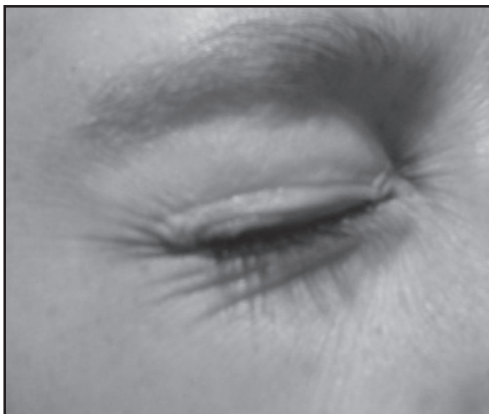
Die eksterne hardware-eenheid bestaan uit 'n kassie waarop die drie gekleurde glimdiodes gemonteer is. Daar is ook twee rooi glimdiodes wat aandui watter oog geknip word. Verder bevat dit die twee stelknoppe wat die versterking vir die twee oë afsonderlik instel. Die kassie word geplaas waar die sleutelbord tradisioneel staan en is dus sigbaar wanneer die gebruiker na die skerm kyk. Die helder diodes is duidelik waarneembaar selfs wanneer daar teen 'n hoek van tot 30° vanaf die hoofas na hulle gekyk word.

3. TOETSOPSTELLING

Die oogknipmuis (OKM) is op 26 toetskandidate getoets om die akkuraatheid te bepaal waarmee willekeurige knippe waargeneem word. Die persone se ouderdomme wissel van 12 tot 55 jaar. Die toestel is ingestel vir die spesifieke kandidaat, die werking verduidelik, en 5 tot 10 minute is toegelaat vir oefening. Daarna is 'n reeks toetse gedoen wat al die moontlike bewegings en aksies van die OKM insluit. Die eerste toets behels dat die gebruiker die muiswyser op en af beweeg en telkens deur al drie die modi (soos beskryf in paragraaf 2.3) gaan tussen die op en af bewegings. Dit word 5 keer herhaal vir 'n totaal van 40 knippe. In die tweede toets word dieselfde gedoen, maar die wyser word na links en regs beweeg. Dit behels dus 'n verdere 40 knippe. Derdens word 'n toets uitgevoer wat behels dat die regtermuisknoppie gedruk word, wat 'n kieslys oopmaak. Die muis moet hiervan wegbeweeg word en die linkerknoppie gedruk word om die kieslys toe te maak. Dit word 7 keer uitgevoer, dus 42 knippe. Vir die laaste toets moet die gebruiker vanaf die middel van die skerm beweeg en die ikoon in die regter-boonste hoek van die skerm oop- en weer toemaak. Dit behels 14 knippe, wat die totale aantal knippe vir een toets op 136 te staan bring. Dit is herhaal vir drie verskillende omgewingsbeligtingstoestande. Die toets is soortgelyk aan toetse gedoen deur Evans et al.,⁷ waar hulle Windows-gebaseerde toetse gebruik het om die akkuraatheid van hul stelsel te bepaal.

Wanneer die gebruiker 'n betrokke instruksie gee deur die ooreenkomstige knip uit te voer en die stelsel voer die gewenste instruksie uit, word aanvaar dat die knip reg geïnterpreteer is. Indien die gebruiker egter 'n knipinstruksie uitvoer en die stelsel ignoreer die knip of voer 'n ander instruksie uit, word dit as 'n fout geneem. Die aantal foute in elke toets is dus getel en die resultate verwerk.

1(a)



1(b)



Figuur 1: Die verskil tussen 'n willekeurige (links) en 'n onwillekeurige (regs) oogknip.

4. RESULTATE

Figuur 4 toon die akkuraatheid van deteksie van willekeurige oogknippe teenoor die ouderdom van die gebruiker. Daar is 6 mense in beide die 0 – 20 en 50+ jaar groepe getoets en 7 in beide die 20 – 30 en 30 – 50 jaar groepe. Al die gebruikers wat getoets is, het normale funksionaliteit van al hul ledemate. Die waardes in die grafiek word getoon met 'n afset op die ouderdom-as sodat die standaardafwyking duidelik sigbaar is.

Uit die figuur is dit duidelik dat die persentasie korrek geïnterpreteerde knippe afneem soos wat die ouderdom van die gebruiker toeneem. Selfs vir die oudste gebruikers was die resultate steeds aanvaarbaar, met 'n akkuraatheid van 94.7 %.

In figuur 5 word die akkuraatheid van deteksie getoon teenoor die omgewingsbeligting. Die toets is uitgevoer op 'n enkele gebruiker wat 2 maande se ondervinding met die stelsel gehad het. Dieselfde toets as in die voorafgaande figuur is uitgevoer. Dit toon ook die resultate vir 'n stelsel wat nie modulasie gebruik nie.

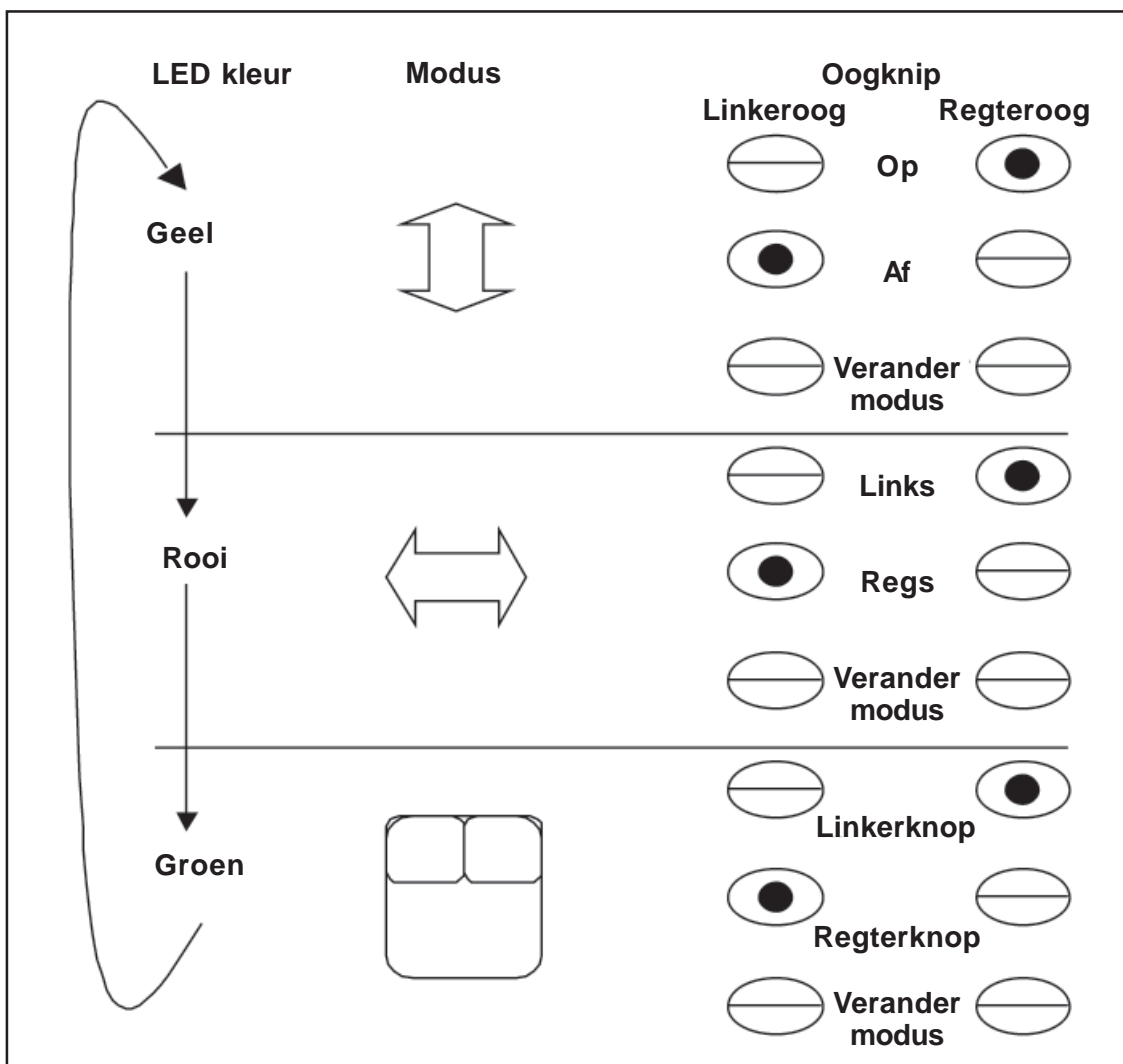
Dit blyk dat die mate van omgewingslig 'n invloed het op die werkverrigting van die stelsel wat modulasie gebruik. Die effek is egter kleiner as wanneer modulasie weggelaat word. Die stelsel met modulasie is ingestel vir standaardbeligting (300 lux), waarna die beligting verander is na 0 en 600 lux onderskeidelik. Alhoewel die resultate steeds aanvaarbaar is, met 'n minimum van

94.67 %, veroorsaak 'n verhoging in omgewingsbeligting wel 'n verlaging in die deteksievermoë van die stelsel. Dit kan toegeskryf word aan die feit dat sigbare lig ook komponente in die IR-gebied bevat en hierdie komponente dus effens op die stelsel begin inwerk. Die gemiddelde beligting wat in 'n kantoor- of tuisomgewing aangetref sal word, is 300 tot 600 lux. Die stelsel funksioneer dus voldoende in hierdie beligtingstoestand. Vir optimum werkverrigting moet die kamer belig word binne die 300 tot 600 lux beligtingsbereik voordat die stelsel ingestel word. Daarna moet die beligting so min moontlik varieer om optimum werkverrigting te verseker.

Figuur 5 toon duidelik dat die gebruik van modulasie die akkuraatheid van die stelsel by veranderende toestande van omgewingsbeligting aansienlik verbeter. Die sender word gepuls teen 'n sekere frekwensie, wat weer opgespoor word uit die ontvangende sein. Alle ander frekwensies van IR-lig word dus geïgnoreer.

5. BESPREKING

Die afname van die persentasie korrek geïnterpreteerde knippe met ouderdom kan toegeskryf word aan die hoeveelheid plooië teenwoordig by die gebruiker, die reaksietyd van die gebruiker, asook die tyd wat hy/sy nodig het om vertrouwd te raak met die gebruik van die stelsel.

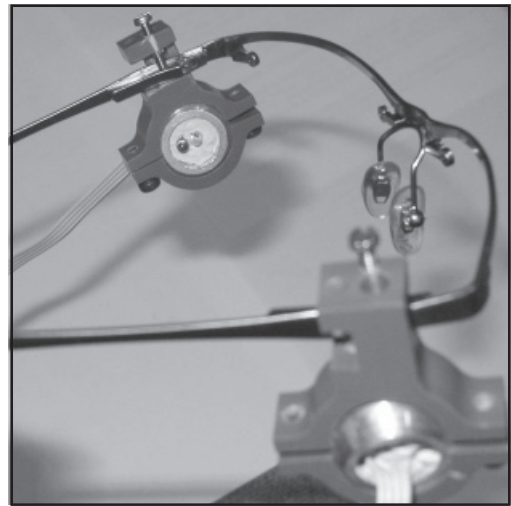


Figuur 2: Die oogknipkode. Om van een modus na 'n volgende te beweeg, word albei oë gelyktydig geknip.

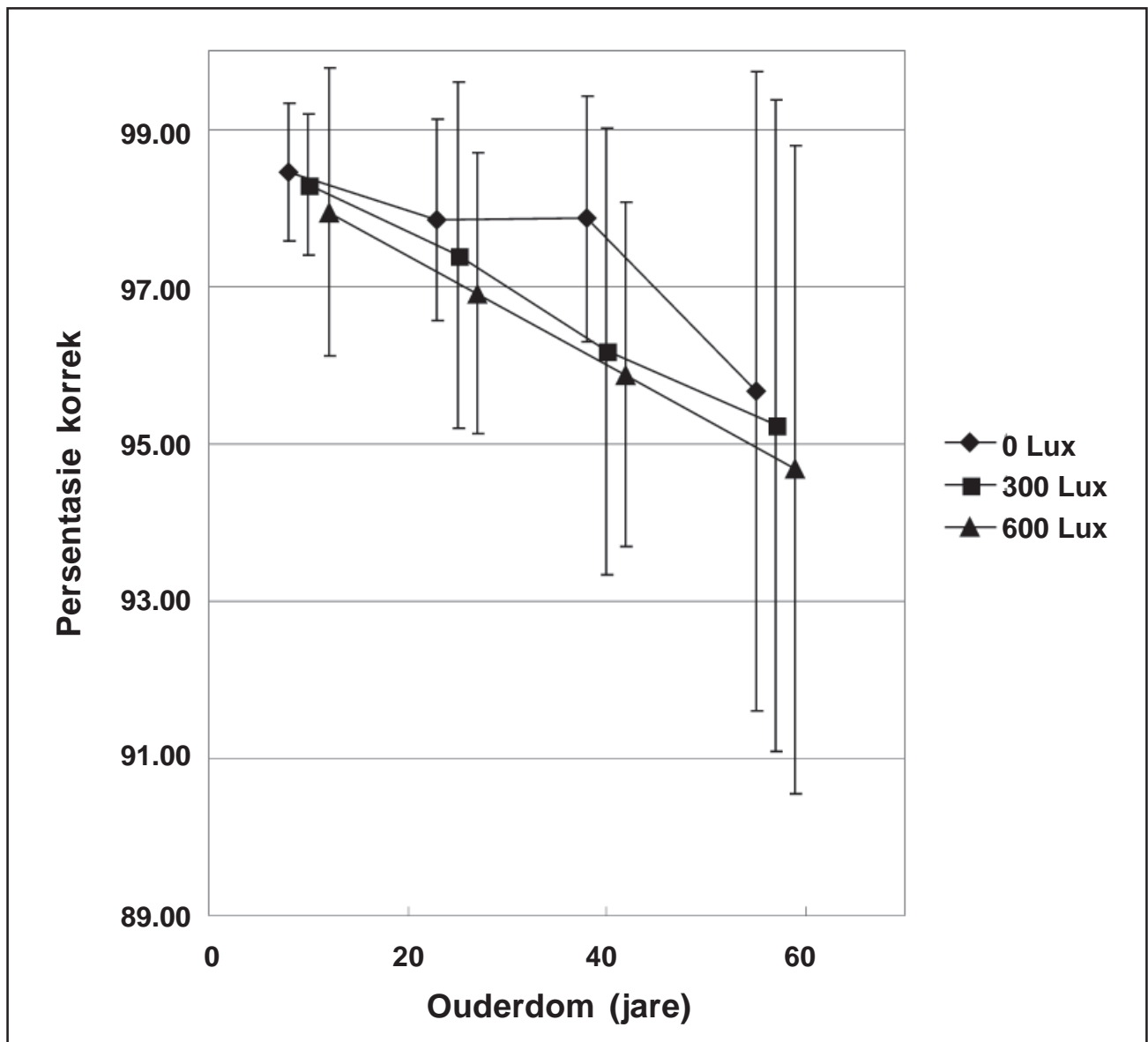
Aangesien die gebruikers slegs vir 10 minute met die stelsel geoefen het, was van die ouer persone nie heeltemal so vertrouwd met die werking nie en dit was dus soms nodig om foute te korrigeer. Jonger persone se reaksietyd en die akkuraatheid waarmee hulle bewegings uitvoer, is ook beter as dié van ouer persone.^{8,9} Uit die groot standaardafwyking teenwoordig by ouer persone is dit duidelik dat hierdie afname nie konstant is by alle persone nie. Persone wat beter vertrouwd was met die stelsel, vinniger leer, of beter reaksietyd het, het dadelik beter resultate getoon.

Die hoeveelheid plooië teenwoordig wanneer geen oogknip plaasvind nie, het 'n invloed op die werkverrigting van die stelsel. Oor die algemeen is ouer persone se vel meer verrimpeld as jonger persone s'n en dit mag beteken dat 'n harder knip uitgeoefen moet word om die vel voldoende te laat verrimpel en 'n registreerbare knip te laat plaasvind.

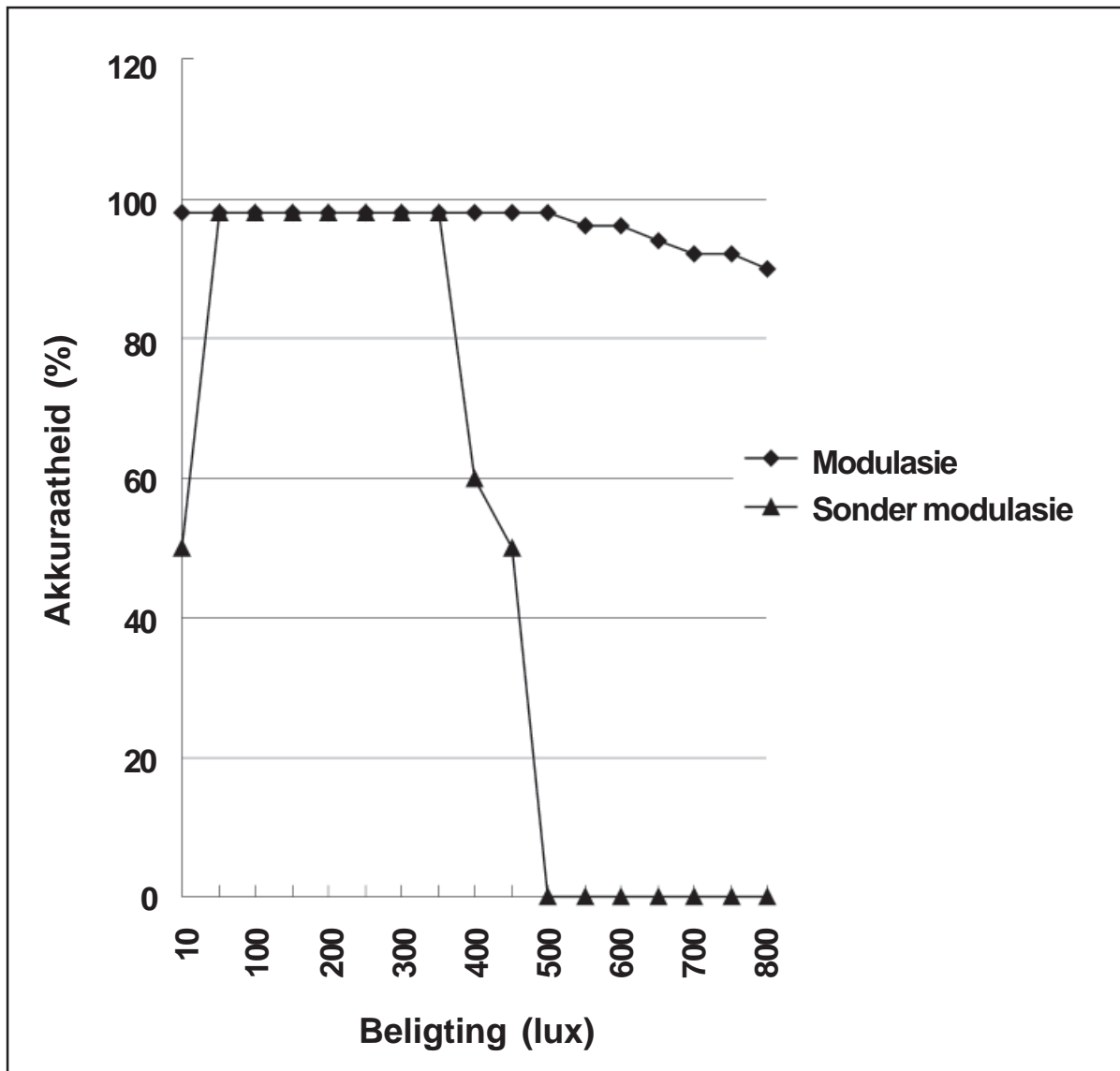
Die tyd wat 'n persoon nodig het om vertrouwd te raak met die stelsel sluit die tyd in wat die persoon neem om die basiese werking van die oogknipkode te leer, asook die tyd om te leer op watter oogknippe die stelsel die beste reageer. Die stelsel is slegs



Figuur 3: Montering van die deteksie-eenheid op die brilraam.



Figuur 4: Die akkuraatheid van deteksie met ouderdom.



Figuur 5: Akkuraatheid van stelsel as 'n funksie van beligting. Resultate word vir stelsel met en sonder modulasie getoon.

sensitief vir doelbewuste knippe. Om 'n willekeurige oogknip uit te voer, moet die gebruiker goeie beheer oor sy/haar oogspiere hê. Aangesien dit 'n spier is wat nie algemeen gebruik word nie, het sommige persone meer oefening nodig om beheer tot op die nodige vlak te kry. Aangesien spiermassa afneem met toenemende ouderdom,¹⁰ neem dit langer vir ouer persone om die spiere genoegsaam te oefen.

Die gebruik van relatiewe posisionering het tot gevolg dat daar voortdurende terugvoer is tussen die uitset en die instruksies wat deur die gebruiker gegee is. Dit beteken dat die gebruiker intuïtief kompenseer vir nie-lineariteit wat dalk deur die stelsel veroorsaak kan word. Die beginsel word ook deur Evans et al. toegepas.⁷

6. GEVOLGTREKKING

Die oogknipmuis is 'n volledige emulasie van 'n PS2-rekenaarmuis, wat beheer word deur die knip van die oë. Dit kan, sonder enige addisionele sagteware op 'n rekenaar wat 'n PS2-muis kan akkomodeer, gebruik word.

Die oogknipmuis is getoets op 26 individue wie se ouderdom tussen 12 en 55 jaar wissel. Die gemiddelde akkuraatheid van die toetse, na afloop van 10 149 knippe, was 96.89 %.

Die stelsel maak gebruik van willekeurige oogknippe en is slegs geskik vir persone met goeie beheer oor hul oogspiere. Die stelsel dra by tot die gereedskap wat vir gestremde persone beskikbaar is om hulle in staat te stel om 'n rekenaar te gebruik.

Verdere uitbreiding van die stelsel sluit 'n meganisme in wat die stelsel voortdurend instel vir variërende omgewingsbeligting en die inkorporasie van klank om aan te dui wanneer na 'n volgende modus beweeg word. Die stelsel kan ook aangepas word om insette van ander spiere, byvoorbeeld sametrekking van die mond, te ontvang vir gebruikers wat nie voldoende beheer oor hul oogspiere het nie.

7. VERWYSINGS

1. Brand, P. (1995). Coping with a chronic disease: the role of the mind and spirit. *Patient Education and Counseling*, 26,107-12.
2. Larson, E. (1998). Reframing the meaning of disability to families: the embrace of paradox. *Soc. Sci. Med*, 47, 865-75.
3. Origin Instruments. (2003). Computer access solutions for the Motor Impaired. <http://www.orin.com/3dtrack/>.
4. Romish, P. (2003). Headmaster Plus. <http://store.prentrom.com/catalog/prentrom/HM-3P>.
5. Morris, T., Blenkhorn, P., Zaidi, F. (2002). Blink detection for real-time eye tracking. *Journal of Network and Computer*

Applications, 25, 129-143.

6. Mazur, S. (2003). The Sensory Research Institute. <https://ret.magnet.fsu.edu/program/2002/mazur/mazur.ppt>.
7. Evans, D.G., Drew, R., Blenkorn, P. (2000). Controlling mouse pointer position using an infrared head-operated joystick. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 8, 107-117.
8. Grady, C.L., McIntosh, A.R., Bookstein, F., Horwitz, B., Rapoport, S.I., Haxby, J.V. (1998). Age-related changes in regional cerebral blood flow during working memory for faces. *Neuroimage*, 8, 409-425.
9. Porciatti, V., Fiorentini, A., Morrone, M.C., Burr, D.C. (1999). The effects of ageing on reaction times to motion onset. *Vision Research*, 39, 2157-2164.
10. Newman, A.B., Haggerty, C.L., Goodpaster, B., Harris, T., Kritchevsky, S., Nevitt, M., Miles, T.P., Visser, M. (2003). Strength and muscle quality in a well-functioning cohort of older adults – the health, ageing and body composition study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51,3-323.



S. VILJOEN

Suretha Viljoen behaal in 2003 die graad B. Ing (Elektroniese Ingenieurswese) aan die Universiteit van Pretoria. Sy is tans besig met die graad M. Ing (Bio-Ingenieurswese) aan die dieselfde universiteit. Haar navorsing fokus tans op analise en modellering van oppervlak EMG.



T. HANEKOM

Tania Hanekom behaal die grade B. Ing (Elektroniese Ingenieurswese) in 1993, M. Ing (Elektroniese Ingenieurswese) in 1996 en Ph.D (Ingenieurswese) in 2001 almal aan die Universiteit van Pretoria. Sy is sedert 1999 verbonde aan die Departement Elektriese, Elektroniese en Rekenaar-Ingenieurswese van die Universiteit van Pretoria. Sy is 'n lid van die IEEE, senior lid van die SAIEE en is geregistreer as 'n professionele ingenieur by die Suid-Afrikaanse Raad vir Ingenieurswese. Haar navorsing is in die veld van bioingenieurswese en fokus op die modellering van bioelektromagnetiese stelsels, bv. die senuwee-elektrode interval in kogleêre prosteses.



P. J. CILLIERS

Pierre Cilliers behaal die grade B. Ing (Elektriese Ingenieurswese) in 1975, B. Med Sci. (Menslike Fisiologie) in 1976, B. Ing (Hons.) (Elektroniese Ingenieurswese) in 1979 almal aan die Universiteit van Pretoria. Hy behaal die graad MS (Elektriese Ingenieurswese) in 1981 aan die George Washington Universiteit in die VSA en die Ph.D-graad in Bioingenieurswese in 1988 aan die Ohio State Universiteit in die VSA. Hy was vanaf 1978 verbonde aan die Departement Elektriese, Elektroniese en Rekenaar-Ingenieurswese van die Universiteit van Pretoria. Hy is tans verbonde aan die Hermanus Magnetiese Observatorium waar hy as navorsingsfisikus aangestel is. Sy navorsingsvelde sluit in bioingenieurswese, rehabilitasie-ingenieurswese, ergonomie en analog-ontwerp.