

Szemünk – több mint a lélek tükre

Avagy gondolatok az ember és a számítógép közvetlen kapcsolatáról

Basa Bence
Bioinformatika dolgozat
2008, október

Tartalomjegyzék, összegzés

Napjainkban rohamos fejlődés tapasztalható a bioelektromos jeleken alapuló rendszerek terén. Már nem csak diagnosztikai célokra lehet használni a számítógépet, hanem vezérlési utasításokat is lehet egyes ingerekhez társítani. A dolgozat célja áttekintést nyújtani az alkalmazott technológiában: rendszerezni és bemutatni azt. Nem célja ugyanakkor egy informatikai és orvostudományi szakzsargont tárni az Olvasó elé; egyszerű magyarázattal próbál meg szolgálni a mindennapi élet varázslataira. A bemutatás a következő logika szerint valósul meg:

1. Áttekintés

A témakör ismertetése, reakciófigyelés, környezeti hatások befolyásának tanulmányozása

2. Alkalmazási területek

Miért, hol fontos; alkalmazási területek, kereskedelmi felhasználás

3. Külső megfigyelések

1. Kontaktlencse-alapú technika
2. Videokamera alapú rendszerek
3. Az EOG alkalmazása
4. Összehasonlítás
5. Vizualizáció

4. Belső változások követése

Agyi aktivitás, mirigyek által kiváltott izzadság tanulmányozása

5. Továbbfejlesztés határai

6. Referenciák

1. Áttekintés

Az egyre fejlődő számítógépes technológia alkalmazásának kiterjesztése igen ötletgazdag elfoglaltság. Rengeteg irányban el lehet indulni, a kényelmi szempontok vezérelte megoldásoktól a kisegítő lehetőségekig opciók széles skálája áll rendelkezésünkre. Kényelemnek számít a jobb minőségű hardverek (lézeres egér, ergonomikus billentyűzet) kifejlesztése, amely a hatékonyabb munkavégzést teszi lehetővé, a kisegítő lehetőségek pedig a hátrányos helyzetű felhasználók számára csökkenthetik jelentősen a fogyatékosságukból eredő alkalmazás okozta nehézségeket.

A cél elérése érdekében felhasznált eszközöket két részre lehet osztani: az egyik a belső változásokat megfigyelő (*passzív*) eszközcsoport, mely a környezet által kiváltott reakciókat rögzíti különböző eszközökkel. A másik az *aktív* csoport, mely a tudatosan irányított jelenségekkel – például a szemmozgással – valósítják meg a *vezérlést*.

A passzív módszerek inkább *diagnosztikai* célokra használhatók, például egy film korhatárát lehet meghatározni (pontosítani) vele úgy, hogy a film nézése alatt elektródákkal figyelik a néző idegrendszerének aktivitását. Így közvetlenül bizonyítható, hogy egy 12 év alatti gyerekekre a sokkoló képi anyagok mellett legalább olyan káros hatással bír a folyamatos felfokozott állapot (magas vérnyomás, adrenalin-szint, stb.). A megfigyelések tárgya rendkívül sokféle lehet: az alapvető vérnyomást, légzésintenzitást, izzadást és hormonszintet kombinálva érzelmi reakciókat is kimutathatunk, következtetéseket vonva le a vizsgálat tárgyáról.

Ezek révén számos viselkedéstani kérdést is meg lehet válaszolni, hogy egy személy miért reagál az adott módon. Meg lehet mondani, hogy a kiváltott agresszió az alany természetéből fakad, vagy hormonjainak túltengése okozza, így a pszichológiában is sok segítséget nyújt. A legtöbb – az alany számára nem kellemetlen – vizsgálat a régi hazugságvizsgáló rendszereken alapul – természetesen jelentősen túlszárnyalva azt. Az eredeti szerkezet az izzadtság mennyiségének mérésén alapul, de a korszerű technológiának köszönhetően már nem csak mennyiségi, hanem minőségi vizsgálatokat és kiértékeléseket is tudunk végezni.

2. Alkalmazási területek

Bizonyos felfedezéseknek köszönhetően a bioelektromos jeleken alapuló rendszerek nagy népszerűségnek örvendenek, vagyis rengeteg területen alkalmazzák – nem csak a gyógyászatban, sőt a katonaságnál, de már a reklámparban is vannak ennek használatára képzett szakemberek.

A hétköznapi vizsgálatok terén eddig elért legnagyobb eredmény a rákos betegeket érinti. Kutyák közreműködésével felismerték, hogy a rákos megbetegedésben szenvedő alanyoknak megváltozik a szaga (a kutyák képesek ezt érzékelni). Ezt a tényt használván hamarabb – lehetőleg korai stádiumban – lehetne diagnosztizálni a daganatot. További előnye, hogy a páciens számára semmilyen kellemetlenséggel nem jár, ugyanis mindenféle beavatkozás, mintavétel nélkül, pusztán külső megfigyelés alapján elvégezhető. (Természetesen a módszer elve révén más vizsgálatokat is el lehet végezni, de a rák terén elért eredmények tették lehetővé a szakág villámgyors fejlődését.)

A katonaságnál inkább az aktív megfigyelés hódított, legeredményesebben a mágneses kontaktlencse funkcionál. A szerkezet, bármennyire is ijesztően hangzik, nem káros az egészségre, sőt, semmiben nem különbözik a hétköznapi lencsétől.

Látván a technológia eredményeit, a reklámpar szakemberei is lecsaptak a lehetőségre, hogy többet tudjanak meg „a fogyasztók” figyelméről. A legtöbb weblapon megfigyelhető hirdetés-elhelyezések is ilyen tanulmányokon alapszanak: a felső sávban megjelenő, az oldal színsémájától eltérő (de nem bántóan erősen kontrasztos) háttérű hirdetések kerülnek a felhasználó figyelmébe elsőként. Természetesen az oldalsávokban megjelenő bannereket is olvassák – menüpontokat keresve, de a „legidegesítőbb” a középső oszlop – vagyis a tartalom helyén – felbukkanó, vagy szövegbe beszúrt dobozok.

Az Interneten kívüli hirdetések is természetesen pontos mérések alapján készülnek, hogy a fő mondanivalójuk egyből, míg az „apró betűs” rész csak késleltetve tűnjön a szemünkbe. A kirakatrendezők is a báméskodóktól tudják meg, hogy milyen elrendezésben célszerű felépíteni a kirakatot, nincs ebben semmi varázslat, és megérzés... Az üveg mögött, a négy sarokba infravörös kamerákat építenek, melyek a nézelődő szivárványhártyájának pozíciójáról képesek viszonylag pontos, háromdimenziós képet alkotni.

Hasonlóan alkalmazva biztonságtechnikai kérdésekre is tökéletes válasz a szivárványhártya-leolvasás, mely egy mobiltelefon beépített (minimum két megapixeles) kamerájához kötve rendkívül kicsi, és feltűnésmentesen alkalmazható. Ezeken túl, ma már kapható (200 ezer forintért) olyan fényképezőgép, amelynek a nézőkéjébe belenézve a tekintet irányához viszony a kép fókuszpontja. Természetesen az ilyen rendszerek pontos kalibrációt igényelnek, de a technika fejlődésével erre egyre kevésbé lesz szükség.

A számítástechnika talán az egyike azon területeknek, ahol a legjelentősebb áttörést érték el. A mozgáskorlátozottak (akiknek a keze sérült) számára kezelhetetlen számítógépek egyszerre megszélidültek, amikor kifejlesztették a fejjel irányítható kurzort. Az egész egy gyakorlatilag „egyszerű” program, mely a fej elmozdulásával párhuzamosan mozgatja a kurzort. Az alkalmazás során jelentkeztek ugyan kényelmetlenségek, mint például a kattintás nehézsége, de ezt át lehetett hidalni úgy, hogy ha a fej bizonyos ideig mozdulatlan, azt kattintásként érzékelje. Volt szerencsém kipróbálni egy ilyen rendszert, és a gépelést kivéve mindenre fel lehetett használni (a Microsoft képernyő-billentyűzetével „lehetetlenből” „nehéz” lett).

A tekintet-követés (Eye Gaze Tracking) megjelenése óta sokat finomodott a rendszer működése, mivel nem a fej, hanem a szem mozgását detektálja. A figyelemzavarral küszködők betegségéről is pontosabb képet lehet kapni, például a szem mozgásának követése alapján elemezhető a zavar oka. A gerincsérültek számára is használható – akár a tolókosci irányítására is. Az egyetlen probléma itt is a kattintással volt kapcsolatos: célszerű pislogáskor kattintani, viszont az önkéntelen pislogás miatt összekuszálódhat a parancsmechanizmus, ezért ennek a kifejlesztése még komoly erőfeszítéseket igényel a kutatóktól.

A „fejgér” körülbelül 10-20 pixel, míg a kamera alapú társa 3-5 pixel pontossággal képes pozicionálni a kurzort.

És hogy mindez miért fontos? Napjainkban – a modern humanizmus korában egyre inkább előtérbe kerül az emberi szervezet és a gépek szimbiózisa. Ez azt jelenti, hogy a modern technológia luxuscikké válik, amit kereskedelmi forgalomba helyezve önálló iparágak jöhetnek létre, amelyek eredményeképpen mind a feltaláló, mind a felhasználó jól jár. Olyan kérdésekre találhatunk választ, amelyekről régebben csak legendák szóltak, problémákra találhatunk megoldást, amellyel sok százezer, akár sokmillió ember számára hasznosat, nélkülözhetetlent alkothatunk.

3. Külső megfigyelések

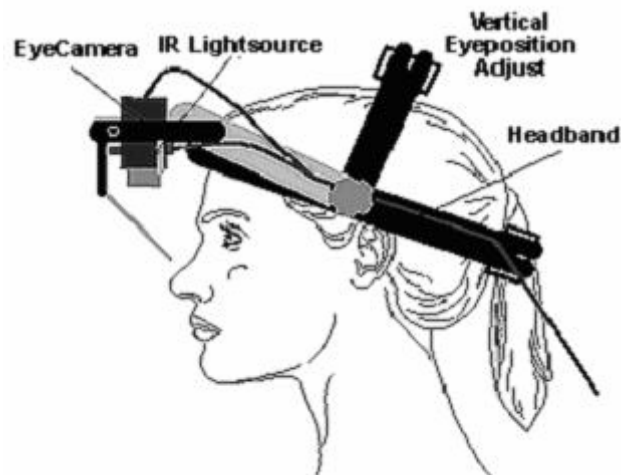
A külső megfigyelések témájában a leginkább reprezentatív módszerek a tekintet követéséhez kapcsolódnak - a szem mozgása alapján megpróbálják megtalálni a vizsgált alany figyelemének központját. A legérdekesebb mérési eredmények közlekedés közben születnek. Érdekes dolog vizsgálni a periférikus látást, vagyis hogy mennyire érzi az illető szükségesnek, hogy odanézzon egy objektumra, mennyire elégszik meg azzal, hogy ott „sejt” valamit. Vezetés közben is jelentősen eltér a fáradt és fitt, tapasztalt és újonc, valamint férfi és női szemmozgás. A szemmozgás-követő módszereket a megfigyelés eszköze alapján három alcsoportra szokás osztani.

3. 1. Kontaktlencse alapú technika

A lencse alapú technika arra épül, hogy a szemre egy speciális, fémet tartalmazó műanyag lencsét helyeznek. Maga a fém egy kör alakú tekercs formájában van jelen, ami kívül esik a látóhatáron, így nem zavarja a látóteret, viszont követhető az elmozdulása. Maga az érzékelő egy fémdetektor, amit a fejhez erősítenek, így a fej mozgásait figyelmen kívül lehet hagyni (nem úgy, mint a fix kamerás megoldásoknál). A szenzor a helyi mágneses tér minden változását érzékeli, és kiszámolja a viselőjének szemmozgását. A lencséknek nem csak a felhelyezése és levétele kellemetlen, hanem maga a viselése is erősen irritálja a szemet. Ebből kifolyólag szinte csak mesterséges környezetben használható, többnyire diagnosztikai célokra. (Nehezen bár, de alkalmazható az alvás REM fázisának figyelésére is.)

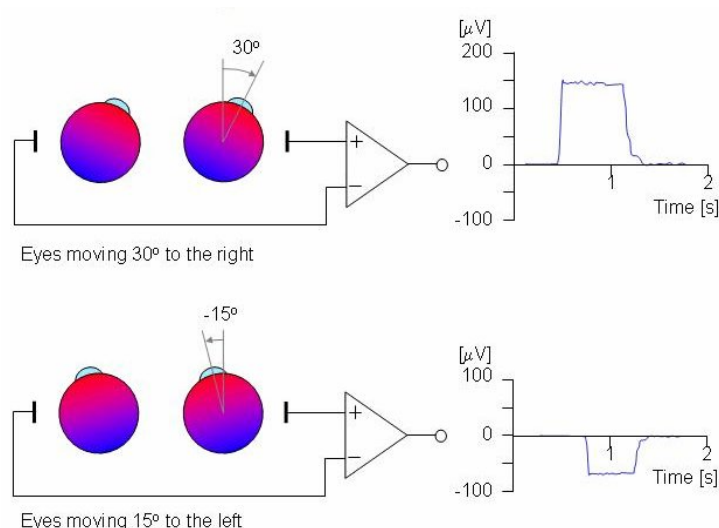
3. 2. Videokamera alapú rendszerek

Egy videokamera segítségével észlelhetjük a retina mozgását, sőt, még a méretét is. A legtöbb ilyen rendszer egy kamerán alapul, például egy szemüvegbe építve, vagyis a szemüvegkereten kívül semmi más kellemetlen tényező nem befolyásolja a tesztalany viselkedését. Az egyik megvalósítása a visszaverődő fény változásán alapul: mivel a szem nem gömb alakú, más szögből máshogy töri a fényt. Az ilyen rendszerek (mint például a korábban említett kirakat-figyelő) az elkülöníthetőség érdekében általában saját fényforrással rendelkeznek (az infravörös fényforrás előnye, hogy nem zavarja a bémészkodót, annak tudta nélkül világítja meg a kamera számára). Más megoldások a szembogár pozíciójának meghatározása alapján próbálják elérni ugyanezt az eredményt.



3. 3. Az EOG alkalmazása

A harmadik módszer, az ún. EOG (*elektro-olulogram*) a retina potenciál-változásait észleli. Megfigyelték ugyanis, hogy a retina alja és teteje eltérő elektromos potenciálon van. A méréshez egy pár elektródát erősítenek a szem aljára és a tetejére. A precíz mérések és a zajok kiszűrése érdekében sokat segíthet további kettő, jobb és baloldalra. A szem mozgatasakor az egyik elektróda a retina negatív felét látja – vagyis a hátulját, tehát a szem a hozzá képest ellentétes irányba fordult, míg a párja ezt pont fordítva látja. Az eltérés mértékéből lehet következtetni az elfordulás szögére.



3. 4. Összehasonlítás

A tekintetkövető rendszerek alapvetően több szempont szerint értékelhetők: pontosság, határok, alkalmazhatóság, és ár.

A kontaktlencse alapú szerkezetek ugyan rendkívül pontosak, de kényelmetlen viselni, és drága is. Cserébe viszont egy teljes látóterületet lefedő referenciát kapunk.

Egy kamera olcsó és könnyen használható, viszont a pontossága hagy némi kívánnivalókat maga után, arról nem is beszélve, hogy a kép teljesen megszűnik, ha a szemhéjak eltakarják a fókuszt. Talán a legnagyobb hátrányaként fogható fel (nem szemüvegbe épített változat esetén), hogy a fejnek rögzítve kell lennie a pontos eredményekhez.

EOG-vel egyszerű, olcsó megoldást találtunk, bár csak 2° pontosan tudja meghatározni az elmozdulást, 90° fokos mezőt fed le, és a két szemre külön-külön is alkalmazható.

3. 5. Vizualizáció

A tekintet mozgását egyszerűen ábrázolhatjuk. Az ötlet lényege az, hogy ha a szem egy pontra néz (természetesen szükséges a felhasználó által látott kép), a program megjelöli az adott pixelt, és egyre nagyobb sugarú kört rajzol köré, amíg a szem nem mozdul el róla. Ezzel nem csak a fókusz helyét, de a pillantásra szánt időtartamot is regisztrálni lehet. Ezután, a szebb megjelenés érdekében „hőtérképet”

is lehet készíteni a látott anyagról, ahol pirostól zöldig skálázzák egy elem népszerűségét:



4. Belső változások követése

A tudattalan reakciókról az agy megfigyelésével kaphatunk pontosabb képet. Erre a célra egy *MRI* alapú eszközt használnak, az *fMRI*-t (*Functional Magnetic resonance imaging*, funkcionális mágneses rezonancia-feltérképezés). A szerkezettel az agyban futó erek vérbőségéből lehet következtetni az egyes területek aktivitására. A neuronok ugyanis, ha nagyobb intenzitással dolgoznak, több oxigént igényelnek, ezért megnő a véráram. Az oxigéntől megfosztott deoxihemoglobin paramágneses, így kimutatható egy erre a célra kifejlesztett műszerrel – ez az *fMRI*. A reakció késleltetve észlelhető, mivel a vér mennyisége csak néhány (1-5) másodpercen belül kezd el növekedni, utána viszont visszaugrik a normál szintre.

Előnye a biztonságosságban rejlik, vagyis hogy a művelet legkevésbé sem invazív (nem kell röntgensugarakkal bombázni a fejet, és külsőleg beadott kontrasztanyag helyett a deoxihemoglobint használják). Ami pedig a pontosságát illeti: 5 milliméteres metszeteket készít az agyról, vagyis, összehasonlítva az *EEG*-vel (*elektro-enkefalográffal*, mely az agy elektromos változásait észleli) nem csak hogy kevésbé káros, de sokkal pontosabb is.

Másik fontos elemzés köthető az izzadtságához. Mivel mennyiségi és minőségi méréseket is el tudunk végezni, pontosabb képet kaphatunk a mirigyek által kiválasztott nedvekről. A mennyisége alapján például meg lehet állapítani, hogy valaki zavarba jött. Összetétele (hormon-, sókoncentrációja) pedig a belső kémiai reakciókat tükrözi.

5. Továbbfejlesztés határai

Természetesen a kutatási terület még mindig tele van kiaknázatlan lehetőségekkel, tehát van hova fejlődnünk.

Mágneses kontaktlencsék terén is lehetne fejlődni (elsősorban a viselését kellene valahogy kényelmesebbé tenni). Kivételkor például egy mágnessel óvatosan le lehetne rántani a lencsét a szemről, de akár színezni is lehetne a fémet – kizárólag a divathoz igazodva. Az azonban már az álmok netovábbja, hogy a beépített áramkörök a látómezőn is tudjanak módosítani, bővítve ezzel egy titkosügynök kelléktárát.

Szintén kontaktlencséknél maradva, ha valahogy meg lehetne oldani, hogy a lencse ne legyen teljesen koncentrikus felépítésű, akkor a vízszinteshez viszonyított szöge állandóvá válna – csak a szem forogna alatta, így egy bifokális lencsét kapnánk.

6. Referenciák

A dolgozat szakmai háttérét Dr. Cserey Györgynek köszönhetem, nélküle valószínűleg nem tudtam volna elszakadni az általam kézzel fogható megoldásoktól. Köszönöm szüleimnek a gyakran éjszakába nyúló angol források interpretálását, illetve a kompozíció megjelenéséért való fáradozást. Szintén nem jöhetett volna létre a dolgozat a biológia-tanárnőm, Dr. Sólymosné Hirsch Erika ösztökélése nélkül, valamint anélkül, hogy ne hívta volna fel a figyelmem a bioinformatika szak szépségeire.

Külső referenciaként internetes oldalakat használtam (cégek reklámjait többnyire), valamint a Medical Breakthroughs 2005 (Reader's Digest kiadó, 2005, New York) könyvet olvasgatva merültek fel bennem hasznos ötletek, bővítések.

A forrásként használt weboldalak listája:

<http://www.etre.com/usability/eyetracking/>
<http://www.crs ltd.com/catalog/mri-live/index.html>
http://en.wikipedia.org/wiki/Eye_tracking
<http://en.wikipedia.org/wiki/Electrooculography>
http://en.wikipedia.org/wiki/Functional_magnetic_resonance_imaging
<http://www.fmri.org/fmri.htm>
http://sg.hu/cikkek/53658/eger_es_billentyuzet_helyett_magneses_kontaktlencse

A képek forrásai (Internetes képkeresés alapján):

3. 2. Szemkamera

http://www.egr.vcu.edu/images/bme/research/eye_tracking_features.gif

3. 3. EOG mérési eredmény

<http://butler.cc.tut.fi/~malmivuo/bem/bembook/28/fi/2803.gif>

3. 5. Hőtérkép

<http://www.blogclout.com/blog/wp-content/uploads/eye-track-f.jpg>