

Principiile interfețelor olfactive om-calculator

Iulian Popescu

SoftTehnica

Șos. N. Titulescu, nr.1, bl. A7, sc. C,
Sector 1, București

iulian.popescu@softtehnica.ro

REZUMAT

Lucrarea de față reprezintă o incursiune în problematica reprezentării mirosurilor în format digital, dar și aspecte specifice ale interfețelor olfactive om-calculator.

Cuvinte cheie

Interfețe olfactive, digitalizarea mirosurilor

Clasificare ACM

H5.2. Information interfaces and presentation (e.g., HCI):
Miscellaneous.

INTRODUCERE

Studiul reprezentării mirosurilor în format digital este la granița mai multor științe, precum anatomia, neurologia, chimia, biologia moleculară, și nu în ultimul rând știința calculatoarelor, așa că va trebui să abordăm această problemă din mai multe puncte de vedere.

Simțul olfactiv sau mirosul este capacitatea de a recepționa și de a interpreta cu ajutorul receptorilor olfactivi. Receptorii pentru miros și gust sunt receptori chimici și sunt legați funcțional. Dacă receptorii olfactivi din nas sunt blocați, de o răceală spre exemplu, atunci în mod normal diferite substanțe gustative vor avea un gust similar. De asemenea s-a demonstrat că mirosul este de 10000 de ori mai sensibil decât gustul.

Simțul olfactiv a fost marginalizat în cercetările HCI (Human Computer Interfaces), considerându-se în mod nejustificat că este mai puțin important decât văzul, auzul sau simțul tactil. Simțul olfactiv este folosit de către animale, în lupta de supraviețuire a speciei, pentru a găsi și identifica hrana, pentru a le avertiza de apropierea dușmanului, pentru stabilirea ierarhiei în grup sau la găsirea partenerului pentru reproducere. Prin semnale olfactive un animal marchează teritoriul său, sau se transmite semnale care arată simpatia sau aversiunea. Furnicile sau albinele transmit de asemenea semnale olfactive care indică unde se află hrana.

Chiar dacă pentru omul modern unele dintre aceste utilizări nu mai sunt necesare, simțul olfactiv este încă foarte important, având influență asupra noastră fără ca măcar să conștientizăm acest lucru. Un om poate deosebi și reține în memorie cam 10 000 de mirosuri diferite. Prin civilizare omul a pierdut o parte din aceste posibilități olfactive. Omul percepe prin intermediul mirosului senzații transmise pe traiectul nervilor lobilor olfactivi din creier, unde se stabilește de exemplu gradul de simpatie nutrit pentru persoana din apropiere. Mirosul este responsabil și de reglarea apetitului fiind implicat și în

mecanisme de apărare, prin intermediul lui sunt evitate de exemplu unele substanțe periculoase, nocive sănătății sau identificarea unor incendii etc.

Simțul mirosului este posibil datorită neuronilor care conectează direct creierul cu lumea de afară. În nas, receptorii culeg mirosuri din mediu înconjurător și trimit informația direct către bulbii olfactivi, care este prima stație de legătură în drum spre creier. Celulele receptoare olfactive dețin un singur tip de receptor olfactiv, iar fiecare tip de receptor olfactiv poate detecta un număr limitat de substanțe odorizante, așa că celulele receptoare olfactive sunt foarte specializate pentru câteva mirosuri. Majoritatea mirosurilor sunt compuse din mai multe molecule odorizante, și fiecare moleculă odorizantă activează mai mulți receptori olfactivi, conducând la un pattern olfactiv combinat, care ne permite recunoașterea unui număr mare de mirosuri distincte. Influența mirosului asupra comportamentului nostru social este foarte importantă și greu de estimat. Sunt influențe inconștiente asupra noastră datorate unei conectări directe a receptorilor olfactivi la creier.

ANATOMIA SIMȚULUI OLFACTIV

În 2004, Premiul Nobel în medicină s-a acordat lui Richard Axel și Linda Buck pentru descoperirea receptorilor olfactivi și a organizării sistemului olfactiv.

Axel și Buck au descoperit o mare familie de gene, compusă din aproximativ 1000 de gene diferite, cam 3% din întregul patrimoniu de gene ale unui om. Se consideră că această familie de gene este cea mai mare din genomul uman. Oricum nu toate dintre aceste potențiale gene ale receptorilor olfactivi sunt activate și își au un corespondent. Conform analizei datelor din proiectul genomului uman cam 400 dintre acestea sunt funcționale și codează receptori olfactivi, restul de 600 de candidate sunt pseudogene.

Cele 1000 de gene stau la baza formării unui număr echivalent de tipuri de receptori olfactivi. Acești receptori sunt localizați în celulele receptoare olfactive, care ocupă o zonă mică din partea superioară a echitelului nazal și detectează moleculele odorizate inhalate.

Motivul existenței unui număr mare de tipuri de receptori olfactivi este pentru a forma un sistem de diferențiere pentru un număr cât mai mare de mirosuri distincte. Chiar și așa fiecare tip de receptor nu detectează doar un singur miros, el este activat de un număr de structuri olfactive similare. Mai mult decât atât majoritatea mirosurilor activează mai mult decât un singur tip de receptor. Toate aceste combinații dau numărul total de mirosuri diferite pe care omul le poate distinge.

Ca și la multe alte organe din corp, aparatul olfactiv este duplicat, fiecare cavitate acționând independent. Receptorii senzoriali pentru miros se află pe peretele superior al cavității nazale, imediat sub lobii frontali ai creierului. Aceasta se numește suprafața olfactivă și este alcătuită din milioane de celule mici, celule olfactive. Fiecare celulă olfactivă are aproximativ o duzină de cili care proemină într-un strat de mucus. Mucusul menține umiditatea cililor și acționează ca o capcană pentru substanțele odorante, în timp ce cilii măresc efectiv suprafața fiecărei celule olfactive, crescând astfel sensibilitatea la mirosuri. Cantități mici de substanțe chimice sunt dizolvate în mucus, vin în contact cu cilii și stimulează celulele care emit impulsuri nervoase.

Fibrele nervoase olfactive propagă aceste impulsuri, trecând prin oasele craniului către cei doi lobi olfactivi ai creierului - unde informația este stocată, procesată și apoi transmisă printr-un circuit complicat de fibre nervoase la cortexul cerebral. Aici, mesajul este identificat și devenim conștienți de miros.

Partea din creier care analizează mesajele ce sosesc de la receptorii olfactivi este localizată la nivelul sistemului limbic, denumit creierul primitiv, uneori chiar creierul olfactiv.

Sistemul limbic este cel mai vechi segment al emisferelor cerebrale, dispus în partea anterioară a acestora. Are rol în simțul mirosului și multe alte funcții vegetative, datorită inter-relațiilor sale în special cu hipotalamusul. Cea mai mare parte a sistemului limbic se află dispusă sub forma unui inel, alcătuit din țesut cortical primitiv, legat în special de simțul mirosului, conținând lobii olfactivi. Funcțiile sistemului limbic sunt: zona olfactivă primară, centru de reglare a activității vegetative, centrul unor mișcări somatice, reglarea aportului alimentar, reglarea activității sexuale, menținerea atenției, coordonarea funcțiilor emoționale și a comportărilor instinctuale, motivare etc.

Această conexiune explică de ce mirosurile au o intensă semnificație emoțională. Mirosul proaspăt de ploaie într-o zi de vară îi face, de obicei, pe oameni să se simtă fericiți și revigorați; de asemenea, poate evoca amintiri plăcute. Mirosul pâinii proaspăt coapte poate determina senzații de foame, în timp ce mirosul unui parfum poate anticipa plăcerea sexuală.

Simțul uman al mirosului este atât de puternic, astfel încât pentru identificarea mirosului unui sconcs, mirosim 2×10^{11} grame de aromă. În comparație cu câinii, simțul olfactiv uman este mult mai slab, câinii având circa 200 de milioane de receptori olfactivi, cam de 20 de ori mai mult decât oamenii.

În comparație cu simțul gustului, simțul olfactiv este mult mai sensibil. S-a estimat că o persoană are nevoie de o cantitate de 25.000 de ori mai mare de substanță în gură pentru a o gusta decât este nevoie pentru detectarea mirosului de către receptorii olfactivi.

IMPLEMENTAREA INTERFETELOR OLFACTIVE

Așa cum am spus anterior, până în acest moment nu s-a reușit elaborarea unei clasificări riguroase și reproductibilă a mirosurilor. De fapt ce este așa de complicat?

Comparativ cu simțul vizual, unde putem reprezenta toate culorile într-un spațiu de 3 dimensiuni, pentru reprezentarea mirosurilor am avea nevoie de un spațiu cu 1000 de dimensiuni. De aici rezultă complexitatea generării arbitrare de mirosuri la cerere. Lucrurile sunt și mai complicate deoarece prin combinarea mirosurilor pot apărea efecte neașteptate. Spre exemplu produsele care au un miros de lămâie conțin citral, un amestec egal de neral și geranial, care dau mirosul artificial de lămâie, dar în schimb dacă amestecăm arome de trandafir cu mentă, cele două mirosuri se vor distinge foarte ușor ca fiind separate, la fel cum un cunoscător poate distinge zeci de mirosuri distincte într-un pahar cu vin. De aceea este neecar să testăm diverse combinații de mirosuri pentru a le simți efectul, neputând anticipa într-un fel cum se va comporta un amestec de mirosuri.

Un lucru deasemenea foarte important este că va trebui să identificăm și să ținem cont de substanțele olfactive care ar putea provoca alergii.

Dacă în domeniul vizual am definit trei culori pe care le-am numit: roșu, verde și galben, cu ajutorul cărora putem să generăm toată paleta de culori, înseamnă că am introdus doar 3 principii, similar unor axiome în formarea unui sistem matematic. În același timp sistemul nostru vizual, format din 3 culori principale, introduce în același timp 3 puncte de relativizare. Nu toți oamenii percep roșul la fel, spre exemplu daltoniștii. Procentul de oameni care nu respectă linia generală și percep altfel aceste notații este destul de mic, permițând astfel impunerea rapidă a unor standarde de reprezentare. Să ne gândim la problema complementară în spațiul mirosurilor. Avem 1000 de posibilități ca oamenii să interpreteze diferit mirosul, ba chiar mai mult percepția asupra unui miros este influențată în mod semnificativ și de educație, religie, etc.

Capacitatea simțului olfactiv diferă de la populație la populație, dar și de la individ la individ. Odată ce îmbătrânim, simțul mirosului se înrăutățește, copii având cu siguranță un miros mai bun decât părinții sau bunicii lor. De asemenea sensibilitatea simțului olfactiv diferă și între bărbați și femei, femeile având simțul olfactiv mai dezvoltat.

Pentru a face o clasificare a mirosurilor avem nevoie de concepte cu care să fie asociate. Spre exemplu acesta este mirosul de crin, acesta de trandafir etc. În spațiul vizual această asociere ar suna de genul: roșu este culoarea semaforului când mașinile așteaptă să plece.

Până în acest moment nu s-a finalizat o clasificare completă a mirosurilor, în schimb s-a observat că mirosurile sunt ușor asociate unor stări sufletești, astfel senzațiile olfactive putând fi memorate foarte ușor. O persoană va rememora imediat circumstanțele unei întâmplări sau stări sufletești, odată ce va identifica un miros pe care l-a simțit cu ocazia acelor evenimente. De aici reiese și puternica influență afectivă pe care simțul olfactiv o are asupra noastră. De aceea în cadrul lucrării de cercetare va trebui să ținem cont de influențele afective în evaluarea impactului social și economic al HCI pe baza simțurilor olfactive.

Pentru reprezentarea în spațiu virtual va trebui să ținem cont de mai mulți parametri, cum ar fi:

A) dispunere temporală: pentru a reprezenta un clip olfactiv va trebui să definim o axă a timpului în care evenimentele olfactive se vor desfășura. Pe lângă momentul T0 de început al evenimentului va trebui să reținem și perioada pentru care acest eveniment se va desfășura. Spre exemplu vom emite mirosul primar X timp de 2 sec de la momentul T0.

Dar de la momentul T1 (1,2 sec) începe emiterea timp de 4 secunde a unui nou miros primar Y. Aici timp de 0,8s va trebui să facem un mix din mirosurile finale X și Y. Această problemă este similară cu reprezentarea sunetelor prin frecvența acestora, cum este formatul WAVE, urmând axa temporală.

B) Intensitate: definită de specialiști drept cantitate, referindu-se la nivelul de intensitate pe care dorim să-l simtă utilizatorul. Un foarte simplu experiment a dovedit că omul poate să perceapă corect 4 nivele de intensități: nimic, slab, moderat și puternic.

Pe scurt experimentul a fost în felul următor: s-au luat 4 mirosuri simple, de bază, și s-au diluat în mai multe nivele de concentrare. Mai multe persoane au fost puse să ordoneze recipientele cu substanțe mirositoare în funcție de intensitatea pe care o percep. Conducătorii acestui experiment au ajuns la concluzia că oamenii au o capacitate redusă de a face diferența între concentrații, aceasta reducându-se la o reprezentare pe 1,5 biți, adică 3 nivele de concentrare 100%, 50%, 25%. La aceste nivele se va adăuga bineînțeles și nivelul 0.

Pe lângă acest factor scăzut de a percepe intensitățile mirosurilor, simțul olfactiv uman variază cu valori foarte mari atât de la o populație la alta, cât și de la individ la individ. Aceste variații, studiate în timp, au fost identificate ca fiind de amplitudini similare atât pe populații cât și pe indivizi.

Peste toate acestea se adaugă capacitatea omului de a se adapta la orice miros în mai puțin de 1 minut, ceea ce face ca intensitatea să fie de prisos. Într-un fel va percepe un individ mirosul de crin când intră într-o cameră și altfel va simți același miros de crin (la aceeași intensitate) după 30 de secunde de când stă în aceeași cameră și altfel după 1 minut.

Deci va trebui să ținem cont că nu ne putem baza pe intensitate, deoarece aceasta este foarte relativă diferind de la populație la populație, dar și de la individ la individ. Foarte important este faptul că omul se obișnuiește aproape complet cu un miros după mai puțin de 1 minut de expunere, ceea ce face ca diferite nivele de intensitate să nu mai aibă nici o relevanță.

De aceea, pentru generalizare cu speranța unor dezvoltări ulterioare, vom reprezenta parametrul intensitate pe 1 octet având valori de la 0 (pentru inexistența mirosului) până la 255 (pentru concentrația maximă). De asemenea valoarea 128 = concentrație 50% și 64 = concentrație 25%. Momentan vom lucra doar cu aceste valori în formatul pe care îl vom propune.

C) Adâncimea de reprezentare este dată de numărul de mirosuri pe care subiecții le pot identifica simultan. Experimente făcute de Engen și Piaffman au arătat că subiecții au putut percepe până la 16 mirosuri cu

certitudine, însemnând 4 biți de informație. Bineînțeles că un specialist în parfumuri poate identifica mult mai multe, dar vom lua rezultatul experimentului ca prag de fiabilitate în formatul nostru. Similar și un specialist în muzică poate să identifice anumite "scăpări" de calitate în redarea melodiilor în format MP3.

Cercetări recente au demonstrat că putem obține rezultate cu îmbunătățiri considerabile, în identificarea mirosurilor, dacă nu utilizăm substanțe pure, cu un singur tip de moleculă, ci mixturi de molecule care formează un miros complex. Spre exemplu e mai indicat să folosim cafeaua decât amil acetat.

D) canale de transmitere: La fel cum în domeniul audio discutăm de sisteme stereo sau surround 3.1, 5.1 sau 7.1 va trebui să ne gândim și la reprezentarea pe mai multe canale, pentru o calitate cât mai bună. La fel ca și la sistemele audio, vom avea sisteme olfactive care vor suporta 1, 2, 8, 10 sau 20 de canale (emițătoare distincte), dar standardul nostru de reprezentare va trebui să suporte cât mai multe canale. În terminologia cercetărilor olfactive acest sistem este denumit "spatial scents".

CONCLUZII

Printre domenii de aplicare ale digitalizării mirosurilor amintesc:

- Clipuri audio-video-olfactive stocate pe PC pentru a ne păstra cât mai autentic anumite trăiri, evenimente etc
- Jocuri video
- Site-uri web și magazine online
- Realitatea virtuală
- Televiziune
- Cinematografie
- Dispozitive mobile (inclusive telefonie mobilă)
- Publicitate și marketing (utilizarea unor asemenea aplicații pe rafturile de vânzare din magazine, conectarea la dispozitive de tip infokiosk, reclame la televizor)
- Branding și mărci înregistrate olfactiv

Așa cum se poate observa există o sumedenie de aplicații, dintre care cu efectul cel mai semnificativ ar fi cele legate de publicitate. Odată cu extinderea internetului și a economiei globale publicitatea a devenit tot mai răspândită, având o contribuție foarte mare directă, dar și indirectă în economia globală. Cu ajutorul dispozitivelor olfactive oamenii de marketing vor avea la dispoziție noi "jucării" în elaborarea campaniilor de publicitate, iar aceste jucării vor fi și cele mai eficiente din moment ce dau un randament maxim, omul fiind influențat inconștient de stimuli olfactivi. Oricum se folosesc deja stimulii olfactivi în atragerea clienților, dar într-o formă mult mai primitivă, spre exemplu pe trotoarul din fața unei brutării se emit mirosuri de pâine proaspăt făcută. Dar elaborarea unor standarde în domeniul mirosurilor va permite accesul mult mai direct și cât mai aproape de client. Vă imaginați ce efect ar avea o reclamă cu McDonald's la televizor, la finalul unui film, în care telespectatorului I se va transmite mirosul de cartofi prăjiți.

Toate aceste lucruri au bineînțeles și o parte negativă, aducând uneori grave atingeri la adresa intimității personale și a liberei alegeri. Manipularea cu ajutorul mirosului poate să depășească bariera comercială a publicității și să între în alte sfere cum ar fi controlul maselor, inocularea dorințelor sexuale etc. Toate acestea descriu o lume pe care mai mult o vedem în filmele SF, dar în capcana căreia putem să cădem dacă nu vor exista și mecanisme de protecție.

Alte aplicații ale înțelegerii mirosurilor, ce sunt deja testate de unele companii sunt cele medicale. Simțul olfactiv fiind foarte conectat cu creierul, utilizând zone comune cu echilibrul și funcții vegetative, o disfuncționalitate a sistemului olfactiv ne poate furniza informații despre instalarea maladiilor degenerative Parkinson sau Alzheimer.

De asemenea vor apărea noi domenii și instituții de reglementare, cum ar fi înregistrarea mărcilor olfactive. Spre exemplu o firmă producătoare de brânză topită va dori să își înregistreze ca marcă proprie mirosul brânzei sale fermentate. În aceste condiții organismele de înregistrare a mărcilor vor trebui să pună la punct și funcții de înregistrare a mărcilor olfactive, pe lângă cele verbale, vizuale sau sonore.

Vor apărea și noi meserii, cum astăzi avem copywriter, grafician și compozitor, vom avea nevoie și de persoane care să aibă în atribuție compunerea secvențelor olfactive pe calculator, utilizând aplicații dedicate. Și nu în ultimul rând firmele producătoare de software vor trebui să dezvolte aplicații care prelucrează sau se integrează cu secvențe olfactive.

REFERINȚE

1. Joseph Kaye, "Making Scents – Automatic Output for HCI", Interactions, January+February 2004
2. Joseph Kaye "Olfactory Display", ACM 2004
3. Aggleton, J.P., and Waskett, L. "The ability of odors to serve as statedependent cues for real-world memories: Can Viking smells aid the recall of Viking experiences?" British Journal of Psychology 90 (1999), pp. 1-7
4. Crowther, Bosley. How does itsmell? "Scent of Mystery" intrudes another question of quality in films. New York Times (Feb. 28, 1960), Section 2, p. 9
5. Engen, T. and Pfaffman, C. Absolute judgment of odor intensity. Journal of Experimental Psychology 58 (1959), pp. 23-26