

UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN TIMIȘOARA
FACULTATEA DE ELECTRONICĂ ȘI TELECOMUNICAȚII
DEPARTAMENTUL DE ELECTRONICĂ APLICATĂ

TEZĂ DE DOCTORAT
– REZUMAT –

**CERCETĂRI PRIVIND INTERFAȚA
OM-MAȘINĂ CU APLICAȚII
ÎN CONDUCEREA PERSOANELOR
CU HANDICAP VIZUAL
CU AJUTORUL SUNETELOR**

ING. ZOLTÁN HARASZY, M.SC.

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC: PROF.DR.ING. VIRGIL TIPONUȚ

TIMIȘOARA, 2011

Aplicarea noilor tehnologii din domeniul informaticii și comunicațiilor pentru îmbunătățirea calității vieții persoanelor în vârstă, respectiv a persoanelor cu handicap, reprezintă astăzi o tendință majoră. Acest lucru este foarte bine reflectat de realizările științifice și tehnice de vârf în acest domeniu, datorate faptului că numărul persoanelor, care suferă de diferite deficiențe de vedere, este foarte mare. Global, în 2011 mai mult de 285 milioane de persoane au dizabilități de vedere, dintre care 246 milioane au vedere slabă și restul de 39 milioane sunt orbi, conform ultimelor estimări ale Organizației Mondiale a Sănătății (World Health Organization).

În ultimul deceniu au apărut numeroase sisteme și dispozitive pentru conducerea asistată a persoanelor cu handicap vizual în medii nestructurate. Momentan nici unul dintre aceste sisteme nu a reușit să devină un standard în comunitatea acestor persoane.

Autorul acestei teze își propune să aducă contribuții noi prin tratarea problemei complexe a unui sistem destinat conducerii asistate a persoanelor cu handicap vizual cu ajutorul sunetelor, o atenție specială fiind acordată interfeței om-mașină dintre sistem și persoanele implicate. În acest scop, autorul tezei introduce conceptul nou, de Realitate Acustică Virtuală (RAV), ca un substitut pentru realitatea vizuală, care poate asigura asistarea deplasării persoanelor cu deficiențe de vedere în medii nestructurate. Soluția propusă în teză este una firească având în vedere că și în cazul văzătorilor, urechea ghidează într-o oarecare măsură ochii; pe de altă parte, în lipsa vederii, simțul auzului la nevăzători este extrem de dezvoltat, lucru dovedit în literatura de specialitate.

Din prezentarea succintă de mai sus rezultă că tema abordată este de extremă actualitate, de interes științific și tehnic major cu importante consecințe aplicative.

Lucrarea cuprinde un prim capitol introductiv, 6 capitole de tratare efectivă a problematicei abordate și un capitol final cu contribuții personale aduse pe parcursul cercetării, respectiv direcții viitoare de continuare a cercetării. Sunt incluse în lucrare atât o listă cu 369 de referințe bibliografice, precum și o anexă cu schemele circuitelor realizate pentru verificările experimentale. Dintre referințele citate, 12 referiri constituie lucrări științifice la care doctorandul este autor sau coautor.

În capitolul I, introductiv, începe cu o scurtă comparație a lumii vizuale cu cea acustică, după care este prezentată motivația cercetării, respectiv scopul și organizarea tezei.

Capitolul al doilea este dedicat în totalitate introducerii sistemului de conducere asistată, respectiv a conceptului de RAV, reprezentând interfața om-mașină dintre echipamentul propus și persoana cu handicap vizual. Acest sistem are scopul bine determinat de a asista deplasarea lor în lumea reală.

La începutul capitolului se prezintă caracteristicile generale legate sistemele de asistare/conducere a persoanelor cu handicap vizual, după care se continuă prin enumerarea a majorității dispozitivelor de conducere asistată din literatură. În continuare, urmează o scurtă trecere în revistă a celor mai importante trăsături ale unui astfel de echipament, prezentarea conceptului sistemului de conducere pentru deplasarea asistată a persoanelor cu handicap vizual, cu două componente principale, centrul de monitorizare, respectiv echipamentul portabil. Un ultim subiect important tratat în acest capitol este introducerea conceptului de RAV. În absența percepției vizuale, acest concept al RAV propune înlocuirea realității vizuale cu o realitate acustică virtuală potrivită, în cadrul căruia obstacolele și direcția de deplasare corectă sunt sugerate cu ajutorul sunetelor, care prin poziția sursei lor virtuale să sugereze posibilele obstacole de pe ruta de deplasare și direcția urmată spre țintă. Posibilitatea plasării surselor

virtuale de sunet în anumite direcții dorite este realizată prin folosirea funcțiilor Head-Related Transfer Functions (HRTF, vezi Cap. 3), procesul fiind denumit sinteză sau tehnică binaurală. Ideea unei astfel de interfețe a fost sugerată de sensibilitatea și acuratețea a sistemului auditiv uman de a identifica poziția sursei de sunet în spațiul 3D.

Următorul capitol, al treilea, este compus din două părți, prima fiind dedicată aspectelor generale legate de auzul spațial uman, iar al doilea aspectelor legate de funcțiile HRTF. Prima parte prezintă atât anatomia urechii umane, respectiv a sistemului nervos auditiv, cât și termenii de baza utilizați pentru localizarea sunetelor. Partea a doua este dedicată funcțiilor HRTF, ideilor legate de folosirea funcțiilor HRTF individuale sau generale, după care sunt enumerate cele mai importante modele ale funcțiilor HRTF întâlnite în literatura de specialitate. Aceste funcții HRTF asigură legătura dintre o sursă de sunet, ce urmează a fi poziționată în spațiu, respectiv semnalele acustice ce ajung la urechile persoanei respective prin intermediul unor căști. Funcțiile HRTF sunt reprezentări matematice ale influenței sistemului acustic uman, compus din ureche, cap și partea superioară a corpului, asupra schimbării spectrului semnalelor acustice, care ajung la urechile ascultătorului, fiind transmise dintr-un anumit punct sau anumită direcție din spațiul 3D. Sunt descrise cele trei sisteme de coordonate folosite pentru definirea direcțiilor sunetelor, respectiv cele mai importante baze de date publice, care conțin funcții HRTF. Urmează prezentarea algoritmului propus pentru reducerea dimensionalității funcțiilor HRTF, respectiv descrierea conceptului de sinteză binaurală.

În capitolul IV, în exclusivitate original, sunt descrise detaliile procesului de măsurare a funcțiilor HRTF: prezentarea scenariului de măsurare (locul de desfășurare, echipamentele folosite, procedura experimentală). După care se prezintă considerații legate de proiectarea semnalului de test, respectiv procesarea semnalului înregistrat (extragerea semnalului util din semnalul înregistrat, egalizarea sistemului de măsurare folosit, calculul funcțiilor HRTF măsurate). Ultimul subcapitol este dedicat problemelor întâlnite și a posibilelor îmbunătățiri, care pot fi aduse întregului sistem de măsurare a funcțiilor HRTF. Ca rezultat al acestui capitol autorul obține perechile funcțiilor HRTF în planul orizontal și în fața individului, constând într-un număr de 37 de puncte de măsurare, în condiții apropiate de o cameră fără ecouri.

Capitolul V, extrem de actual și interesant prin tematică abordată, conține aspecte legate de interpolarea funcțiilor HRTF. La începutul capitolului sunt enumerate diferitele metode de interpolare din literatura de specialitate, după care atenția se mută la interpolarea funcțiilor HRTF folosind rețelele neuronale artificiale. Se continuă cu prezentarea structurilor de rețele neuronale propuse pentru interpolarea funcțiilor HRTF pentru o singură persoană, respectiv pentru orice persoană. Fiecare dintre aceste structuri de rețea sunt evaluate folosind metode numerice.

Următorul capitol, capitolul VI, include atât prezentarea interfeței grafice utilizator elaborate de către doctorand pentru crearea unei RAV, cât și descrierea celor două experimente de localizare conduse în cadrul tezei. Primul experiment a fost condus în vederea validării structurii de RNA propusă pentru interpolarea funcțiilor HRTF pentru o singură persoană și conține prezentarea scenariului de măsurare, respectiv a rezultatelor obținute. Al doilea experiment este destinat validării algoritmului de reducere a dimensionalității funcțiilor HRTF, cu prezentarea scenariului de măsurare, respectiv a rezultatelor experimentului. Ultimul subcapitol este dedicat problemelor întâlnite și posibilelor îmbunătățiri.

Capitolul al VII-lea este destinat implementării hardware și software a unui echipament pentru conducerea asistată a persoanelor cu handicap vizual pe rute precizate folosind RAV. Este prezentată placa de dezvoltare EK-LM3S8962, care stă la baza dispozitivului de asistare a deplasării, după care urmează prezentarea proiectării și implementării hardware, respectiv software a părții experimentabile, care se atașează la placa de dezvoltare. Ultimele subcapitole sunt dedicate descrierii experimentelor conduse cu echipament prototip elaborat, respectiv problemelor, limitărilor întâlnite și posibilelor îmbunătățiri.

Teza se încheie cu un ultim capitol, în care sunt evidențiate principalele contribuții teoretice și experimentale aduse de doctorand pe parcursul elaborării lucrării și sunt propuse direcții de continuare viitoare a cercetării. În același capitol este prezentată o listă cu publicațiile proprii ale autorului (sunt menționate 19 articole științifice, 2 cărți), precum și 2 contracte de cercetare științifică finanțate de ANCS, respectiv UEFISCSU, la care doctorandul și-a adus contribuția în calitate de participant.

Cele mai importante contribuții aduse prin elaborarea acestei tezei, în viziunea autorului, sunt următoarele:

1. Contribuții cu caracter preponderent teoretic:
 - 1.1. Propunerea unui sistem de asistare a deplasării pentru persoane cu handicap vizual, format dintr-un centru de monitorizare și echipament portabil;
 - 1.2. Propunerea conceptului de Realitate Acustică Virtuală ca interfață om-mașină dintre dispozitivul de asistare a deplasării și persoana cu handicap vizual, care asigură semnalizarea obstacolelor de pe o rută precizată, respectiv direcția spre destinație, cu ajutorul unor semnale acustice ascultate prin intermediul unor căști;
 - 1.3. Propunerea unui algoritm de reducere a dimensionalității funcțiilor HRTF în MATLAB;
 - 1.4. Propunerea unei structuri de RNA pentru interpolarea funcțiilor HRTF în orice punct din spațiul 3D pentru o anumită persoană;
 - 1.5. Propunerea unei structuri de RNA pentru interpolarea funcțiilor HRTF în orice punct din spațiul 3D pentru orice persoană;
2. Contribuții cu caracter preponderent aplicativ:
 - 2.1. Propunerea unui scenariu de măsurare pentru măsurarea funcțiilor HRTF în planul orizontal cu o rezoluție de 5 grade;
 - 2.2. Realizarea unui pachet de programe (instrumente virtuale în LabVIEW) pentru măsurarea semnalelor binaurale, respectiv extragerea funcțiilor HRTF din aceste semnale;
 - 2.3. Măsurarea răspunsului la impuls al sistemului de măsurare în vederea eliminării influențelor introduse de acesta prin compensarea funcțiilor HRTF măsurate;
 - 2.4. Implementarea tuturor variante de interpolare în mediul MATLAB;
 - 2.5. Proiectarea și implementarea unei interfețe grafice utilizator în LabVIEW pentru generarea unei Realități Acustice Virtuale folosind diferite surse de obținere a funcțiilor HRTF;
 - 2.6. Propunerea și implementarea unui scenariu experimental de validare, prin experimente psihoacustice, a metodei de interpolare, respectiv a algoritmului de reducere a dimensionalității funcțiilor HRTF;

- 2.7. Proiectarea, simularea și implementarea părții hardware a unui echipament prototip pentru asistarea deplasării persoanelor cu handicap vizual pe rute precizate folosind Realitatea Acustică Virtuală;
- 2.8. Proiectarea, simularea și implementarea părții software (trei variante) a unui echipament prototip pentru asistarea deplasării persoanelor cu handicap vizual pe rute precizate folosind Realitatea Acustică Virtuală;
- 3. Contribuții aduse prin parcurgerea bibliografiei:
 - 3.1. Realizarea unei comparații în forma tabelare a celor mai importante sisteme de asistare a deplasării persoanelor cu handicap vizual întâlnite în literatură.