Audiovizuális beszéd-adatbázis és alkalmazásai

BÁRDI TAMÁS, FELDHOFFER GERGELY, HARCZOS TAMÁS, SRANCSIK BÁLINT, SZABÓ GÁBOR DÁNIEL
Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológia Kar
{bardi, flugi, harczos sraba, szasza}@digitus.itk.ppke.hu

Cikkünkben egy audiovizuális beszéd-adatbázis összeállításáról számolunk be, melyet hallássérült emberek számára készülő szájmozgás-animációs programunk fejlesztésében szeretnénk hasznosítani. Részletesen kitérünk a tervezési szempontokra, és arra a siketeket érintő vizsgálatsorozatra, melyen alapulnak.

1. Bevezető

Az utóbbi évtizedben a multimédia kommunikációs technológia fejlődése következtében az emberi érzékelés kép és hang modalitásainak összefüggései, egymásra hatásai a tudományos érdeklődés homlokterébe kerültek. Megélénkültek a kutatások az audiovizuális beszédfeldolgozás területén.

A beszédhang, a kép és az elmondott szöveg hármasán belül lehetséges konverziók közül két irány élvez nagyobb népszerűséget a kutatók között. Az egyik az audiovizuális beszédszintézis, ahol egy animált fej szájmozgásait és esetleg az arc mimikai mozgásait, valamint az ezzel szinkronban lévő beszédhangot képezzük a szöveg alapján. A másik az audiovizuális beszédfelismerés, ahol a hagyományos beszédfelismerőhöz képest a hang mellett a képi információt is felhasználjuk a biztosabb felismerés érdekében. Mindkét iránynak jeles hazai kutatója Czap László [1].

Mi az elmúlt évben egy harmadik iránnyal kezdtünk foglalkozni, mely a felismerésnek és a szintézisnek egy sajátos keveréke, a beszédhangból beszélőfej animáció képzése, angolul: speech to animation conversion.

A felmerülő első kérdés: mire lehet jó egy ilyen? Egyrészt a szórakoztató iparban rajzfilmek, animációs filmek, valamint játékszoftverek készítését teszi gyorsabbá és olcsóbbá, mintha képkockánként „kézzel" kellene őket megrajzolni. Másrészt hallássérült emberek hátrányos társadalmi helyzetének kiküszöbölésében is használható. A siketek és nagyothallók többsége jól tud szájról olvasni, így egy megfelelő minőségű szájmozgás animáció „láthatóvá" tenné számukra a beszédet. Ez a „megfelelő" minőségű speech to animation conversion azonban működő rendszerben ma még nem létezik. De reméljük, hogy a jelenleg is folyó munkánk eredményeképpen megoldást fogunk adni a problémára.

Jelen cikkünkben beszámolunk az ez irányú kutatásokról: röviden a fontosabb nemzetközi eredményekről, valamint saját erőfeszítéseinkről és a jövőbeni törekvéseinkről.

2. Helyzetkép

2.1. WISDOM

A WISDOM (Wireless Information Services for Deaf People) egy EU kutatás-fejlesztési projekt, amely 2001-ben indult és 2003 végén fejeződött be. A projektben az Egyesült Királyság, Svédország, Spanyolország és Németország vettek részt. Kutatólaboratóriumok, mobil szolgáltatók, rendszerszállítók, egyetemek fogtak össze. A célközösség természetesen a siketeket jelentette az adott országokban. Szándékuk volt, hogy a kutatási eredményeikre alapozva olyan szolgáltatásokat lehessen nyújtani, melyek megoldást adnak személyek közötti élő beszélgetésnél, és információ lekérdezésénél nyilvántartó rendszerekből. Mindezeket egy hordozható, kép átvitelére is alkalmas berendezésre és a siketek jelnyelvére alapozták.

A WISDOM projekt kifejezetten a harmadik generációs mobil rendszerekre épül, mert ezzel nyílt meg a mobil mozgókép-továbbítás lehetősége. Bluetooth képességekkel rendelkező eszközöket kapcsoltak össze videojel felvétel, tömörítés, szövegkezelés, és jelnyelvi felismerés céljaira.

2.2. SYNFACE

A SYNFACE a stockholmi Királyi Műszaki Egyetem (KTH) projektje (2001-2003) [2][3]. A svédek fix telefonkészülékhez köthető, valós idejű, laptopon futó rendszert állítottak össze. Egy rövid tanulmányi úton megtekintettük a programjukat és a fejlesztőivel is alkalmunk nyílt beszélgetni, aminek roppant örül-

tünk, mert alapelveiben egy az övékhez hasonló rendszer kialakításában gondolkodunk.

A svédek olyan moduláris megközelítést választottak, amelyben a feladatot gyakorlatilag kettévágták egy felismerő és egy szintézis részre. Rendelkezésükre állt egy 3D-s animált beszélőfej, amit TalkingHead néven fejlesztettek egy korábbi projektjükben [4]. A TalkingHead bemenetként fonéma kódokból álló sztringet vár és ehhez képezi a szájmozgás animációt. (Csak a modell szája mozog, az arc többi része, a szemkörnyék és a homlok merev. Az élő emberi arcon itt történnek a hangsúlyozáshoz és érzelem kifejezésekhez tartozó finom mimikai mozgások.) Ehhez készítettek egy rejtett Markov modelles (HMM) beszédfelismerőt, amely a beszédjelből előállítja a TalkingHead számára a fonéma sorozatot [5]. A felismerőjük nem szavakat ismer fel, hanem csak fonémákat. Így nagyobb a tévesztési arány, viszont a késleltetés kevesebb, mert nem szó hanem csak fonéma hosszúságú.

A beszéd fonémáknak megfelelő vizuális alapegységei a vizémák. Ezekből kevesebb van, mint a fonémákból, mert ha két fonéma képzése csak olyan jellemzőkben különbözik, ami kívülről nem látszik, akkor ugyanaz a vizéma tartozik hozzájuk. Ilyen jellemzők például, hogy a hangszalagok rezegnek vagy sem, vagy a nyelvcsap enged-e levegőt az orrüregen át vagy sem. Ennek megfelelően a *'papa'*, *'baba'*, *'mama'* szavak szájról olvasva elvileg megkülönböztethetetlenek. (Bár vannak igen gyakorlott siketek, akik esküsznek rá, hogy ilyenkor is látnak különbséget.)

A svédek elmondták, hogy próbálkoztak fonéma felismerő helyett vizéma felismerővel, ami elvileg egy könnyebb osztályozási feladat, hiszen kevesebb osztályba kell sorolni az akusztikus kulcsokat. De a tévesztési arány így nagyobb volt, vélhetően azért, mert vannak akusztikusan nagyon hasonló beszédhangok, amik különböző vizémákhoz tartoznak, és vannak amelyek akusztikusan nagyon különbözőek, de ugyanahhoz a vizémához tartoznak.

A svédeket hagyományosan jellemző sok munka és a részletek színvonalas kidolgozottsága ellenére a programjuk a teljesen siketek esetében nem bizonyult használhatónak. Viszont a nagyothalló alanyok esetében sikeres volt: a telefonon érkező beszédet jobban értették, ha láthatták hozzá az animált szájmozgást a laptop képernyőjén.

3. A választott megközelítés

A kutatási projektünk eredeti célja segédeszközök fejlesztése siketek mobiltelefonos kommunikációjának elősegítésére. A segédeszközök között szerepelnek a mobiltelefonhoz illesztett kiegészítő eszközök, vagy a mobiltelefonon futtatott olyan alkalmazások, amelyek megkönnyítik, vagy lehetővé teszik siket emberek hallókkal folytatott mindennapi beszélgetését.

A segédeszközök fejlesztése érdekében számos előzetes vizsgálatot végeztünk siket emberek kommunikációs képességit és szokásait illetően. Azokban a helyzetekben, amikor a siketek nem láthatják a beszélő személyek száját, arcát (például telefon kapcsolatnál), akkor a beszédjelből olyan mozgóképek ábrázolását választottuk, melyek a megértéshez elegendő képi információt hordoznak a beszédjelről. A spektrogramok „olvasását" is meg lehet tanulni kitartó gyakorlással. A szájról olvasást viszont nem kell tanulniuk és gyakorolniuk a siketeknek, mert sokéves gyakorlattal szinte művészetté tökéletesítették ezt a képességüket. Ezért gondolkoztunk olyan segédeszközben, ami ezt ki tudja használni. Úgy látjuk, hogy nem egyszerű, nem megoldott, de reálisan kitűzhető feladat a beszédjelből a szájmozgás képének gépi előállítása.

Ezzel szemben egy beszédhangból jelnyelvi animációt képző program készítése ma még reménytelen feladatnak látszik, mivel egy ilyen programnak meg kellene „érteni" a beszélő mondanivalóját. A jeltolmácsok emberi intelligenciája, amit beszédről jelre vagy jelről beszédre fordításkor aktívan használnak, kérdéses hogy gépi módszerekkel kiváltható-e egyáltalán.

3.1. Előzetes vizsgálatok

Nem szerettünk volna olyan eszköz fejlesztésébe kezdeni, amit a siket és nagyothalló emberek nem akarnak, vagy nem tudnak használni. Ezért előzetes „igényfelmérés" gyanánt interjúkat készítettünk, valamint a hallókétól eltérő képességeiket kísérletekben mértük. Ezeken a felméréseken összesen 14 siket és erősen nagyothalló személy vett részt. Összehasonlításként mindegyiket elvégeztettük halló alanyokkal is.

Először interjúkat készítettünk velük, ahol konkrét történeteket meséltek el, melyekben a halló és siket emberek közötti párbeszéd valamiért elakadt, sikertelen volt, vagy félreértés történt. Ezután a hallókétól eltérő nyelvi képességeiket, szövegértésüket írásbeli feladatlapokkal vizsgáltuk.

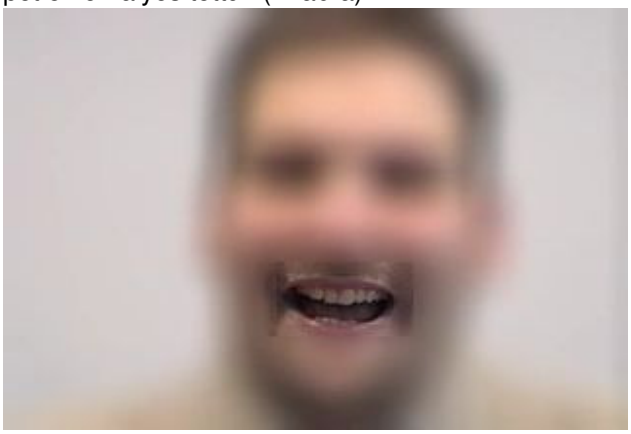
Szájról olvasási képességüket különböző videó tesztekkel vizsgáltuk. A vetített felvételeken egy-egy ember beszélt szemből, közelről a kamerába nézve, és a szájáról kellett leolvasni, hogy mit mond. A hangot minden esetben kikapcsoltuk.

A vetített felvételek különböző minőségűek és felbontásúak voltak. A frame-rate 15, 25 és 30 kép volt másodpercenként. Jó minőségű kivetítőként projektort használtunk. A gyengébb minőségű kivetítő eszközt a Sony Ericsson P910-es mobiltelefon

208x320 pixeles színes kijelzője jelentette (40x61 mm).

A videókat különböző módon manipuláltuk:

- blur: a száj és közvetlen környékén kívül a képet elhomályosítottuk (1. ábra)



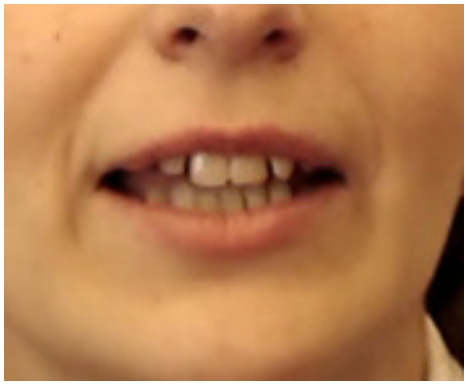
1. ábra: blur fedi az arc nagy részét

- kékítés: az RGB színkomponenseket eltoltuk a kék felé. (2. ábra)

2. ábra: kékített videó

- binarizálás: a képet a pixelek világossága alapján kétszínűvé, fekete-fehérré konvertáltuk. Egy világosság küszöböt beállítva fekete és fehér pixeleket kaptunk, a köztes szürke értékeket nem engedtük meg. (3. ábra)

3. ábra: binarizált videó



4. ábra: videó az eredeti színekkel

Összehasonlításképpen a kékített és a kétszínű videók mellett vetítettünk felvételeket az eredeti színekkel is. Ezeken a formák térbelisége jobban kivehető. (4. ábra)

3.2. A vizsgálatok tanulságai

Az elvégzett vizsgálatok alapján a fejlesztési folyamatot is befolyásoló tanulságokat szűrtünk le.

Ne legyen feltűnő

A legtöbb hallássérült nem szívesen hívja fel a figyelmet erre a tulajdonságára, mindaddig, amíg ez nem feltétlenül szükséges. A fehér botot használó vakokkal, vagy a kerekesszékkel közlekedő mozgássérültekkel szemben a siketség (nagyothallás) első ránézésre egyáltalán nem látszik, és ők törekszenek is rá, hogy amíg csak lehet, olyannak tűnjenek, mint a halló többség. Emiatt sokuk tartózkodik olyan technikai eszközök használatától, ami már messziről „elárulja” hallássérülésüket. Vannak akik még a hallókészüléket is szégyellik hordani, bár ma már ez alig látszik.

Ebből a szempontból egy mobiltelefonon futó program mint segédeszköz úgyszólván tökéletes. Mobilja szinte mindenkinek van, használója általában nem kelt feltűnést. Siketek is előszeretettel használják, jellemzően az üzenetküldő szolgáltatásokat. Emellett egy mobil készülék egy rendkívül kompakt eszköz, vihető bárhová és hosszabb ideig bírja akkumulátor feltöltés nélkül, mint egy laptop.

A szájról olvasás vizuális feltételei

A szájról olvasás még a leggyakorlottabb siketek számára is nehéz és fárasztó feladat, ami koncentrált figyelmet igényel. A beszélőnek és a szájról olvasónak egyenesen egymásra kell néznie közben, a fejüket nem forgathatják, és ügyelniük kell a megfelelő távolságra.

A beszéd szájról olvashatóságának két legfontosabb kritériuma a beszéd sebessége és artikuláltsága. Lassan és tisztán, látványosan jól artikuláltan kell beszélni. A hallók számára megszokott beszéd-

tempó a szájról olvasáshoz túl gyors, nem érthető, ilyenkor gyakran előfordul, hogy a siket nem érti amit mondanak neki, csak bólogat. A halló emberek beszéd artikulációja nagyon változó, szájról olvashatóság szempontjából igen erős szórást mutat. Vannak, akik „lapos szájjal", nagyon alulartikuláltan beszélnek, és a siketek akkor sem értik őket, ha külön a kedvükért lelassítanak, sőt még ismétlés után sem.

A legérthetőbben artikulálók jellemzően azok a siketek közt élő vagy dolgozó emberek (halló rokonok, jeltolmácsok), akiknek a kommunikációs és empatikus készségük egy folyamatos visszacsatolást biztosít, aminek köszönhetően javítani tudják a beszédjük szájról olvashatóságát. Ők egy idő után ösztönösen kihangsúlyozzák a szájmozgásukban azokat az apró elemeket, melyek alapján a hasonló vizémák megkülönböztethetők. Jól választják meg a tempót, és a nehezebben érthető részeket az arckifejezésükkel hangsúlyozzák, és ott még lassabbra váltanak.

Azt tapasztaltuk, hogy ezek az artikulációs jellemzők sokkal többet számítanak, mint a kép felbontása vagy a frame-rate.

Mindezek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az audiovizuális beszéd-adatbázisunk felvételéhez jeltolmácsokat alkalmazunk. Így remélhetőleg olyan tanító adatokat kapunk, mely alapján az animált beszélőfejünk szájmozgásában az említett artikulációs jellemzők érvényesülnek majd.

A szájról olvasás nyelvi feltételei

Szájról olvasáskor fontos szerepe van a nyelvi intelligenciának. Beszélgetéskor a halló emberek sem értenek tisztán minden hangot az elhangzott szavakból, hanem a hiányzó részeket a nyelvi tudásukra és a társalgás aktuális kontextusára alapozva kiegészíti agyuk. Az egyes beszédhangok azonosítása a szájmozgás alapján bizonytalanabb, mint hallás alapján. Emiatt szájról olvasáskor több a hiányzó vagy bizonytalan elem, amit a kontextus és a nyelv alapján kell kirakni fejben, mint a hallók beszédértésében.

A siketek nyelvhasználatukban aránylag kevés figyelmet fordítanak a ragozásra. Magyarban a ragozott szóalakok jellemzően csak egy-két nehezen leolvasható, könnyen összetéveszthető mássalhangzóban különböznek. Erre mindig tekintettel kell lenni a megfogalmazásban. Például annál a mondatnál, hogy *'Haza megyek'* jobban értik azt, hogy *'Én haza megyek'*.

Mindezek fényében teljesen irreális volna azt várni, hogy tetszőleges témájú, nyelvileg bonyolult mondatokat szájról olvasás után szó szerint visszaadjanak. Ehelyett a témát előzetesen megadtuk, és csak egy-két szóval kellett kérdésekre válaszolniuk, amivel ellenőrizhettük, hogy mit értettek meg. A vizsgálatok egy részében tudhatták, hogy kétjegyű számokat kell leolvasniuk, ezzel a „keresési tartományt" jelentősen leszűkítettük.

A mobil screen elég

Úgy találtuk, hogy a Sony Ericsson P910-es készülék kijelzőjének elég jó a felbontása a szájról olvasáshoz. A jól artikulált felvételek esetén a mobiltelefon kijelzőjéről és a jó minőségű projektor képéről egyaránt 80-90%-os felismerési aránnyal olvasták le a kétjegyű számokat. A felismerés a kékített és a binarizált felvételeken is ugyanilyen megbízható volt.

2D versus 3D

Az emberi agy több módszert is bevet a látott kép térbeli rekonstrukciójában. Egy arc nézésekor leginkább a gömbölyded felületek folytonos színáttűnései és a finom fényárnyék hatások játszanak szerepet. A kékített és a binarizált felvételeken viszont ezek jelentősen torzultak. Úgy gondoltuk, ha ezekről tudnak szájról olvasni, akkor elég 2 dimenziós fejmodellben gondolkozni. A felmérések eredményei megerősítették várakozásainkat. Ennek alapján 2D-s audiovizuális adatbázis felvétele mellett döntöttünk. Így a több kamera képéből számított 3D-s mozgás követés technikai problémáival nem kell törődnünk.

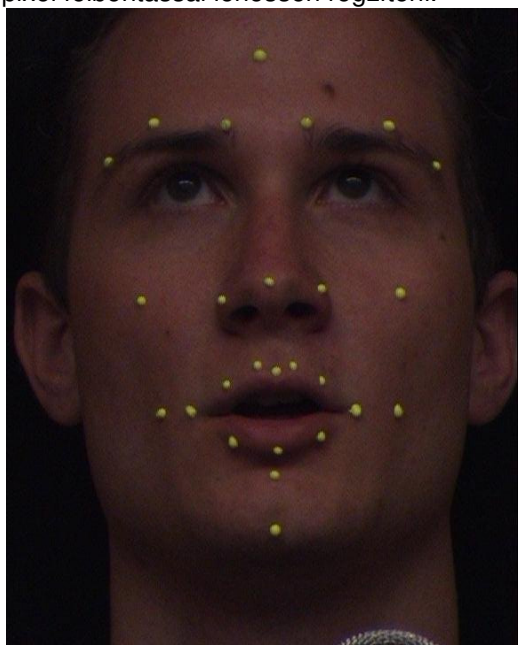
4. Adatbázis összeállítás és felvétel

Egy rendszer tanításához és ellenőrzéséhez olyan adatbázisra van szükség, ami megfelel a teljességi, a pontossági, és a statisztikai elvárásoknak. Az adatok felvétele előtt mondatokat és diádokat állítottunk össze úgy, hogy a lehetséges fonéma együttállásokat a felvétel lefedje, ehhez a lehetséges diádok felsorolását választottuk. A példamondatok a magyar fonémakészletet a nyelv átlagos eloszlása szerint használták. Ezek a követelmények beszédfelismerési feladatokban már ismertek és jól dokumentáltak, az újdonságot a videó anyag rögzítése jelentette. Olyan videó anyagra van szükség, ami pontos és használható információt tartalmaz. Ha egyszerű, jól megvilágított arcot fényképezünk le, akkor abból nehéz absztrakt információt kivonni, ezért kitüntetett pontok követését tűztük ki célul.

Az arc teljes körű modellezését már elvégezték és szabványosították MPEG-4 néven. Ez a szabvány leír többek között 84 feature pointot (FP) az arcon. Úgy döntöttünk, hogy amennyire lehetséges, e szabvány szerint dolgozunk. A képeket úgy vettük fel, hogy az arcon megjelöltük néhány FP-t. Ez a

jelölés bőrsemleges textilfestékkel történt, ami könnyen lemosható, nem irritálja a bőrt, és a kiszerelésének köszönhetően kényelmesen felvihető 2-3 mm vastag foltokban. Ezzel az eljárással az a probléma, hogy az ajkak belső oldalára nem lehet pontot tenni, mert az elkenődne beszéd közben, így csak bizonyos pontokat vettünk fel. Nem jelöltük meg a siketek által nem figyelt pontokat, csak a száj környékén szemből látható területen törekedtünk teljességre.

A megvilágítást úgy választottuk meg, hogy a későbbiekben automatikusan tudjuk a pontokat megkeresni a felvételen. Mivel a beszéd közben ezen pontok mozgását kell megállapítani, fontos, hogy a felvétel felbontása minél jobb legyen. A kameráink a piacon elterjedt digitális kamerákhoz hasonlóan 720x576 képpont felbontásúak. Két kamerával dolgoztunk, amik egyszerre indultak el. Az egyik kamera a teljes arcot fényképezte, 90 fokos elforgatással, hogy a vízszintes képet jobban kihasználjuk, a másik kamera csak a száj környékét, hogy a számunkra legfontosabb FP-k mozgását minél pontosabban meghatározhassuk. A két kamera és a hang szinkronitását ellenőriztük, az esetleges elcsúszások nem haladják meg az egy frame-t. Azzal, hogy az egyik kamera csak a száj körüli pontokat figyelte, elértük, hogy egy FP mozgását átlagosan vízszintesen 40-60 pixel, függőlegesen 80-140 pixel felbontással lehessen rögzíteni.

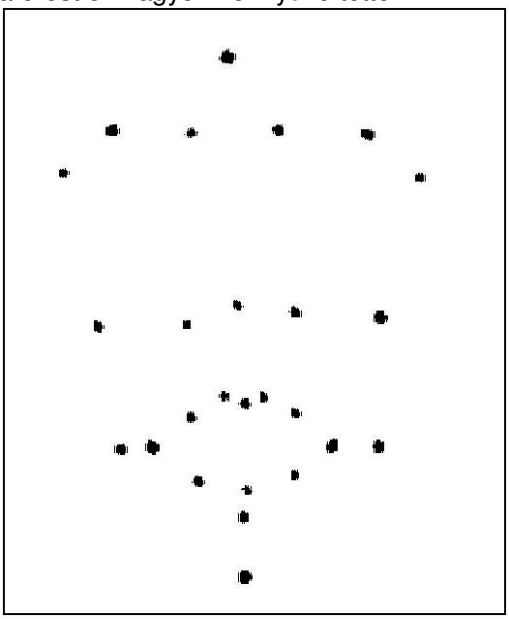


4. ábra: megfestett referencia pontok az arcon, felvétel közben

A kamerák képét közvetlenül videó szalagra készítettük, majd a felvételek után DV AVI formátumban digitalizáltuk. A pontosság érdekében ennél jobban nem tömörítettük. Összesen 4 jeltolmács beszélt a felvételeken, 76 percet. A teljes kép és hang anyag 36 GB-ot foglal.

5. Az MPEG-4 FAP pontok kinyerése a videó felvételekből

A videó felvételen előszűrést végeztünk. A megvilágítástól függően olyan intenzitásszinteket állítottunk be, amik kiemelik a megfestett pontokat. Egy vágás után a pontok egy-egy összefüggő foltot jelentenek, amin eróziót hajtunk végre, hogy megkapjuk a foltok közepét pixel pontossággal. Ez az erózió akkor pontos, ha a folt konvex, ami sokféleképpen sérülhet. A legegyszerűbb eset a gyors mozgásnál fellépő pontatlan interlaced kép, ami egy folt helyett vízszintes vonalakat ad. Ennek elkerülése érdekében elmostuk a képet, mielőtt a vágás megtörtént volna. Így már csak ritkán volt probléma a pontok követésével, ez pedig abból ered, hogy bizonyos szájtartásoknál az ajak lebiggyed, és az általunk festett pontot eltakarja, vagy árnyékot vet rá. A számításokat MATLAB programmal végeztük, mert a videó fájlokhoz való hozzáférést ez nagyon könnyűvé tette.



5. ábra: referencia pontok kinyerése a felvételből

6. Továbbtekintés

A továbbiakban az adatbázis képanyagából rendelkezésünkre álló pont koordinátákat és a beszédhangból nyert sajátság vektorokat (MFCC) neurális hálók tanításához fogjuk felhasználni. Az így betanított neurális hálók fogják majd a beszédhez tartozó animációs paramétereket automatikusan előállítani. Az adatbázis feldolgozása és a tanítási folyamat erősen számítás igényes, ehhez a ma kapható csúcskategóriás PC-ket kell használnunk. De a létre-

jövő rendszer várhatóan egy jobb mobiltelefonon is futtatható lesz. [6] Reméljük, hogy olyan minőségű szájmozgás animációt sikerül ezzel elérni, amelyet siketek az élő arcot közelítő megbízhatósággal le tudnak olvasni. Ilyen tudomásunk szerint a világon ma még nincsen.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők hálás köszönetüket szeretnék kifejezni az NKTH-nak a projekt támogatásáért, a közreműködésért a SINOSZ-nak, valamint a siketeknek és jeltolmácsoknak, akik részt vettek a programban. A T-Mobile-nak köszönjük, hogy a telefon készülékeket a rendelkezésünkre bocsátotta. Külön köszönjük Dr. Takács Györgynek az értékes segítségét és a témavezetést.

Irodalom

[1] Czap L.: Audiovizuális beszédfelismerés és szintézis, PhD értekezés, 2005.
[2] B. Granström, I. Karlsson, K-E Spens: „SYNFACE – a project presentation" Proc of Fonetik 2002, TMH-QPSR, 44: 93-96
[3] M. Sheard, N. Thomas: „The SYNFACE project: development and evaluation of a talking face telephone" The HCI 2003 - Designing for Society Conference in Bath, England
[4] J. Beskow: Talking Heads - Models and Applications for Multimodal Speech Synthesis. Doctoral Thesis. Department of Speech, Music and Hearing, KTH, Stockholm (2003)
[5] G. Salvi: „Truncation error and dynamics in very low latency phonetic recognition" Proc of ISCA workshop on Non-linear Speech Processing (2003)
[6] Feldhoffer G., Bárdi T., Jung G., Hegedűs I. M.: „Mobiltelefon alkalmazások siket felhasználóknak", Híradástechnika, 2005.