

Robotska glava

Mehanizmi za ostvarivanje mimike lica

Svemir Popić¹, Milica Vujović¹

¹Centar za robotiku,
Institut Mihajlo Pupin,
Beograd, Srbija

svemir.popic@pupin.rs; milica.vujovic@pupin.rs;

Gorana Popić²

Doktor medicine – volonter u DZ Vračar
Beograd, Srbija

gorana.popic@gmail.com;

Sažetak—Poslednjih godina jako je napredovalo istraživanje u području bioinspirisanih sistema. Veliki je broj humanoidnih robota u svetu, pre svega na prestižnim univerzitetima i institutima, ali i velikim svetskim kompanijama jer se radi o savremenim istraživanjima. Oponašanje čovekolikog – antropomorfnog kretanja je sve manje nepoznanica za inženjere. Niti ljudska šaka kao veoma kompleksan organ nije više prepreka za funkcionalnu upotrebu. Ono što u ovom trenutku predstavlja izazov je veštačka glava sa dodeljenim atributima ljudske. Ona je mesto gde je smešten najveći broj čula. Glava više nije mesto za lokaciju kamere. Nekada, sa dva ili tri stepena slobode, doživela je preobražaj, a broj stepeni slobode je višestruko uvećan. I ne samo pomeranje očiju ili otvaranje usta nego čitav niz pokreta koji predstavljaju gestikulaciju tj. emocionalni izraz robota. U ovom radu razmatrana su neka rešenja i ideje kako mehaničkim putem ostvariti određeni gest.

Ključne reči: 1; robotska glava 2; emocionalna inteligencija 3; gestikulacija

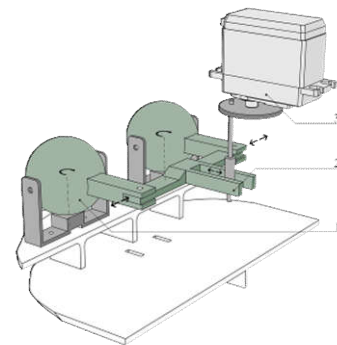
I. UVOD

Ljudsko lice je njegova autobiografija. (Oskar Vajld)

Bioinspirisani sistemi nisu novina u robotici. Inženjeri su odavno razumeli da je priroda svojim evolutivnim delovanjem dizajnirala optimalna rešenja. Oponašanjem tj. kopiranjem takvih rešenja dobijaju se maksimalni rezultati dobri onoliko koliko je uspešna sličnost sa uzorom. Kod već klasičnih humanoidnih robota mišići za pogon ekstremiteta su jednostavno zamenjeni linearnim ili rotacionim aktuatorima bez obzira na vrstu napajanja. I što je ekstremitet (mišić) bio duži problem se jednostavnije rešavao. Međutim kada se krenulo ka sitnijim segmentima pojavile su se brojne, pre svega tehnološke prepreke. Tako kod robotskih ruku ili šaka razvijeni su potpuno novi – minijturni motori, reduktori, senzori, dovoljno mali da se ukomponuju u robotske ruke standardne – čovečije veličine. Postoji i drugačiji pristup baziran na primeni užadi – sajli, gde je aktuator veći ali je dovoljno udaljen i smešten u prostoru nekog sledećeg organa ili ekstremiteta. Međutim tu je prenos sile ili momenta prilično komplikovan zbog korišćenja velikog broja sprovodnica, poluga ili užnica koji omogućavaju kompleksne prostorne pokrete i istovremeno sprečavaju uplitanje istih. Onog trenutka kada je robotska glava nekog, do tada poznatog robota, kao što je ASIMO ili QRIO ili NAO, presvučena veštačkom kožom, apetiti su se srazmerno

uvećali. Rastao je broj zadataka koji se dodeljuju robotima i koje bi oni mogli da izvedu. Tih zadataka je prilično mnogo i većina njih se može svrstati pod medicinske namene. I bilo da se radi o rehabilitaciji, treningu, servisiranju ili najobičnijem druženju, od svih se zahteva što približnije oponašanje ljudskih bića kako bi bili prijemčivi u svojoj okolini, tj. kontaktima. Mi se ovom prilikom nećemo baviti prepoznavanjem i upotrebom gestikulacije, nego samo mehaničkim ostvarivanjem istih.

Postoji zaista jako veliki broj robotskih glava u svetu. Glave tipa Affetto, Igus, Kismet i sl. pripadaju onoj grupi robotskih uređaja koji pokušavaju da oforme pokret. To su pre svih pokreti očiju, obrva, otvaranje usta a da pritom ne razmatraju emocionalno stanje. U radu [1] detaljnije su razmatrane tri vrste robotskih glava. Glava NAO robota, robot MERTZ i robot ROMAN. Dok prvi svojim vizuelnim – svetlosnim – i zvučnim efektima privlači pažnju prisutnih, dotle drugi svojim dopadljivim izgledom uveseljava uz blago treptanje kapaka, pomeranje očiju, obrva i usana. Lice je još uvek plastično – nepromenljivo. ROMAN glava ima elemente mimike koji se manifestuju boranjem čela, pomeranjem mišića nosa, mišića smeha, otvaranjem usta itd. Ovo je postignuto upotrebom 11 servomotora za pomeranje kože, 6 step motora za pomeranje očiju kao i 4 DC motora za otklone glave u vratu. Treba pomenuti da je polazni rad [1] imao zadatak da proveriti mogućnost upotrebe 3D štampača u izradi cele ili delova humanoidne robotske glave.



Slika 1. Jedno moguće rešenje pogona očnih jabučica: 1. sfera (jabučica), 2. sistem poluga 3. RC motor za pomeranje levo-desno

Problem kod pokreta koji su vezani za glavu su veoma veliki broj mišića, dakle stepeni slobode, koje je potrebno

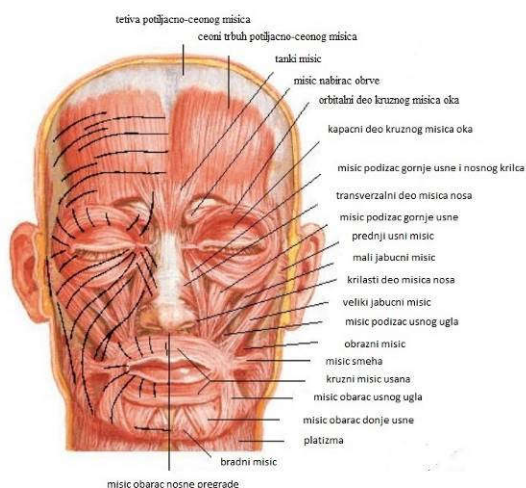
upotrebiti da bi se izvršilo željeno pomeranje. Tako npr. pomeranje jednog oka izvršava se sa 6 mišića tj. za dva oko 12. Bilo bi suviše komplikovano pa i pretenciozno iskopirati ovakav sistem i zbog toga se to obično radi sa dva motora, jedan za pogled gore-dole, a drugi za levo-desno (s obzirom da se radi o simetričnim pokretima). Međutim, ako bi sa oba oka želeli da vidimo vrh nosa, ovo rešenje ne bi bilo primereno, odnosno, morali bismo uvesti dodatne stepene slobode. Na osnovu tog zaključka možemo doneti i sledeći, a to je da se moramo ograničiti na pokrete (gestikulacije) dominantne za izražavanje definisanog osećanja ili stanja. To je definisano kako slobodnim (raspoloživim) prostorom, tako i budžetom projekta. Na sledećoj slici je prikazan primer takvog rešenja (Sl. 1.) [1]

Ali da bismo mogli racionalno razmišljati tj. doneti optimalna dizajnerska rešenja, potrebno se upoznati sa fiziologijom pokreta, tj. anatomskom građom glave – pre svega – lica.

II. OSNOVNE PRETPOSTAVKE ILI OSNOVE ANATOMIJE MIŠIĆA GLAVE

Mišiće glave čini veliki broj poprečnoprugastih mišića. Oni jednim svojim krajem imaju pripoje u podkožnom tkivu kože lica dok su drugim krajem vezani na skelet glave i hrskavice nosa i uha. Podeljeni su u 2 grupe u zavisnosti od njihovog položaja i funkcije. To su površinski (potkožni) i duboki (mastikatorni) mišići glave. Osnovna karakteristika površinskih mišića glave jeste da svojim kontrakcijama obrazuju karakteristične nabore na koži lica dajući mu odgovarajući izraz i odavajući karakteristično emocionalno stanje te su zato i dobili naziv mimični mišići. Pored toga imaju ulogu u otvaranju i zatvaranju prirodnih otvora, pomažu procese žvakanja, gutanja, govora, pevanja itd. dok su duboki mišići zaduženi isključivo za proces žvakanja, odnosno otvaranja i zatvaranja usta.

MISICI FACIJALNE EKSPRESIJE



Slika 2. Mišići facijalne ekspresije - čeonu pogled [2]

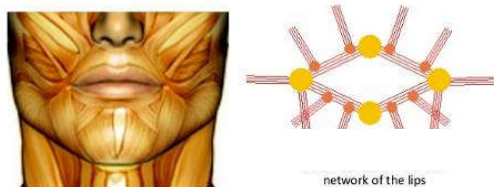
S obzirom na jako veliki broj mišića glave, u daljem tekstu ćemo kroz osnovnu podelu, izdvojiti najznačajnije u facijalnoj ekspresiji kroz osvrt na njihovo međusobno sadejstvo u pravljenju određene grimase.

Mimične mišiće možemo podeliti u 5 osnovnih grupa:

1. Mišići svoda lobanje - potiljačno čeonu mišić (*m. occipitofrontalis*) koji se pruža od korena nosa (glabella) i obrva napred pa sve do ispupčenja na potiljačnoj kost (linea nuchae suprema) pozadi. Sastoji se od 2 čeonu i dva potiljačna trbuha spojena širokom međutrbušnom tetivom zvanom aponeuroza svoda lobanje. Čeonu trbuh ovog mišića podiže obrvu i obrazuje poprečne nabore na čelu karakteristične za IZNENAĐENJE, ČUĐENJE i sl.
2. Mišići spoljašnjeg uha, koji su kod čoveka uglavnom zakržljali, nemaju nikakvu funkciju.
3. Mišići očnih kapaka i obrve: kružni mišić oka (*m. orbicularis oculi*) sa svojim orbitalnim, kapačnim i suznim delom. Osnovna uloga mu je u zatvaranju očnih kapaka. Kapačni deo omogućava proces treptanja tj. laganog zatvaranja očnih kapaka, dok orbitalni kružni deo omogućava snažno zatvaranje očnih kapaka. Pored ovih mišića značajnih u procesu zatvaranja očnih kapaka, postoji još jedan mišić smešten u unutrašnjosti orbitalne jame gde je smešteno oko, a to je mišić podizac očnog kapka (*m. levator palpebrae superioris*), i kako mu samo ime kaže, on omogućava otvaranje oka tj. podizanje očnog kapka. Mišić nabrač obrve (*m. corrugator supercilii*) povlači naniže i unutra unutrašnji deo obrve – LJUTNJA i BOL. Mišić obarač obrve (*m. depressor supercilii*) koji je deo kružnog mišića oka deluje zajedno sa prethodnim.
4. Mišići spoljašnjeg nosa: tanki mišić (*m. procerus*) - pokriva koren nosne kosti i svojom kontrakcijom stvara poprečne nabore na koži iznad. Kontrahujemo ga zajedno sa drugim mišićima oka kada nam zasmeta jaka svetlost. Nosni mišić (*m. nasalis*) leži na bočnoj strani nosa i osnovna funkcija mu je da širi i sužava nozdrve najčešće pri dubokom udahu. Mišić obarač nosne pregrade (*m. depressor septi*) se pruža od prvog sekutića naviše ka pokretnom delu nosne pregrade i obara njen prednji i pokretni deo i zajedno sa nosnim mišićem učestvuje u širenju nozdrve.
5. Mišići usana obraza i brade (Sl.3.). Ovu grupu čini 12 parnih mišića koji svojim kontrakcijama omogućavaju različite pokrete i oblike usnog otvora i to su: kružni mišić usana (*m. orbicularis oris*) je mišić elipsastog oblika koji se sastoji iz dva dela tj. dva kružna prstena, unutrašnjeg i spoljašnjeg. Spoljašnji deo je izgrađen od vlakana mišića usana, obraza i brade dok unutrašnji deo čine vlakna kružnog mišića

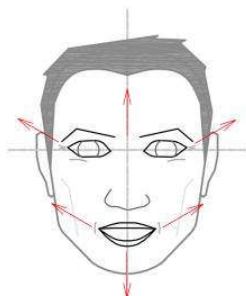
usana. Svojom kontrakcijom zatvara usne, služi za prihvatanje hrane, sisanje, zviždanje i sl. Mišić obarač usnog ugla (*m. depressor anguli oris*) pruža se od usnog ugla naniže i upolje ka spoljašnjoj strani donje vilice i svojim kontrakcijama povlači ugao usana naniže i upolje dajući licu izraz TUGE i PREZIRA.

Mišić smeha (*m. risorius*) leži u najpovršnijem sloju potkožne muskulature i svojom kontrakcijom povlači ugao usana upolje i naviše dajući licu nasmejan izraz. Veliki jabučni mišić (*m. zygomaticus major*) i mali jabučni mišić (*m. zygomaticus minor*) pružaju se od jabučne kosti unutra i naniže ka uglu gornje usne i zajedno s drugim mišićima usana povlače gornju usnu naviše i upolje dajući licu izraz SREĆE, RADOSTI i SMEHA. Mišić podizač gornje usne (*m. levator labii superioris*) podiže i povlači gornju usnu unapred te daje licu izraz ŽALOSTI i NERASPOLOŽENJA. Mišić podizač gornje usne i nosnog krilca (*m. levator labii superioris alaeque nasi*) podiže gornju usnu, a zbog pripoja u predelu nosnog krilca širi nozdrvu.



Slika 3. Mišići usana – mišićna mreža [3]

Mišić obarač donje usne (*m. depressor labii inferioris*) pruža se od donje vilice ka donjoj usni i svojom kontrakcijom povlači donju usnu naniže i upolje i daje licu izraz ZLOVOLJE, PREZIRA, IRONIJE, SUMNJE isl. Mišić podizač usnog ugla (*m. levator anguli oris*) povlači naviše gornju usnu i usni ugao. Obrazni mišić (*m. buccinator*) čini debeli sloj obraza ispunjavajući prostor između vilica. Ima veoma važne i složene funkcije pre svega prilikom žvakanja hrane, a svojom snažnom kontrakcijom i povlačenjem usnog ugla unazad približava obraze zubima. Bradni mišić (*m. mentalis*) podiže donju usnu i nabira kožu brade i izražava SUMNJU. [3,4,5]

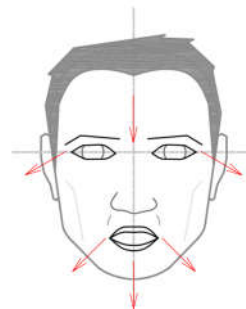


Slika 4. Mišići facijalne ekspresije – aktivacija mišića kod izražavanja sreće

Kao što možemo primetiti u prethodnom tekstu većina ovih mišića ima slična dejstva pa je za izražavanje određene emocije, grimase ili prosto aktivnosti potreba njihova sinergička kontrakcija. Da bi čovek izrazio osećaj sreće (Sl.4.) tj. da bi se nasmejao potrebno je da istovremeno budu kontrahovani mišić smeha, veliki jabučni mišić i mali jabučni mišić, mišić podizač gornje usne i nosnog krilca, mišić podizač gornje usne i obrazni mišić. Da bismo izrazili osećaj tuge (Sl.5.) potrebno je da budu kontrahovani mišić obarač donje usne i usnog ugla kao i kružni mišić oka, pogotovo njegov suzni deo ukoliko plačemo. Ljutnju i bes izražavamo istovremenom kontrakcijom mišića nabirača obrva, tankog mišića nosa, kružnog mišića usana da bismo snažno kontrahovali usne, masetera zbog kontrakcije vilice. Izraz straha i iznenađenja nam omogućava snažna kontrakcija trbušnog dela potiljačnotrbušnog mišića koja podiže obrve i nabira čelo stvarajući poprečne nabore na čelu kao i kontrakcija otvarača očnih kapaka da bismo oči držali širom otvorene.

Prema [6], postoji 57 mišića lica. Neki od njih su zakržljali dok neki ljudi (izuzetno retki) mogu da pokreću uši ili temenu regiju. Takođe neaktivnost nekih mišića može dovesti do njihove atrofije što se rezultuje nabiranjem kože (bore) koja je preipojena na ove mišiće kao što je npr. mišić vrata.

Prema Kolemanu, facijalni mišići su u stanju da oforme oko 7.000 različitih facijalnih ekspresija. [7]

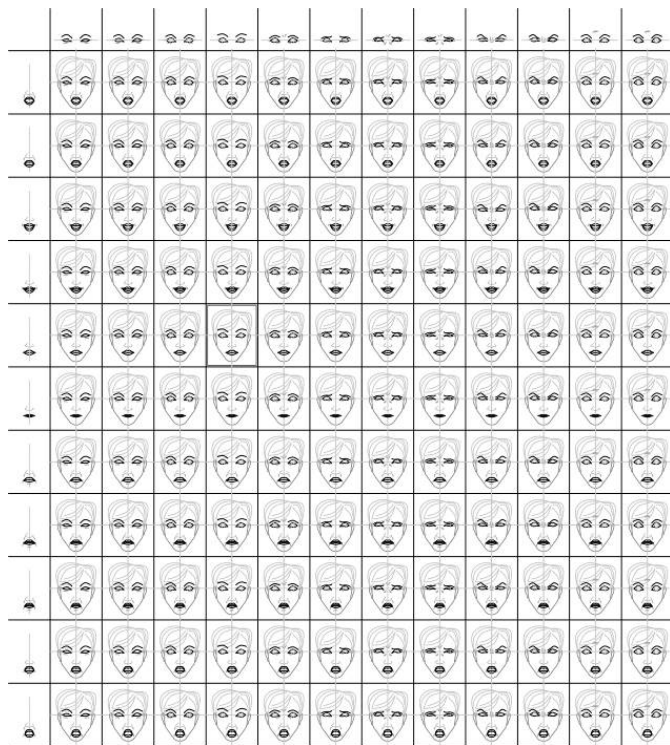


Slika 5. Mišići facijalne ekspresije - aktivacija mišića kod izražavanja tuge

III. O GESTIKULACIJAMA

U osnovnoj podeli, robotske glave se svrstavaju u tri kategorije. Prvu čine nepromenljive glave sa integrisanim sistemima vizije, mikrofonima, svetlosnim efektima i zvučnicima kao svojevrsan interfejs prema okruženju. I ma kakva interakcija sa okolinom ostvarena, njihov, uglavnom dopadljiv izgleda nije prilagodljiv ostvarivanoj komunikaciji. Napredniju kategoriju čine robotske glave skeletnog tipa. Delovi koji su pokretni, uglavnom donja vilica i oči imaju prepoznatljivu mehaniku. Lako je uočiti zglobova mesta i pogonske sisteme. Većinom su prijemčivog izgleda, a pomeranje donje vilice ili očiju, ponekad obrva, je samo naznaka nekog kvazi emocionalnog odgovora. Ako su već i u ovom verzijama inženjeri uspeali da analizom glasa ili lica sagovornika razumeju njegovo emocionalno stanje, onda je sasvim logično bilo da se pozabave razvojem robotskih glava sa što je moguće sličnijim ponašanjem. Ovo je posebno značajno za robote sa misijom lečenja ili rehabilitacije

pacijenata određenih psihosocijalnih stanja, robota družbenika ili pomagača starih i iznemoglih. No treba pomenuti i jako veliki broj ovakvih robotskih sistema koji se koriste u filmskoj industriji.



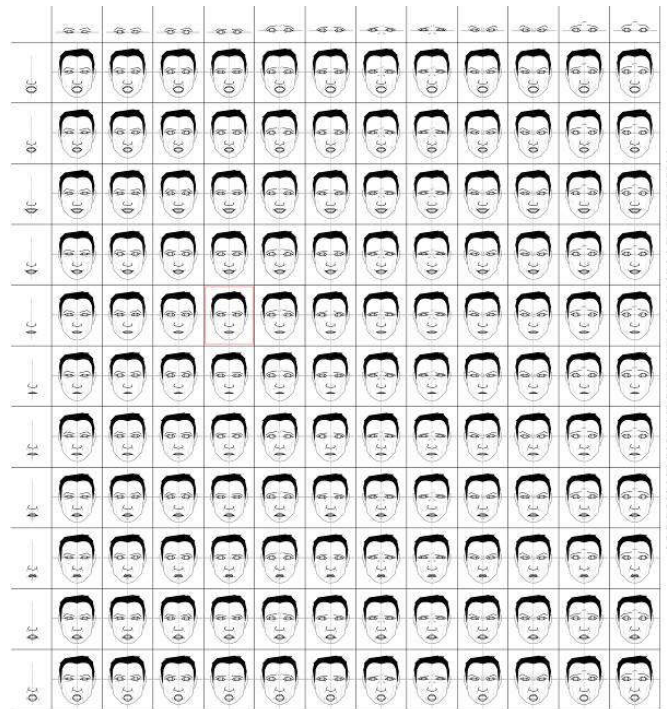
Slika 6. Izvedena stanja kod ženskog lika kao kombinacija oblika usana očiju i obrva – prošireno

Analizirajući fiziologiju i anatomiju čovekove glave Ekman je uspostavio određena pravila igre [8, 9]. Definisao je osnovne emocionalne izraze, a zatim izvodio drugačije forme kombinujući primarne geste. Na osnovu toga je nastojao da pronađe pravila izražavanja za svaku pojedinačnu osobu. Zaključak je bio da se potpuno različite osobe emocionalno izražavaju na isti način, odnosno, da se isti emocionalni status može pročitati sa lica bilo koje posmatrane osobe. Ta primarna ili osnovna stanja su: sreća, tuga, iznenađenje, strah, ljutnja i gađenje. Svako od ovih stanja ima jasno (ali u određenim uskim granicama) definisan položaj ili oblik usta, očiju, očnih kapaka, kao o izgleda kože čela, obraza ili brade. Međutim, kod izvedenih stanja koji nastaju kao kombinacija primarnih stanja, očitavanje emocionalnog stanja je ponekad nejasno ili bolje rečeno, različite osobe mogu isto stanje protumačiti različito.

Već je pomenuto da emocionalni izraz robotske glave koja intrigira okolinu zavisi od njenih mehaničkih ograničenja. Ma kako mali i kreativan, mehanički pogon je neuporedivo masivniji od prirodnog mišića čak i onog najobičnijeg. Lepezasti mišići lica ili kružni mišići oko očiju ili usana se mogu samo parcijalno kompenzovati.

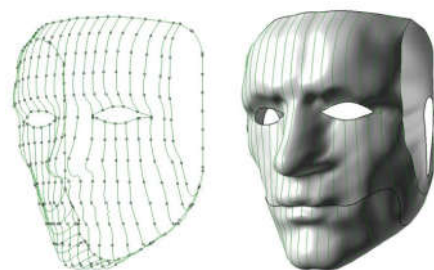
Na slikama 6. i 7. predstavljena su izvedena stanja ženskog i muškog lika kao kombinacija oblika usta (usana), očiju i obrva. No kako su za određene promene više ili manje aktivne određene grupe mišića, to se njihovo aktiviranje ne može

striktno izolovati nego utiče i na stanje “kože” oko datih organa pa je ona više ili manje naborana ili istegnuta.



Slika 7. Izvedena stanja kod muškog lika kao kombinacija oblika usana očiju i obrva – prošireno

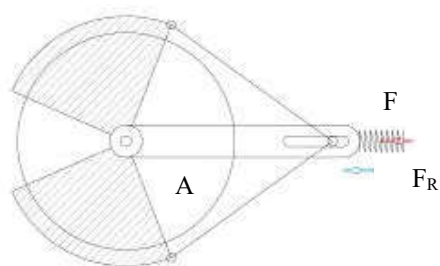
Sve ovo nam nameće zaključak da osim dobro dizajniranih mehanizama za pogon pojedinačnih organa, isto tako je važno dobro odabrati material (veštačku kožu) koja će se ponašati kao ljudska. Međutim, robotska glava nije ni blizu ljudskoj. Ono što se može iskopirati čak i u prirodnim dimenzijama, su dimenzije i oblik kostiju lobanje ali ono što se mora, i to pre svega eksperimentalno isprobati i odrediti su mesta pripoja, odnosno veze veštačke kože (gume), kako za pokretne tako i za nepokretne delove lobanje. Jedna od ideja je da koža bude promenljive debljine kako bi se više ili manje deformisala, kao i da ima sa unutrašnje strane ispupčenja (bradavice) za koja bi se kačile zatege kojim bi se vršilo zatezanje (npr. kod širokog osmeha). Na Slici 8. predstavljena je modelovana lobanja na koju se navlači veštačka koža. U lobanji se prave otvori kroz koje će se na određeni način obezbeđivati “pripoji” sa kožom. To se može ostvariti lepljenjem sa nekom pokretnom površinom ili jednostavnim vezivanjem za neku vezicu. Inače, lobanja se radi pomoću 3D štampača u izabranim dimenzijama.



Slika 8. Modelovana prednja strana lobanje

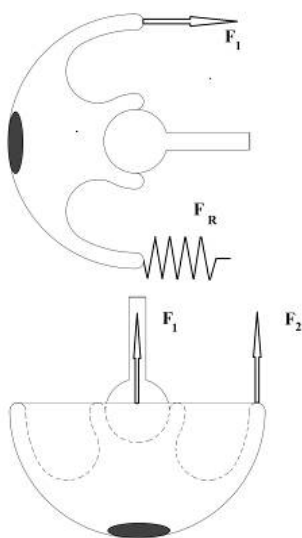
IV. SKICE NEKIH IDEJNIH REŠENJE

Iz svega do sada iznešenog jasno je da je broj stepeni slobode potrebnih da se što je moguće bolje „kopira“ ekspresija živog čoveka jako velik. Priroda je uradila svoje kombinujući međusobno kontrakcije i relaksacije različitih mišića. Osim toga, njihov razmeštaj po dubini, grananje, šarolikost oblika i veličina, gotovo da su nemogući za oponašanje. Zato nam je cilj pre svega da pokušamo da konstruišemo mehanizme koji će, ako ne po obliku, bar po funkciji biti slični originalu. No za to su potrebna opsežna i dugotrajna istraživanja i eksperimentisanja, kako sa različitim pogonima, tako i materijalima.



Slika 9. Principijelna šema rada očnih kapaka

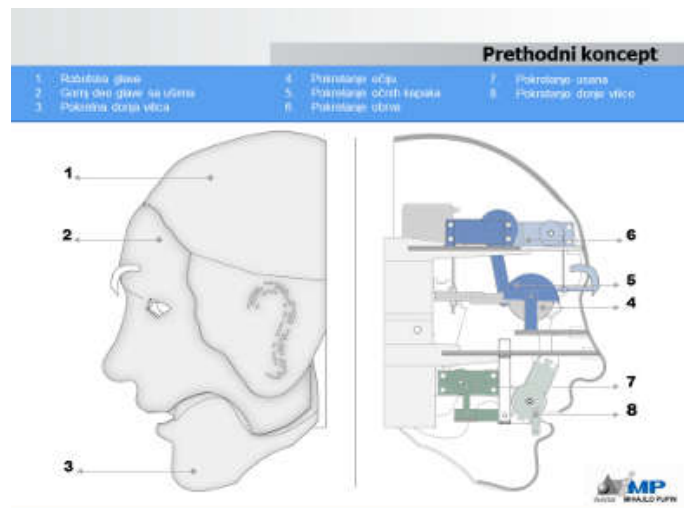
Na slici 9. data je principijelna šema zatvaranja očnih kapaka. Dve poluljuske zglobno su vezane u tački A. Za njih vezane poluge čine makaze koje se zatezanje sajle silom F sklapaju i tako zatvaraju očnu jabučicu. Ubačena opruga, reaktivnom silom F_R otvara kapak tj. vraća ga u prvobitni položaj. Umesto sajle, kao pogon se može upotrebiti metalna šipka koju kao kotvu privlači elektromagnet. Neprekidno prekidanje napajanja elektromagneta izazvaće treptanje očnih kapaka. Očni kapci mogu imati odvojene pogone, pa je i njihovo ponašanje nezavisno (npr. namigivanje). No moguće je kapke od oba oka spojiti na zajedničku polugu i u tom slučaju je njihov rad kooperativan.



Slika 10. Principijelna šema pomeranja očnih jabučica

Na slici 10. data je principijelna šema pomeranja očnih jabučica. Jedno takvo rešenje već je bilo napravljeno i predstavljeno je na slici 1. Ali to rešenje je imalo ograničenje jer su oči radile u „tandemu“ i bilo je moguće pokretati ih levo-desno i gore-dole. Novo rešenje ima središnji oslonac u vidu kuglastog zgloba. Dve sile, F_1 i F_2 zakrenute pod uglom od 90° pokreću očnu sferu gore-dole i levo-desno, dok opruge F_R vraćaju u prvobitno stanje. Na ovaj način moguće je pomeranje oka u prostoru kombinacijom aktivnih i reaktivnih sila. Ako svako oko ima sopstveni pogon, onda i njihovo kretanje može biti nezavisno (npr. pogled u vrh nosa).

Na slici 11. predstavljeno je polazno rešenje Robotske glave gde su analizirana neka rešenja za ostvarivanje mimike kao i gde je analizirana opravdana upotreba jeftinih RC motora.



Slika 11. Prethodni koncept Robotske glave

Na osnovu novih saznanja opisanih u prethodnom tekstu biće modelovana nova glava u prirodnoj veličini sa mnogo više pokreta prenešenih na veštačku kožu lica.

V. AKTIVNOSTI U NAREDNOM PERIODU

Do sada urađeno rešenje predstavlja pripremnu fazu za nastavak istraživanja. Analizirane su mogućnosti upotrebe 3D štampača, kao i upotreba jeftinih RC servo motora za izvršenje pokreta. Međutim, sa ozbiljnijim, pre svega medicinskim pristupom te sveobuhvatnom analizom pokreta, došlo se do zaključka da se započne sa istraživanjem realizacije osnovnih mimičnih pokreta. Potrebno je nabaviti brže RC motore, a gde je to moguće upotrebiti elektromagnete (npr. za treptanje očnih kapaka). Takođe treba detaljno istražiti karakteristike materijala od kojeg se pravi veštačka koža jer je to ključno za potpuno oponašanje ljudskih grimasa. Posebnu pažnju usmeriti na dizajniranje i realizaciju tzv. kružnih mišića jer se samo odgovarajućim dizajnom mogu dobiti što je moguće sličniji pokreti, a što do sada nije primećeno kod poznatih izvedenih rešenja, pa čak ni onih jako naprednih, korišćenih u filmskoj industriji. Takođe, namera je proširivanje paleta pokreta sa ciljem ovladavanja različitim emocionalnim stanjima.

ZAHVALNICA

Rad je napisan pod okriljem projekata TR-35003, III-44004, III-44008 finansiranih od Ministarstva za obrazovanje i nauku Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] M. Vujović, I. Stevanović, M. Tomić, M. Miloš, A. Rodić; "Mechanical design of robot head with ability to express emotional gestures", Proceedings of IcETAN 2016, pp. 818-822, Zlatibor, June 2016.
- [2] <http://www.slideshare.net/mdraginaj/misici-glave-vrata-i-trupa>
- [3] <https://image.slidesharecdn.com/liprelaxationandliptraining-150711110926-lva1-app6891/95/lip-relaxation-and-lip-training-for-wind-musicians-6-638.jpg?cb=1436961698>
- [4] Dr Slavoljub V. Jovanović, dr Nadežda A. Jeličić: "Anatomija čoveka – glava i vrat" ("Savremena administracija" Beograd 2000.) ISBN 86-387-0604-9
- [5] <http://dentallecnotes.blogspot.rs/2011/07/lecture-notes-for-muscles-of-head-and.html>
- [6] <http://www.makmoda.com/vezhbi-za-otstranuvanje-na-brchkite-od-liceto/>
- [7] <http://www.slideshare.net/DrAyeshaMaxfac/muscles-of-facial-expressions>
- [8] Ekman, P., & Friesen, W. V. "Unmasking the face: A guide to recognizing emotions from facial clues", Ishk, 2003.
- [9] Ekman, P. "Facial expressions". *Handbook of cognition and emotion*, 53, 226-232, 1999.

ABSTRACT

In recent years, research in the field of bioinspired systems has been very advanced. There are a large number of humanoid robots in the world, primarily in prestigious universities and institutes, as well as large international companies because it is a contemporary research. Mimicking the hominid - anthropomorphic movements were fewer unknowns for engineers. Neither human wrist, as very complex organ, is no longer an obstacle for functional use. At this moment the artificial head with assigned human attributes represents a challenge to scientists. It is a place where are placed the key human organs - the senses. The head is no longer a place for the location of the camera. Sometimes two or three degrees of freedom experienced the transformation of a number of degrees of freedom is multiplied. And not only move the eyes or mouth but the whole system of movements that represent the gestures ie. Emotional expression of robot. This paper discusses some solutions and ideas to mechanically realize the gesture.

ROBOTIC HEAD

The mechanisms for the realization of facial mimics

Svemir Popić¹, Milica Vujović¹, Gorana Popić²,
¹Center of robotics, Mihajlo Pupin Institute, ²MD,
Belgrade, Serbia