

Robotska glava – Idejna rešenja mehanizama za ostvarivanje mimike lica

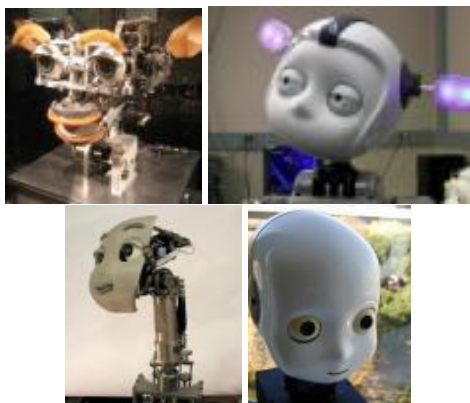
Svemir Popić, Milica Vujović, *Univerzitet u Beogradu, Institut Mihajlo Pupin, Centar za Robotiku, Beograd, Srbija*, Gorana Popić, *DZ Vračar, Beograd, Srbija*

Apstrakt— Napredak u servisnoj robotici neizostavno je doveo do pojave konstrukcija koje osim funkcionalnih zahteva nameću i estetske. Takvi roboti, ukoliko su u neposrednom ljudskom okruženju poprimaju sve izražajnije humanoidne karakteristike. Prepoznavanje emocija preraslo je u emocionalno izražavanje. U početku napravljene grube delimično pokretne maske presvlače se veštačkom kožom. Kada se ta koža ne određenim mestima poveže sa mehanizmima mogu se postići dovoljno prepoznatljive gestikulacije koje će biti usklađene sa ponašanjem osobe sa kojom je robot u interakciji. U radu su predstavljena neka idejna rešenja mehanizama za ostvarivanje pokreta koja su bazirana na oponašanju anatomije ljudskog lica.

Ključne reči— robotska glava, emocionalna inteligencija, gestikulacije.

I. UVOD

Uporedo sa razvojem servisne robotike u tehničkom smislu, nastajao je i umetnički doživljaj tj. uobličavana je forma koja bi proizvodila zadovoljavajući uticaj na okolinu, bolje reći na korisnika takvog robotskog sistema. Oblik se formirao u skladu sa upotrebom funkcijom robota. U svakom slučaju ona je morala biti dopadljiva tj. prijemčiva za okolinu. Kao geometrijske forme likova iz crtanih filmova nastali su KISMET, S1 Head, MERTZ, iCub i mnogi drugi. [1,12]



Slika 1. Robotske glave: KISMET, S1 Head, MERTZ, iCub

Svemir Popić – Institut Mihajlo Pupin, Centar za robotiku, Univerzitet u Beogradu, Volgina 15, 11060 Beograd, Srbija (e-mail: svemir.popic@pupin.rs).

Milica Vujović – Institut Mihajlo Pupin, Centar za robotiku, Univerzitet u Beogradu, Volgina 15, 11060 Beograd, Srbija (e-mail: milica.vujovic@pupin.rs).

Gorana Popić – DZ Vračar, Bojanska 16, 11000 Beograd, Srbija, (e-mail: gorana.popic@gmail.com).

Pokretanjem očiju, ušiju, usana ili kompletne glave u odnosu na vrat ostvarivan je efekat na posmatrača koji je u prvim pojavljivanjima imao zadatak izazivanja pažnje. Težište je bilo usmereno na pokretanje čvrstih struktura elemenata ili površina od kojih su organi ili čula napravljene. Ako se tome pridodaju svetlosni ili zvučni efekti, utisak je bio potpun. Humanoidni robotski sistemi tipa ASIMO, QRIO ili NAO npr. imali su dominantan zadatak ostvarivanja kretanja pa su im glave bile jednostavnije jer je bilo neracionalno koristiti dodatne stepene slobode za pokretanje organa ili čula smeštenih u/na glavi, ali je estetskim dizajnom uz korišćenje zvučnih i svetlosnih efekata pažnja usmeravana na suštinu, a to je izvršavanje pokreta. Tako npr. NAO izvodi pokrete istočnjačke veštine uz tradicionalnu muziku i promenu intenziteta svetlećih površina – dioda.

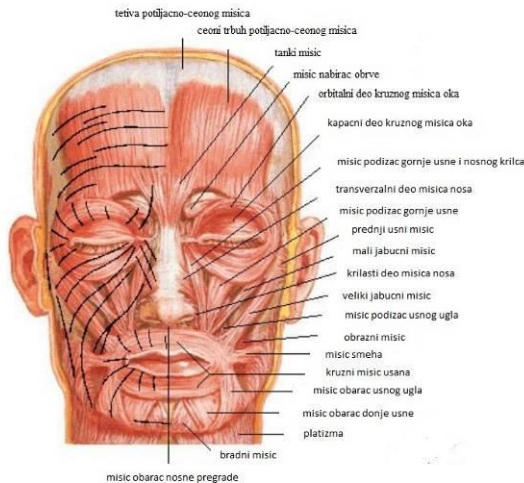
Kada servisni robot dolazi u neposredni i stalni kontakt sa određenom osobom sa zadatkom druženja ili pružanja pomoći, pre svega starijim ili na neki način hendikepiranim osobama, onda se od njega očekuje da prepozna, ali i pruži odgovarajuće emocije. Tada lice mora da bude što je moguće sličnije ljudskom, kako po formi tako i po izvršavanju pokreta. Odatle sledi da nove strukture ne mogu biti krute, nepromenljive, nego nasuprot, moraju biti, mekane i elastične, a to se postiže presvlačenjem višesegmentnih aktivnih površina i struktura veštačkim materijalima – veštačkom kožom. Novije konstrukcije imaju čak ugrađene senzore pa su u stanju da reaguju i na dodir.

No da bismo mogli da pravilno protumačimo, ali i ostvarimo pojedinu gestikulaciju neophodno je poznavanje ljudske anatomije lica, kod koje svaki mišić ima svoj zadatak.

II. 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.

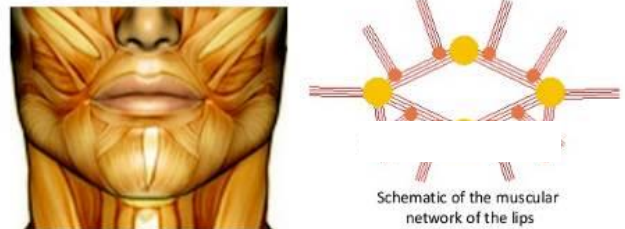
Mimične mišiće možemo podeliti u 5 osnovnih grupa:

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 nabirač 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.

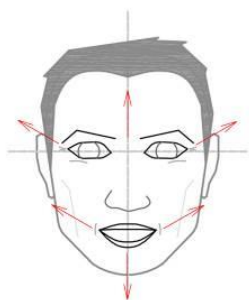
5. Mišići usana obraza i brade (Sl.3.). Ovu grupu čini 12 parnih mišića koji svojim kontrakcijama omogućavaju različite pokrete i oblike usnog otvora i to su: kružni mišić usana (*m. orbicularis oris*) je mišić elipsastog oblika koji se sastoji iz dva dela tj. dva kružna prstena, unutrašnjeg i spoljašnjeg. 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 podizac gornje usne (*m. levator labii superioris*) podiže i povlači gornju usnu unapred te daje licu izraz ŽALOSTI i NERASPOLOŽENJA. Mišić podizac 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. Mišićna mreža usana [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 i sl. Mišić podizac 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]

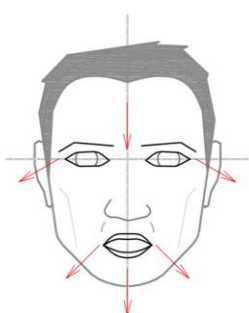


Slika 4. Zatezanje mišića kod izražavanja sreće

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. Zatezanje mišića kod izražavanja tuge

III. PRIKAZ IDEJNOG REŠENJA

Ekman je analizirajući fiziologiju i anatomiju čovekove glave uspostavio određene zakonitosti [8, 9]. Definisao je primarne emocionalne izraze, a zatim ih kombinovao dobijajući drugačije izvedene forme. Nastojao da pronađe pravila izražavanja za svakog ponaosob. Zaključio je da se potpuno različite osobe emocionalno izražavaju na isti način, odnosno, da se isto emocionalno stanje 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 smo se uverili da emocionalni izraz koji pruža robotska glava prema okolini zavisi od njenih mehaničkih ograničenja. Ma kakav bio, mehanički pogon je neuporedivo masivniji od prirodnog mišića. Lepezasti mišići lica ili kružni mišići oko očiju ili usana se mogu samo parcijalno kompenzovati.

Na osnovu poznavanje anatomije, mehanike kao i mehaničkih osobina materijala koji vrši ulogu veštačke kože mogu se napraviti odgovarajuće maske ljudskog lica. Kalupi koji se koriste za izradu maski moraju odgovarati izgledu mehaničke glave na koju se maska navlači. Kao materijal se koristi neki od sintetičkih materijala koji su odranije poznati u filmskoj industriji, a najčešće su to dvokomponentni silikonski materijali. Jedan takav materijal ima sledeće osobine: To je mekana, stabilna dvokomponentna silikonska guma visokih performansi, posebno razvijena za potrebe izrade maski i specijalnih efekata na koži. Ukoliko se zahtva čvrsta veza sa podlogom (livenim površinama kostiju glave) koriste se silikonski adhezivi koji reaguju na pritisak i deformišu se. To je takođe rastegljiva guma koja ima tvrdoću od 2A jedinice Šora. Može se kombinovati sa aditivima kako bi se napravio veoma mekan silikonski gel za punjenje šupljina. Izuzetno dobro reaguje na odgovarajuće pigmente kojima je moguće ostvariti mnoštvo vizuelnih efekata. [10]

- Mekana je: tvrdoća od 2A jedinice Šora
- Mala viskoznost
- Očvršćava suva: ne izlučuje silikonsko ulje
- Dugo upotrebno vreme: 10-12 minuta
- Brzo očvršćava: vreme očvršćavanja od 40 minuta

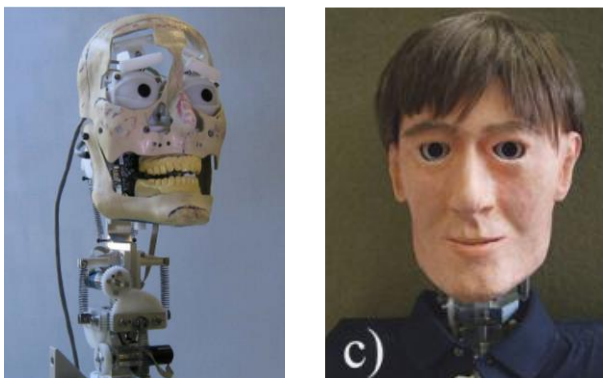
Moguće je i povećanje ili smanjenje viskoznosti smeše upotrebom specijalnih aditiva.

Tehničke karakteristike:

- Maseni odnos mešanja: 1A:1B (jedna masena jedinica komponente B na jednu masenu jedinicu komponente A)
- Zapreminski odnos mešanja: 1A:1B (jedna zapreminska jedinica komponente B na jednu zapreminsku jedinicu komponente A)
- Upotrebno vreme: 12 minuta
- Linearno skupljanje: <0,1%
- Vreme do rastavljanja kalupa: 40 minuta
- Viskoznost: 18000 mPa·s
- Gustina: 1,062 g/cm³
- Boja: bezbojna, providna
- Zatezna čvrstoća: 1,99 N/mm²
- Napon pri elongaciji od 100%: 0,26 N/mm²

- Elongacija do kidanja: 763%
- Otpornost na kidanje, B metod, prema ASTM D-624: 6,65 N/mm

Međutim, kod filmskih maski se silikonska guma nanosi na kožu glumca i lepi za nju tako da se svi mimički pokreti „originala“ dosledno prenose na masku tj. maska „kopira“ mimiku originala. Kod robotskih glava to nije slučaj. Robotska glava je zapravo lobanja. To je skup koštanih površina koje su međusobno povezane mehanizmima ili vezama. Oni igraju ulogu veštačkih mišića. Takav veštački mišić može da obezbedi zatezanje ili nabiranje veštačke kože u pravcu delovanja sile. Problem nabiranja veštačke kože je posebno značajan i njemu se mora posvetiti posebna pažnja ubuduće. Naime moraju se izvršiti eksperimenti da bi se odredila željena debljina silikonske gume koja će obezbediti najbolje vizuelne rezultate. Za očekivati je da se mora eksperimentisati sa promenljivom debljinom kako bi se sila prenesena od strane aktuatora ravnomerno rasporedila. U protivnom ćemo imati neželjeno nabiranje ili istezanje samo na mestima delovanja sile, dok će na ostalim mestima biti relativno glatka. Takođe je verovatno da će se na mestima na kojima se očekuje pojava boranja, unapred definišu inicijalni nabori što bi olakšalo materijalu da zauzme predviđeni oblik. U svetu su rađene različite varijante zatezanja/boranja silikonske gume i to najčešće putem lepljenja gume na mehanički pokretne površine. (npr. robot ROMAN). [11]

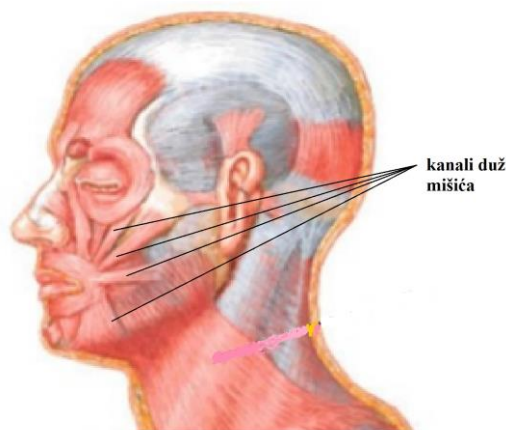


Slika 6. Robot ROMAN (lobanja i maska)

Na slici se vidi izgled koštanih sistema sa nekoliko pokretnih površina (čelo iznad obrva, u bazi nosa i vrh brade) na koje se lepi silikonska guma što kao rezultat ima konačan izgled označen sa c).

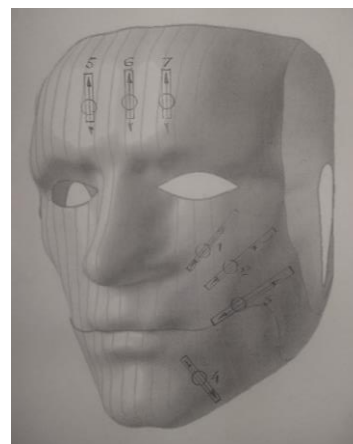
Naš pristup je nešto složeniji i pretpostavlja upotrebu većeg broja aktuatora koji obezbeđuju linearno pomeranje. U radu [13] objašnjeno je nekoliko načina za ostvarivanje linearne sile i to putem elektromagneta za brže pokrete tipa zatvaranja očnih kapaka, pomoću klasičnih linearnih aktuatora, principa navrtka–navojno vreteno, zupčanik–zupčasta letva ili doboš–uže. Pritom se mogu koristiti dva aktuatora po principu agonist–antagonist, ali je zbog prostora pa i uštede za povratno kretanje poželjno koristiti opruge. Na slici 7. prikazan je anatomski profil glave sa izraženim mišićima lica.

Označeni su neki čijom se kontrakcijom postiže određena gestikulacija. Naša ideja je sledeća:



Slika 7. Zatezanje mišića radi izražavanja ekspresije

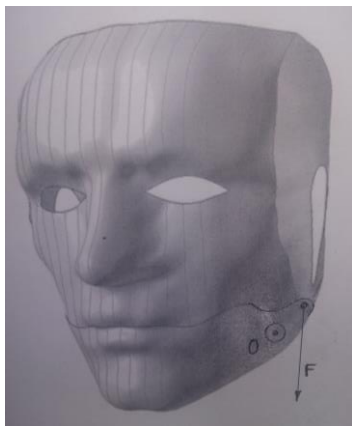
Na lobanji (Sl. 8.) urezati kanale u pravcu protezanja odabranih mišića. Ti kanali predstavljaju vođice duž kojih se kreće silikonska guma. Na gumi se ili izliju ili jednostavno zalepe veze (ispusti ili bradavice) koje upadaju u predviđene kanale, tako da se potezanjem tih spojnih mesta obezbeđuje pomeranje duž kanala.



Slika 8. Kanali u lobanji-maski duž kojih se kreće pogonsko uže (1-7)

Na slici 8. je predstavljen primer sa 7 kanala od kojih su kanali 1-3 za pomeranje mišića lica kojim se vrši zatezanje korena nosa (1), obraza (2) i ruba usana prema gore (3), ruba usana prema dole (4), dok preostala tri (5-7) služe za boranje čela. Naravno da postoje simetrični kanali sa druge strane lica. Ovi kanali 5-7 mogu biti raspoređeni npr. dva iznad obrva, a jedan u sredini, pa ukoliko su svi vezani na jedan pogon (npr. trodelni doboš za namotavanje užeta) onda se može simulirati nabiranje čela, a ako su nezavisni onda mogu simulirati podizanje jedne od obrva, kod npr. izražavanja čuđenja. Ako su doboši različitih prečnika ali na istoj osovini motora tada se dobijaju različita pomeranja pa se može dobiti prirodnija valovitost boranja kože čela u odnosu na ravnomernu-jednoliku.

Na slici 9. prikazan je princip otvaranja i zatvaranja usta.

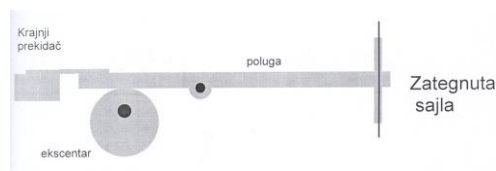
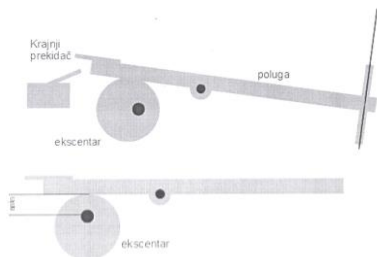


Slika 9. Principijelna šema pokretanja donje vilice usta

Donja vilica je u tački O zglobno vezana za nepokretni deo lobanje. Delovanjem sile F na dole vrši se zatvaranje usta, dok se otvaranje omogućava ugrađenom kompresionom oprugom koja je kod zatvorenih usta pod naponom, tako da se usta otvaraju relaksacijom sile potezanja F. Merenjem izduženja užeta može se upravljati veličinom otvaranja usta, što se može iskoristiti kod oponašanja govora jer svakom izgovorenom slovu ili glasu odgovara određena veličina otvora i vremena trajanja.

Kao pogon se može iskoristiti ranije projektovani i isprobani princip iskorišćen kod Ptice robota a to je princip poluge i bregastog mehanizma prikazanog na slici 10.

Kao i kod gotovo svih robotskih sistema pogonski sistem može biti smešten ili u blizini datog izvršnog organa ili udaljen od njega. Svaki od ovih principa unosi svoje prednosti i nedostatke. S obzirom da bi raspoređivanje motora u blizini usta moglo da uzrokuje određene strukturne promene oblika i dimenzija kao i povećanje inercijalnosti sistema, planirano je da se aktuatori smeste na prihvatljivoj udaljenosti tj. na mestu gde njihovo razmeštanje neće imati uticaja na oblik i dimenzije, a pritom će biti mehanički prihvatljivo. To mesto je šupljina grudnog koša robota. Konstruktivno posmatrano, prenos sile ili momenta je uvek praćeno neželjenim efektima kroz nekontrolisana trenja, elastičnosti sistema u celosti, praznim hodovima u zglobovima ili bolje reći takav način može uzrokovati vidljive netačnosti. No kako naš sistem i ne zahteva preteranu tačnost, izuzev pouzdanog otvaranja ili zatvaranja donje vilice, to je izabran sistem sa tankim čeličnim ili dynema sajlama kao osnovnim prenosnikom kretanja.



Sl. 10. Način podešavanja otvaranja i zatvaranja usta preko polužno bregastog mehanizma. a) nepodešeno, b) minimalno rastojanje na ekscentru, c) konačan položaj (usta zatvorena).

Elektromor sa reduktorom i enkoderom ili potencijometrom izabranog napona i snage je osnovni aktuator sistema za otvaranje/zatvaranje usta. Na osovinama motora montirana su dva ekscentra od duraluminijuma čiji obimi leže na kraćim krakovima raznokrakih poluga. Na krajevima drugog – dužeg kraka poluge pričvršćeno je čelično ili dynema užeta koje se kroz plastične i bakarne bužire proteže sve do donje vilice usta. Odnos slobodnih dužina čeličnog užeta kao i izlazna brzina iz motor reduktora definišu vremena otvaranja odnosno zatvaranja vilice i to vreme se može podešavati kako za otvaranje tako i za zatvaranje usta. Krajnji položaji donje vilice ograničeni su mehaničkim hard stopom a mogu biti ograničeni i mikroprekidačima krajnjih položaja. Bužiri za provođenje dobro podmazane čelične sajle moraju biti na mestima pričvršćeni uz zid vrata iz estetskih razloga. Na slici a) je nacrtan slobodan položaj kada je ekscentar u proizvoljnom položaju, a krajnji prekidač je otvoren. Da bi se izvršilo podešavanje moraju se otpustiti vijci koji zatežu sajlju, ekscentar se dovede u minimalan položaj, a poluga zauzme horizontalan položaj. Tada se vijci za zatezanje sajle sa donje strane ponovo zategnu i to je polazni položaj u kome je donja vilica zatvorena, a mikroprekidač krajnjeg položaja aktiviran.

IV. ZAKLJUČAK

Ako se izuzme filmska industrija koja raspolaže velikim sredstvima i čija rešenja prednjače u svetskim merilima, ali često kombinovana sa neizbežnim efektima kompjuterske simulacije, onda naša pretpostavljena i jeftina rešenja treba što pre i eksperimentalno proveriti. Do sada urađeno rešenje veštačke glave bacilo je svetlo i doprinelo boljem sagledavanju pogonskih sistema kao i primene 3D štampe u izradi delova strukture robotske glave. Na nama je da se ozbiljnije pozabavimo korišćenjem silikonske gume kao bi postigli optimalne efekte u izražavanju emocija. Naravno, ovo je samo jedan deo jedne kompleksne teme koja se jednim imenom zove "emocionalna inteligencija". Uz kvalitetna sredstva i materijale, pomaci mogu biti značajni.

ZAHVALNICA

Rad je napisan pod okriljem projekata TR-35003, III-44004, III-44008 koje finansira Ministarstvo 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 IcETRAN 2016, pp. 818-822, Zlatibor, 13-16 June 2016. ISBN 978-86-7466-618-0
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.
10. http://www.bgmodelshop.com/index.php/FILMSKA-MASKA/Dragon-Skin%C2%AE-FX-Pro/flypage_new.tpl.html
11. https://www.researchgate.net/publication/221072302_Emotional_Architecture_for_the_Humanoid_Robot_Head_ROMAN/figures?lo=1
12. <http://mindtrans.narod.ru/heads/heads.htm>
13. S. Popić, M. Vujović, G. Popić; "Robotska glava-Mehanizmi za ostvarivanje mimike lica", Proc. of INFOTEH 2017, Vol. 16, pp. 687-692, Jahorina, 22-24.03.2017, BiH, ISBN 978-99976-710-0-4

ABSTRACT

Advances in Service Robotics inevitably led to the appearance of structures other than the functional requirements and impose aesthetic. Such robots if they are in the direct human environment assume all expressive humanoid characteristics. Recognizing emotions grew into emotional expression. Initially made rough partially movable mask is coated with artificial leather. When the skin is not certain places connected with the mechanisms can be achieved sufficiently recognizable gestures that will be consistent with the behavior of the person with whom the robot to interact. The paper presents a conceptual design of mechanisms for achieving the movements which are based on imitation of the anatomy of the human person.

Robotic Heads - Conceptual designs of mechanisms for achieving facial expressions

Svemir Popić, Milica Vujović, Gorana Popić