

Primjena servisnih robota u rehabilitaciji i pomoći bolesnicima

Application of service robots in rehabilitation and support of patients

Isak Karabegović*, Edina Karabegović, Ermin Husak

Sažetak. Jedan od ključnih faktora razvoja servisne robotike su identificirani trendovi stanovništva treće dobi. U svijetu postoji trend porasta radnika koji odlaze u mirovinu i starije populacije stanovništva. Servisna robotika pred sobom ima izazov i priliku da nađe rješenja koja će zadovoljiti tu populaciju stanovništva sa stanovišta njihove zdravstvene, socijalne pomoći te im pružiti kompletnu pomoć i njegu. U radu su prikazani primjeri aplikacije servisnih robota i robotiziranih sustava koji pomažu bolesnicima, hendikepiranim osobama pri obavljanju svakodnevnih poslova i pri rehabilitaciji. Cilj robotske tehnologije razviti je servisne robote koji će imati interaktivnu komunikaciju s bolesnikom, pružiti mu pomoć u obavljanju svakodnevnih poslova, njegov život učiniti kvalitetnijim i sadržajnijim bez stresa.

Ključne riječi: njega bolesnika, pomoć bolesniku, rehabilitacija, robot, servisni robot

Abstract. One of the main factors that influenced in service robotic development is identified in aging of human population in various countries. In the world is increased number of retired and aged population. Designers of service robotics has a challenge and chance to find solution which will satisfy these population in regards of social and health care and provide them complete help and support. In this paper application of service robots and robotized systems examples are given which helps to patients, persons with handicaps in performing daily tasks and support in rehabilitation. Aim of robotic technology is developing of service robots which will have interactive communication with patients, give them support in performing daily tasks, make life quality and fulfill without stress.

Ključne riječi: patient care, patient help, rehabilitation, robot, service robot

Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet,
Bihać, Bosna i Hercegovina

Primljeno: 29. 6. 2012.

Prihvaćeno: 5. 10. 2012.

Adresa za dopisivanje:

***Prof. dr. sc. Isak Karabegović**

Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet

Dr. Irfana Ljubijankića b.b., 77 000 Bihać

Bosna i Hercegovina

e-mail: isak1910@hotmail.com

<http://hrcak.srce.hr/medicina>

UVOD

Servisni roboti u medicini primjenjuju se u neurokirurgiji, ortopediji, endoskopiji, kirurgiji, točkastom zračenju, kolonoskopiji, opsluživanju bolesnika, izvode delikatne kirurške procedure, dostavljaju neurorehabilitacijsku terapiju za bolesnike koji su doživjeli moždani udar, podučavaju djecu s poteškoćama u učenju, omogućuju obilazak bolesnika i vođenje, odnosno nadgledanje operacijskih procedura na daljinu (engl. *telesurgery*).

Servisni roboti i robotizirani sustavi pružaju pomoć bolesnicima pri rehabilitaciji tako što njihovo liječenje traje kraće i brzo se oporavljaju. Pružaju pomoć i hendikepiranim osobama, kako bi im život učinili kvalitetnijim i sadržajnijim bez stresa.

Pomoć bolesnicima prilikom rehabilitacije koju bolesnici moraju proći poslije moždanih udara, prijeloma i drugih oštećenja, te izvođenje sve većeg broja drugih sličnih zadataka koji se odnose na oporavak bolesnika¹⁻⁴. Razvoj informacijskih tehnologija, novih materijala i robotske tehnologije daje priliku da se prevladaju problemi koji se prije nisu mogli riješiti, ali i unaprijedi ortopedija i pomogne bolesnicima da vrlo brzo ozdrave i vrate se u normalno stanje u kom su bili prije ozljede. Danas servisni roboti zauzimaju značajno mjesto u medicini. Prednosti ovih robota u revolucionarnoj kliničkoj praksi su brojne: olakšavanje medicinskih procesa uz precizno vođenje instrumenata, primjena dijagnostičkih uređaja i alata za dijagnostiku i terapiju, povećanje sigurnosti i ukupne kvalitete operacije, bolja njega o bolesniku, edukacija i osposobljavanje stručnog osoblja izvođena kroz simulaciju, promocija korištenja informacija u dijagnostici i terapiji. Cilj je da se razviju servisni roboti koji zadovoljavaju prave potrebe u području socijalne pomoći i u području njegovanja čovjeka, gdje je potrebna visoka razina tehnologija. Aplikacija takvih robota sljedeće generacije bit će promovirana za područja u kojima roboti imaju više fizičkog kontakta s ljudima, a sigurnost čovjeka osigurana. Zbog toga ova ideja ima za cilj proizvesti robote koji podržavaju vježbe za rehabilitaciju i specifične pokrete koje čovjek

ne može izvesti sam, te robote koji pomažu čovjeku izvesti određene zadatke.

DISTRIBUCIJA SERVISNIH ROBOTSKIH SUSTAVA U MEDICINI

Kao što je poznato, organizacije *International Federation of Robotics* (IFR), Ekonomske komisije pri UN-u za Europu (UNECE) i Organizacije za ekonomsku kooperaciju i razvoj (OECD) usvojile su uvodni sustav za klasifikaciju servisnih robota u medicini po kategoriji i tipovima međudjelovanja, tako da servisni roboti u medicini imali sljedeću klasifikaciju⁵⁻⁷. Medicinski servisni roboti dijele se na: dijagnostičke sustave, servisne robote poma-gače, rehabilitacijske sustave te ostale servisne robote u medicini. Najveći relevantni korisni faktori su: velika kvaliteta rada i produktivnosti, redukcija ručnog rada, povećana sigurnost, odnosno izbjegavanje rizika, porast operativne upotrebljivosti, privremena fleksibilnost, novi, prethodno dostupni sadržaji, stanja itd. U tablici 1 prikazana je procjena relevantnosti faktora za tipove servisnih robota koji se primjenjuju u medicini, sa stupnjem relevantnosti označenim od 0 (*nije relevantan*) do dvije točke (*velika relevantnost*). U tablici 2 i na slici 1 prikazani su statistički podaci koje su UNECE i *International Federation of Robotics* (IFR) prikupili od proizvođača servisnih robota. Na osnovi tablice 2 i slike 1 možemo zaključiti da od 2005. godine do 2010. godine imamo trend povećanja primjene servisnih robota i robotskih sustava u medicini. U 2005. godini na servisne robote u medicini odnosilo se 7,8 % od ukupnog broja servisnih robota u toj godini, dok je u 2010. godini taj postotak iznosio 6,8 %, pa zaključujemo da se postotak broja servisnih robota u medicini blago smanjuje iz godine u godinu u odnosu na ukupni broj primjene servisnih robota u jednoj godini. Na osnovi slike 2 možemo zaključiti da je najveći broj primjene servisnih robota u medicini; kada su u pitanju mali intervencijni kirurški zahvati, od ukupnog broja robota koristi se 32 %, zatim u ortopediji 17 %, neurokirurgiji i endoskopiji 14 %, točkastom zračenju 13 % i kolonoskopiji 7 %. Ovakav postotak primjene servisnih robota u različitim granama medicine iz dana u dan se mijenja, a za to je zaslužan tehnološki napredak informatičkih i robotskih tehnologija.

Tablica 1. Procjena relevantnosti faktora za tipove servisnih robota za rehabilitaciju⁴**Table 1** Valuation of relevant factors for different type of service robots for rehabilitation⁴

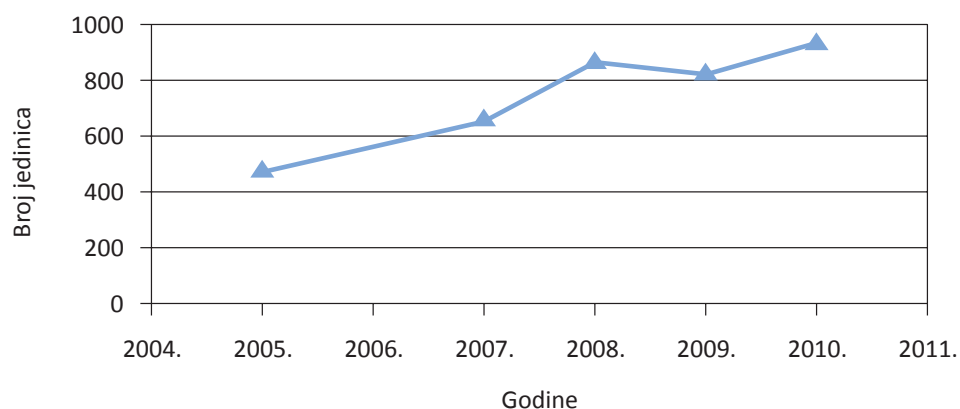
41-44	Medicinski servisni roboti	Visoka kvaliteta produktivnosti rada	Redukcija ručnog rada	Povećanje sigurnosti, izbjegavanje rizika
42	Roboti pomagači	••		•
43	Rehabilitacijski sustavi	•		•

Tablica 2. Godišnja primjena servisnih robota u medicini od 2005. do 2010. godine**Table 2** Yearly supply of service robots in medicine 2005-2010

Primjena/godina	Godišnja primjena servisnih robota				
	2005.	2007.	2008.	2009.	2010.
Medicina	476	651	867	818	932
Ostale primjene	5.727	9.744	13.037	12.431	12.809
UKUPNO Σ	6.103	10.395	13.904	13.249	13.741

Tablica 3. Primjena servisnih robota u medicini po područjima**Table 3** Application of service robots by areas

Područje primjene	Postotak primjene
Neurokirurgija	14 %
Ortopedija	17 %
Endoskopija	14 %
Miniinterventna kirurgija	32 %
Točkasta zračenja	13 %
Kolonoskopija	7 %
Ostalo	3 %

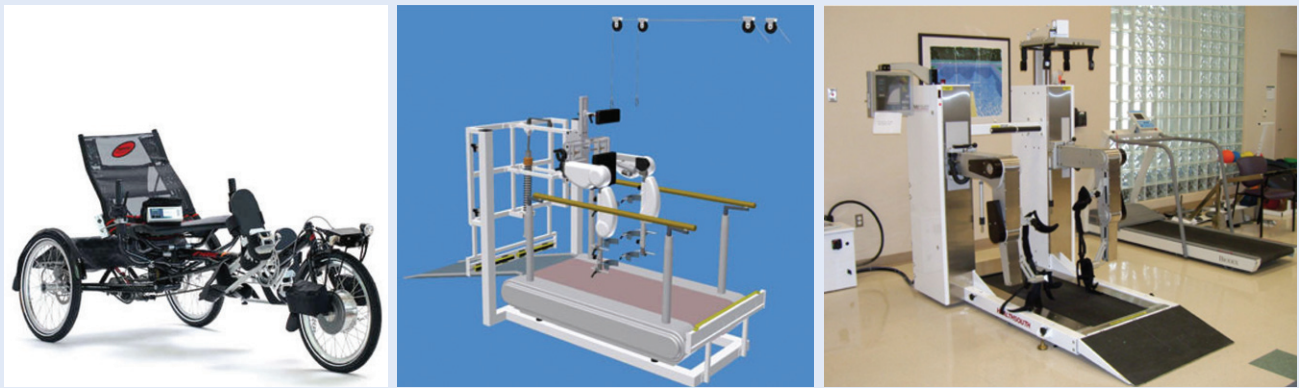
**Slika 1.** Godišnji trend primjene servisnih robota u medicini od 2005. do 2010. godine**Figure 1** Yearly trend of service robot supply in medicine for period 2005-2010

APLIKACIJA SERVISNIH ROBOTA ZA POMOĆ I REHABILITACIJU BOLESNIKA

Rehabilitacijski roboti pomažu invalidima u onim aktivnostima koje sami ne mogu izvesti ili su uključeni u terapije za osobe radi poboljšanja njihove fizičke funkcionalnosti. Područja rehabilitacijskih robota generalno su podijeljena na terapi-

ju i pomoć. Pored toga, rehabilitacijski roboti obuhvaćaju proteze (protetike), stimulaciju živca i uređaje za nadgledanje ljudi tijekom svakodnevnih aktivnosti. Razlikuju se sljedeće kategorije:

- robotska terapija za mobilnost (hodanje)
- osobni rehabilitacijski roboti
- robotska terapija gornjeg ekstremiteta
- smart proteze



Slika 2. Robotizirani sustavi za rehabilitaciju – mobilni trener GT-I, Lokomat i AutoAmbulator⁴
 Figure 2 Robotized systems for rehabilitation GT-I mobile coach, Lokomat and AutoAmbulator⁴

- društveni servisni roboti za osobnu njegu, autizam i njegu starijih osoba.

Povratak mobilnosti bolesniku posebno je zamoran i naporan rad za terapeute i to je primarna meta za automatizaciju. Desetine mobilnih robotskih sustava za obučavanje, odnosno rehabilitaciju, već su u upotrebi u klinikama cijelog svijeta⁸⁻⁹.

GT-I mobilni trener Reha – Stim (Njemačka) radi u interakciji s bolesnikovim donjim udovima pomoću dvaju držača nogu, dok je tjelesna težina raspoređena po potrebi uz dodatnu opremu. Četiri motorizirana spoja (dva po nozi) pomiču kukove i koljena (prva slika 2).

Lokomat Hocoma AG (Švicarska) je robotski *exoskeleton*, nosi bolesnika tijekom vježbanja hodanja. Četiri motorizirana spoja (dva po nozi) pomiču kukove i koljena, dok je bolesnikova tjelesna težina raspoređena po potrebi dodatnom opremom.

AutoAmbulator razvila je korporacija HealthSouth (SAD); sastoji se od dvije ruke – robota, koje pomažu bolesnicima da stoje i raspoređuju njihovu tjelesnu težinu po potrebi. Veza između pojedinih dijelova sustava (*interface*) za noge bolesnika osigurana je preko vrpce na bedru i gležnju (prikazani na slici 2).

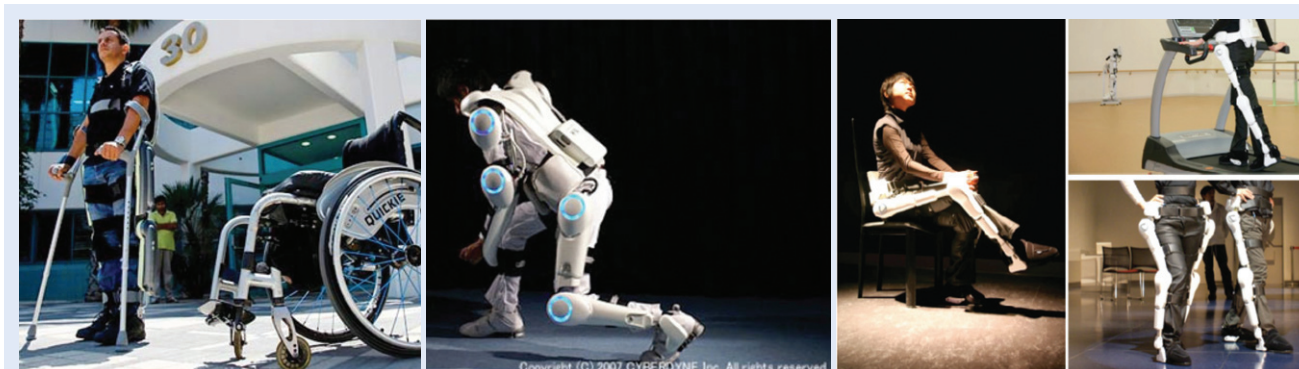
ReWalk je nosivi, motorizirani kvazi-robotski sustav, proizvod kompanije Argo, koji radi na razvoju medicinskih tehnologija (Izrael). Korisnik hoda pomoću štaka, kontrola kretanja vrši se ovisno o kretanju i pomicanju bolesnika kroz suptilne promjene u težištu i gornji dio tijela.

HAL (Hibridni pomoćni udovi) je serija robota koju je razvio profesor Sankai na Sveučilištu

Tsukuba (Japan), a koji je plasirala kompanija Cyberdyne (Japan). *Exoskeleton* je razvijen da poveća postojeću snagu bolesnika po faktoru između 2 i 10. **Robotska šaka** prikazana na slici 4 konstruirana je na kalifornijskom sveučilištu. Mehanička robotska šaka pomaže invalidnoj osobi da razvija snagu stiska šake. Moždani udar jedan je od najčešćih uzroka doživotnog invaliditeta. Kod moždanog udara ljudi često djelomično ili potpuno gube sposobnost zatvaranja i otvaranja šake, što ih čini invalidima. Robotska šaka koristi se tako da bolesnik postavlja svoju šaku u robotsku šaku i radi vježbe tako da sam mora inicirati pokret zatvaranja i otvaranja šake, dok robotska šaka pomaže mišićima da dovrše pokret. Na taj način mozak ponovno uči kako da otvara i zatvara šaku, odnosno da dovršava te pokrete.

WAO-1 (engl. *Waseda Asahi Oral-Rehabilitation Robot No. 1*) rehabilitacijski je robot dizajniran za masažnu terapiju maksilofacijalnog područja. WAO-1 ima dvije ruke, od kojih svaka ima po šest stupnjeva slobode i utore na kraju ruku u koje se stavljaju određeni nastavci – masažeri, ovisno o tome o kojoj je masaži riječ. Tu su također i sigurnosni dodaci koji su potrebni da bi se maksimalno zaobišli rizici bolesnika. Cilj je razvijanje nove generacije robota, tako da se uvede standardizacija te univerzalnost, tj. da postoji mogućnost da se isti robot iskoristi za različite zadatke kad je u pitanju primjena u bolnicama, centrima za socijalnu pomoć, privatnim kućama, stanovima itd.

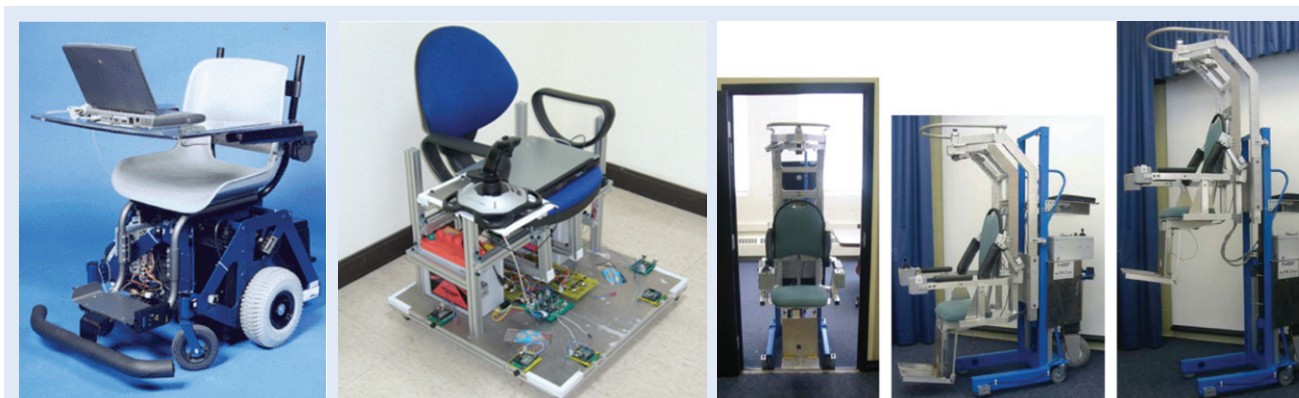
Robotizirani sustav invalidskih kolica (engl. *Robotic Wheelchair System*) sastoji se od električnih



Slika 3. Nosivi robotski sustav ReWalk i HAL⁴
 Figure 3 Supporting robot systems ReWalk i HAL⁴



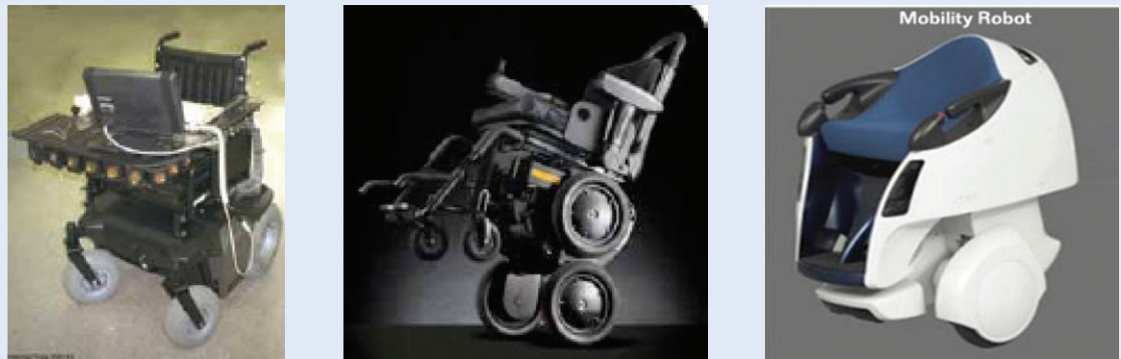
Slika 4. Robotska šaka za rehabilitaciju i robot za masažu WAO-1⁴
 Figure 4 Robotic hand for rehabilitation and massage robot WAO-1⁴



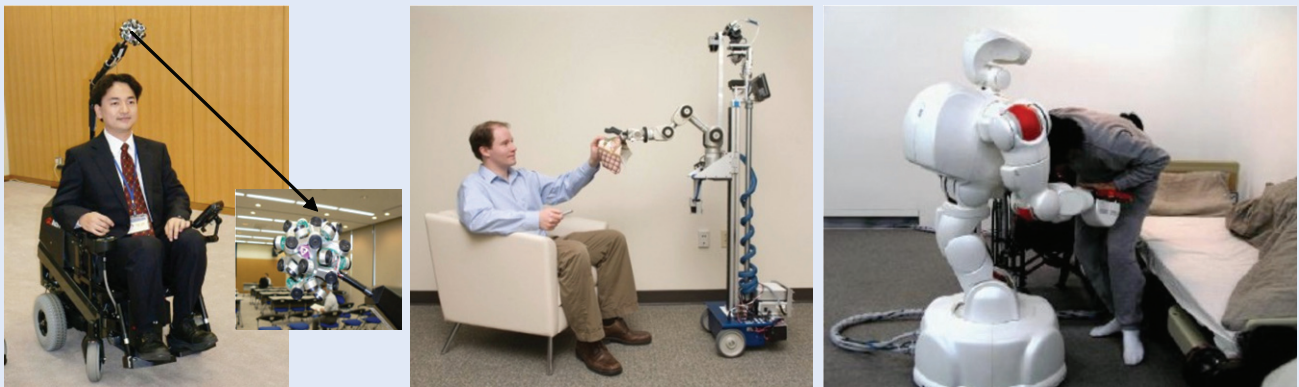
Slika 5. Robotizirana invalidska kolica i HLPR stolica⁴
 Figure 5 Robotic Wheelchair System and HLPR Chair⁴

invalidskih kolica opremljenih kompjutorom, senzorima te *Macintosh Powerbookom* korištenim za korisničko sučelje. Robot se može kretati polusamostalno u zatvorenom okruženju^{10,11}. To omogućuje korisniku da izda opće usmjerene naredbe te da se oslanja na robota za obavljanje zadataka niske razine, kao što je izbjegavanje prepreka i praćenje zida. Razvijeno korisničko sučelje omogućuje

korisniku da djeluje na tri načina rada: ručno, pomoću džojstika (upravljačke palice) i korisničkog sučelja. Kod manualnog načina upravljanja invalidska kolica funkcioniraju kao normalna električna invalidska kolica. Kod upravljanja džojstikom korisnik izdaje usmjerene naredbe kroz džojstik, dok će pritom robot izbjegavati prepreke na zahtijevanom putu. Kod načina upravljanja kori-



Slika 6. Različite izvedbe robotskih kolica⁴
Figure 6 Different design of robotic vehicles⁴



Slika 7. Inteligentna kolica AIST, servisni robot EI-E bot i servisni robot Twendy za pomoć hendikepiranim osobama⁴
Figure 7 AIST intelligent vehicle, EI-E bot service robot and service robot Twendy helping handicapped persons⁴

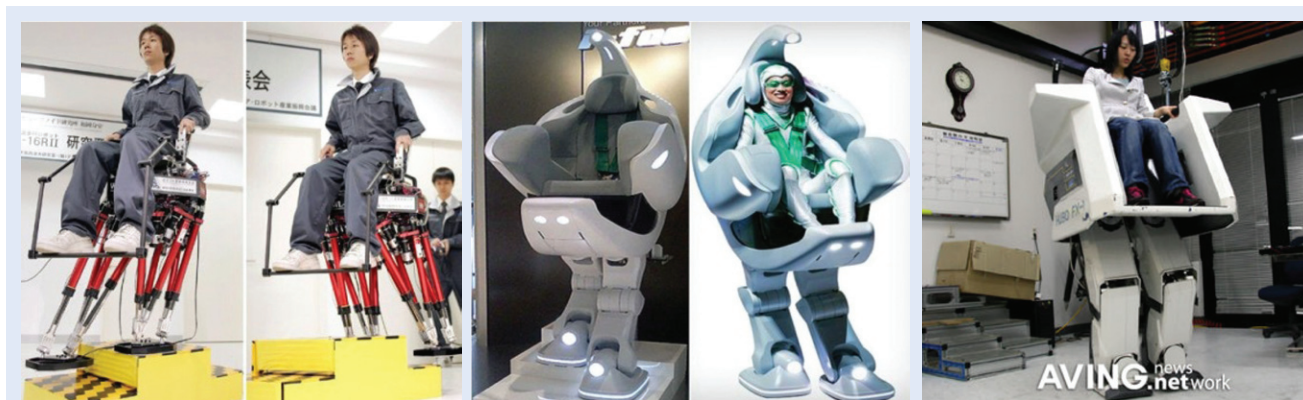


Slika 8. Mobilna odijela za kretanje korisnika⁴
Figure 8 Mobile suits for walking support⁴

sničkim sučeljem korisnik upravlja robotom isključivo kroz korisničko sučelje. Pored navedenih invalidskih kolica, za osobe s određenim ograničenjima u kretanju različite kompanije su izradile velik broj autonomnih invalidskih kolica, od samohodnih robotskih kolica, kolica kombiniranih robotskom rukom, do robota – kolica (slika 6), koje je Toyota predstavila krajem prošle godine.

Ova kolica omogućavaju nepokretnim osobama da se kreću preko neravnih podloga i terena s preprekama, što klasična invalidska kolica ne mogu. Pomoću baterije, vozilo s robotom sposobno je prijeći 21 kilometar pri brzini od 6,4 km/h.

Sljedeća skupina servisnih robota su roboti za hendikepirane osobe koji imaju zadatak da poma-



Slika 9. Servisni roboti koji imaju noge za pomoć hendikepiranim osobama⁴
Figure 9 Service robot with legs helping handicapped persons⁴

žu hendikepiranim osobama da se kreću i da se vrate u normalno obavljanje svakodnevnih poslova. Servisni mobilni robot može imati kotačiće, ali najčešće bi trebao imati noge, tako da se može penjati stepenicama i po neravnom terenu. On također može poprimiti oblik mobilnog odijela, što je neka vrsta robota koji okružuje oblik vašeg tijela, ruku i nogu. Na slikama 7, 8 i 9 prikazat ćemo određeni broj servisnih robota za hendikepirane osobe.

Kolica AIST su inteligentna kolica koja imaju 36 kamera koje zajedno stvaraju okruženje od 360 stupnjeva, daju pogled okoline i prikazuju je na ekranu ispred korisnika. Osim toga, inteligentna kolica AIST prikupljaju podatke o okolini, tako da se može spriječiti sudar ako korisnik ne vidi na zaslону da dolazi do prepreke. Također otkriva što korisnik radi, tako da se može poslati hitan signal ako se otkrije nešto neobično.

EI-E bot je mobilni robot koji ne pomaže u kretanju, ali može dohvatiti stvari po potrebi; jedino što treba učiniti je laserskim pokazivačem ukazati na nešto i on će to donijeti. Ako se laserskim pokazivačem pokaže na drugi objekt, on će se premjestiti, uzeti taj objekt i donijeti ga.

Servisni robot Twendy zbog svoje mobilnosti te sposobnosti za razumijevanje ljudskih uputa koristi se za pomoć hendikepiranim osobama i predstavlja jedan od najmobilnijih servisnih robota koji se koriste za pomoć ljudima do danas.

Razvijena su i mobilna odijela koja se pričvrste na tijelo korisnika kako bi se korisnik kretao ili obavljao neki drugi zadatak. Na slici 8 prikazane su varijante mobilnih odijela različitih proizvođača.

Mobilno odijelo Kanagava koristi pritisak zraka oko tijela korisnika kako bi se korisnik kretao ili obavljao neki drugi zadatak. Ovisno o korisniku, mobilno odijelo Kanagava može mu dati dovoljno snage da ponese nekog drugog. Pored mobilnog odijela Kanagava, na Sveučilištu Tsukuba razvijeno je robotsko odijelo koje ne radi na principu pritiska, nego mehaničkom principu pokreta robotskog odijela HAL-5, tako da smatramo da je budućnost pomoći hendikepiranim osobama i osobama za rehabilitaciju u razvoju robotskih odijela. Pored mobilnih odijela prikazanih na slici 8, razvijena su i druga mobilna odijela koja služe za pomoć hendikepiranim osobama, kako bi se mogle kretati od jedne pozicije do druge pozicije.

Servisni robot TMSK WL-16R3, prikazan na slici 9, zapravo je robot-noge, dizajniran tako da bi jednog dana zamijenio invalidska kolica, jer ima prednost da može hodati po neravnom terenu i po stepenicama, penjati se i silaziti. Nedostatak je samo u izgledu.

Mobilno odijelo Toyota je mobilni robot koji izgleda kao mehanizam iz filmova, a nosi korisnika po njegovoj želji. Dizajn je još u razvoju, a odijelo služi da hendikepiranu osobu odnese na željenu poziciju.

Korejski institut znanosti i tehnologije razvio je servisnog robota **Hubo FH-1 stolica bot**. To je u osnovi stolica s nogama i može nositi čovjeka težine 100 kilograma. Korisnik kontrolira robota džojstikom. Namijenjen je za nošenje starih i nemoćnih osoba. Robot ima dva nedostatka. Jedan je da se može kretati toliko daleko koliki je kabel za napajanje, a drugi je velika visina za korištenje.

Radi se na razvoju baterije koja će osigurati mobilnost i lakši način korištenja¹²⁻¹³.

ZAKLJUČAK

Rehabilitacijska robotika usmjerena je na razvoj servisnih robota koji se mogu koristiti tako da se ljudi oporave od fizičkih trauma ili da im pruže pomoć u samostalnom životu. Osobe s invaliditetom, uključujući one s malom ili nikakvom kontrolom ruku, nogu ili smanjene funkcije ruke ili

Svake godine u svijetu se instalira oko 1.000 servisnih robota za medicinu, i to neurokirurgiju, ortopediju, endoskopiju, miniinterventnu kirurgiju, točkasta zračenja, kolonoskopiju, rehabilitaciju, njegu bolesnika, opsluživanje bolesnika itd. Iz dana u dan primjena servisnih robota u medicini proširuje se razvojem informacijske i senzorske tehnologije.

noge, do sada su većinu dnevnih aktivnosti izvodile uz pomoć njegovateljice ili njegovatelja. Ta velika ovisnost kod bolesnika često stvara stav pasivnosti i apatije. Primjena servisnih robota riješit će taj problem kod osoba s invaliditetom, pa roboti imaju i potencijal za poboljšanje kvalitete života za široku populaciju korisnika, primjerice starijih osoba, osoba s tjelesnim oštećenjima i pojedinaca s invaliditetom. Razvijen je niz servisnih robota da takvim osobama učini život lakšim, kvalitetnijim i sadržajnijim. Na slici 2 i 4 prikazani su servisni roboti koji služe za rehabilitaciju bolesnika kod kojih su zbog nekih oboljenja otkazale funkcije nekih dijelova tijela. Na slikama 5, 6 i 7 prikazana su robotizirana invalidska kolica različitih proizvođača i servisni roboti koji pomažu bolesnicima. Na slikama 2, 8 i 9 prikazane su primjene nosivih robotskih sustava za osobe koje imaju probleme s normalnim kretanjem; servisni roboti koji imaju noge za pomoć hendikepiranim osobama prikazani su na slici 9. Servisni robot može pomoći u dostavi jela i pića, kod obavljanja osobne higijene, rada i slobodnog vremena, mobilnosti i općih poslova. Ovisno o određenom zadatku, robotski manipulator može biti montiran izravno na korisnika invalidskih kolica, s autonomnim napa-

janjem ili unutar fiksne radne stanice. Treba biti jednostavan za upotrebu za korisnika i prilagoditi se njegovoj sposobnosti manipulacije.

Postoji nekoliko činjenica koje govore u prilog brzom dugoročnom rastu na tržištu za pomoćne robotske sustave za starije i nemoćne osobe. Sve je veći broj privremeno i trajno invalidnih osoba, kao i povećan udio starijih osoba u svijetu, što će povećati potrebu za pažnjom prema njima i njihovoj njezi. S obzirom na pad broja ljudi koji su zainteresirani za obavljanje uloge njegovatelja, u sljedećih 10 do 15 godina postoji ogroman potencijal potražnje za pomoćnim robotskim sustavima te servisnim robotima, stoga važne znanstvene institucije koje rade na servisnim robotima razvijaju nove prototipove servisnih robota za pomoć starijim osobama i osobama kojima je potrebna rehabilitacija.

LITERATURA

1. Tapus A, Matarić MJ, Scasselati B. The Grand Challenges in Socially Assistive Robotics. *IEEE Robotics and Automation Magazine Special Issue on Grand Challenges in Robotics* 2007;14:35-42.
2. Shibata T, Wada K, Ikeda Y, Sabanovic S. Cross-Cultural Studies on Subjective Evaluation of a Seal Robot. *Advanced Robotics* 2009;23:443-58.
3. Doleček V, Karabegović I. Robotika. Bihać: Tehnički fakultet Bihać, 2002.
4. Karabegović I, Doleček V. Servisni roboti. Bihać: Društvo za robotiku, 2012.
5. World Robotics Service Robots 2010. United Nations. New York and Geneva. 2010.
6. World Robotics Service Robots 2008. United Nations. New York and Geneva. 2008.
7. World Robotics Service Robots 2006. United Nations. New York and Geneva. 2006.
8. Parker LE, Draper JV. Robotics applications in maintenance and repair. In: Nof S (ed.) *Handbook of Industrial Robotics*. 2nd Edition. Available at: <http://web.eecs.utk.edu/~parker/publications/Handbook99.pdf>. 1998. Accessed March 12th 2013.
9. Taylor R. Medical Robotics. In: *Handbook of Industrial Robotics*. New York: Wiley, 1999;1213-30.
10. Howe R, Matsuoka Y. Robotics for surgery. *Annu Rev Biomed Eng* 1999;1:211-40.
11. Buess G, Schurr M, Fischer Sabine C. Robotics and allied technologies in endoscopic surgery. *Arch Surg* 2000; 135:229-35.
12. Vanja B. Medical Robots. *International Conference on Innovative Technologies*. Bratislava. 2008.
13. Hyland T. *Scientific and Medical Robots*. Black Rabbit Books, 2007.