

K. Mihelec, M. Kaluža: Taksonomija ulaznih i izlaznih jedinica nosivih računala...
Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol. 3 (2015), No. 1, pp. 111-126

Krešimir Mihelec¹
Marin Kaluža²

Pregledni rad
UDK 004

TAKSONOMIJA ULAZNIH I IZLAZNIH JEDINICA NOSIVIH RAČUNALA U MJEŠOVITOJ STVARNOSTI³

SAŽETAK

Nosivo računalstvo (engl. wearable computing) kao koncept nije novijeg datuma, ali je njegov razvoj danas posebno aktualiziran raširenom upotrebom srodnih tzv. pametnih mobilnih uređaja te uznapredovanim postupcima minijaturizacije računalnih sklopova. Budući da gospodarski trendovi pokazuju iznimno brz rast i razvoj nosivog računalstva, pretpostavlja se kreiranje teorijskog okvira koji bi trebao bolje opisati i pomoći razumijevanju nosivog računalstva. Kako bi se utvrdilo koja klasifikacijska metoda potpunije upućuje na značajke i opće pravilnosti nosivih uređaja, usporedno su analizirane značajke deset uređaja koji odgovaraju načelima nosivosti, obrade podataka te kontekstualizacije korisnika i njegove okoline. Provedeno je testiranje klasičnom tehničko-tehnološkom analizom i taksonomskom matricom, a rezultat istraživanja upućuje na to da je tehnološka analiza nepotpuna te da taksonomija osim apstrahiranja osnovnih značajki uređaja obuhvaća i opisuje razine utjecaja na korisničko iskustvo unutar mješovite stvarnosti.

Ključne riječi: nosivo računalstvo, nosivo računalo, mješovita stvarnost, klasifikacija, taksonomija

1. UVOD

Tehnološki procesi minijaturizacije i mrežnog povezivanja raznorodnih uređaja neki su od uzroka rasta i razvoja nosivog računalstva. Problem koji proizlazi iz tog rasta je nemogućnost sustavnog praćenja i proučavanja tehnologija razvoja nosivih računala, a tradicionalna klasifikacija pokazuje se nedostatnom jer ne obuhvaća sve sastavnice kojima se definiraju nosiva računala.

Nosivo računalstvo moguće je opisati i klasificirati pomoću taksonomije mješovite (računalom podržane) stvarnosti. Definicija nosivog računalstva uključuje računalo, korisnika i kontekst koji nije moguće opisati uobičajenom analizom sustava prema tipu, veličini, namjeni, te drugim tehničkim ili organizacijskim karakteristikama.

Cilj rada je istražiti i analizirati sastavnice nosivih računala, te ustanoviti okvir unutar kojeg će biti moguće opisati i razumjeti prirodu interakcije čovjeka i stroja. Kontekst tog međudjelovanja trebao bi moći opisati stvarnu ulogu nosivog računala.

Provedena je analiza i klasifikacija deset odabranih nosivih računala čija su obilježja modelirana apstrakcijom uloge i konteksta nosivog računala. Hipoteza o taksonomskoj klasifikaciji pomoću mješovite stvarnosti testirana je usporedbom istih uređaja na Robinettovoj taksonomiji sintetičke stvarnosti.

¹ Bacc. inf., student. E-mail: kmihelec@veleri.hr

² Dr. sc., viši predavač, Veleučilište u Rijeci, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Hrvatska. E-mail: mkaluza@veleri.hr

³ Datum primitka rada: 23. 2. 2015.; datum prihvaćanja rada: 10. 4. 2015.

U radu je objašnjen pojam nosivo računalstvo, opisana su obilježja nosivih računala i pokazani su primjeri upotrebe.

Izvršena je klasifikacija nosivih računala tehničko-tehnološkom analizom. Pokazana je taksonomija mješovite stvarnosti pomoću posredovane stvarnosti i taksonomije realnog i virtualnog svijeta. Opisana je Robinettova taksonomija sintetičke stvarnosti te je izvedena klasifikacija nosivih računala prema toj taksonomiji.

U ovom radu nisu posebno razmatrani specijalizirani medicinski uređaji, implantati i protetički uređaji te tzv. pametne tetovaže jer ne predstavljaju nosiva računala integrirana u odjevni predmet, a za njihov rad potrebne su posebne pripreme ljudskog tijela.

2. NOSIVO RAČUNALSTVO

Nosivo računalstvo bavi se razvojem i uporabom minijaturnih računalnih i osjetnih sklopova koji se mogu nalaziti ispod, unutar ili na odjeći, ili sami mogu biti izvedeni kao odjevni predmeti (Mann, 2014). Računalo se fizički nosi na tijelu poput odjavnog ili ukrasnog predmeta, a interakciju s korisnikom provodi unutar određenog konteksta. U literaturi se navode engleski termini *wearable*, *bearable* i *body-borne computing* (Mann, 2014; Mann, Starner, 2005; Mathys, 2014; Starner, 2001 a), a svima je zajedničko obilježje interakcija čovjeka i stroja pomoću nosivih računala na neizravan način uz prepoznavanje okoliša gdje računalo pomoću diskretnih i nenametljivih ulaznih jedinica te osjetljivih i komunikacijskih alata sudjeluje kao inteligentan pomoćnik čovjeku u proširenoj stvarnosti (Mann, Starner, 2005).

2.1 Obilježja nosivog računalstva

Nosivo računalstvo treba redefinirati pojam osobnosti kod osobnog računala (engl. *personal computer*) pa je pri razlikovanju stolnih, prijenosnih i nosivih računala potrebno uključiti i korisnika i njegovu neposrednu okolinu (Mathys, 2014):

- nosiva računala koriste se direktno na tijelu i ponekad ih nije moguće ukloniti s istom lakoćom kojom se, primjerice, odlaže mobitel na stol
- dok prijenosni uređaji zadržavaju svoja obilježja neovisno o blizini korisnika, nosivo računalno ne ispunjava svoju svrhu ako se ne nalazi na odgovarajućem dijelu tijela (mjerač pulsa na podlaktici)
- nosiva računala su uređaji čija funkcionalnost može biti prilagođena točno određenom korisniku pomoću tjelesnih obilježja kao što su dioptrija oka ili opseg struka
- nosiva računala mogu podržavati stalan i neprekidan rad u uvjetima gdje je potrebno bilježiti kontinuirane podatke životnih aktivnosti (engl. *life logging*)
- nosiva računala osjetljiva su na okolinu koja predstavlja kontekst aktivnosti osobe gdje uređaj može prikupljati i obrađivati podatke koji korisniku ne moraju biti očit (lokacija, biomedicinski podaci, buka, osvjetljenje i sl.)
- nosiva računala tipično ne sputavaju korisnika niti monopoliziraju njegovu pažnju, a jedno od ključnih obilježja je i da korisnika ne sprječavaju u drugim istovremenim aktivnostima,

gdje je, primjerice primanje obavijesti o poruci na tzv. pametnom satu manje sputavajuće od uključivanja zaslona mobitela

- osim što prikupljanjem i obradom podataka „promatraju“ i okolinu i korisnika, nosiva računala omogućuju i interpretiranje te donošenje odluka umjesto korisnika, što može olakšati korištenje, ali istovremeno implicira i određen gubitak kontrole.

Idealno nosivo računalo trebalo bi imati sljedeće značajke (Starner, 2001 a):

- stalan i neprekinut pristup informacijskim servisima - uređaj bi trebao omogućiti svakodnevnu i stalnu komunikaciju s korisnikom, gdje se prekidi događaju samo kada je to potrebno i u prikladnim situacijama
- osvješćivanje i modeliranje konteksta - kontekst je definiran kao kombinacija stanja uređaja, psihofizičkih stanja korisnika i okoliša u kojem se odvija interakcija korisnika i nosivog računala (Starner, 2001 b). Uređaj bi pritom morao moći modelirati kontekst prepoznavanjem, pamćenjem i odgovaranjem na događaje kako bi što kvalitetnije mogao obavljati funkciju inteligentnog pomoćnika uz korisničke ispravke i promjene. To je, primjerice, situacija gdje bi unutar aviona nosivo računalo trebalo moći pročitati osobni kalendar, vrijeme i lokaciju, zatim razinu svjetla i buke te položaj korisnika, kako bi se prebacilo u izoliran način rada (engl. airplane mode).
- kontekstualno prilagođavanje interakcijskih modela - oblici komunikacije trebali bi biti prilagođeni okolišu i aktivnostima korisnika i to tako da njihov intenzitet odgovara trenutačnoj pažnji korisnika, da interakcija bude društveno prihvatljiva i da korisniku ne smeta u uobičajenim aktivnostima. Prilagodba interakcije očituje se na primjeru prekida vizualne i primjene zvučne komunikacije pri upravljanju vozilom.
- proširivanje interakcije korisnika s okolišem - nosivo računalo bi trebalo korisniku omogućiti informacijsku podršku stvarnosti tako da iz konteksta prikupljenih podataka izdvoji i ponudi one koji se temelje na korisnikovim trenutačnim potrebama i predefiniranim zahtjevima. Iako su tijekom sportske aktivnosti važne informacije poput temperature zraka i prijeđene udaljenosti, korisniku bitan podatak može biti trenutačna potrošnja kalorija i usporedba s nekom zadanom vrijednošću, dok bi mu, primjerice, čitanje elektroničke poruke moglo biti samo smetnja.

2.2 Nosiva računala: oblici, namjena, primjeri

Nosivo računalo integrirano je u odjevni predmet tako što su u odjevni predmet ugrađeni osjetilni sklopovi i elektronički dodaci koji imaju manji ili veći stupanj autonomije. U širem smislu, dijelovi nosivog računala jednaki su računalu opće namjene: to su kućište, izvor energije, jedinice za obradu i pohranu podataka, osjetilni sklopovi za prikupljanje podataka te ulazno-izlazne jedinice za interakciju s čovjekom ili s drugim uređajima. Nosivo računalo je autonomno ako uz navedene dijelove ima i višenamjenski procesor te operativni sustav što mu omogućava da može djelovati i kao samostalan uređaj. Takvi su uređaji rjeđe zastupljeni jer je primjetan trend povezivanja nosivih računala s mobilnim uređajem kako bi se izbjegla redundancija obrade, pohrane i prikazivanja podataka (Starner, 2001 a).

Integracija računala može proširiti osnovnu funkcionalnost predmeta, poput obuće koja bilježi fizičku aktivnost⁴, pametnog sata koji do određene mjere nadomješta upotrebu mobilnog uređaja⁵ ili pak može promijeniti njegov način uporabe gdje uređaj prikazuje računalom kreiranu stvarnost⁶ ili služi kao sučelje za pristup drugim uređajima poput rukavice⁷, narukvice⁸ ili prstena⁹.

Današnja perspektiva pokazuje ubrzan rast (www.statista.com) i razvoj nosivih računala raznovrsnošću vrsta i namjena, pa svaku kategorizaciju valja prihvatiti tek kao sliku aktualnog stanja. Kategorizacija bi općenito mogla biti dvojaka, a većina se uređaja može opisati kao potrošačka elektronika ili kao specijalizirani uređaji. Nosiva računala moguće je svrstati prema skupinama koje opisuju uobičajene ljudske aktivnosti (Mathys, 2014), mada granica ponekad nije sasvim očita:

- zabavna i tzv. lifestyle elektronika koja povećava ugodu ili podržava pojedine aktivnosti. To su obično igračke i dodaci za igranje računalnih igara: naglavni uređaj za simulaciju 3D virtualne stvarnosti¹⁰, narukvica za autentifikaciju pristupa pomoću jedinstvenog biometrijskog bilježenja pulsa¹¹, autonomna letjelica s ugrađenim fotoaparatom koja se nosi kao narukvica¹² i dr;
- sigurnosni i zaštitni uređaji koji korisniku pomažu povećati stupanj sigurnosti u opasnim situacijama ili u slučajevima povećanog rizika. Tu spadaju tzv. pametna odjeća i oprema za vatrogasce, vojsku i policiju¹³ (Tappert, 2004), pametna dječja čarapa za praćenje zdravstvenih podataka¹⁴ i dr.
- sportske aktivnosti obuhvaćene su uređajima koji mogu mjeriti biološke parametre (disanje, puls) i uspoređivati ih te kombinirati s osobnim podacima (dob, težina) i brzinom te prijednom udaljenošću kako bi, primjerice, ponudili rezultat u obliku potrošenih kalorija¹⁵;
- medicinski i asistivni nosivi uređaji koji podrazumijevaju specijalizirane uređaje za dijagnostiku i terapiju te uređaje i sklopove za potporu osobama s invaliditetom (u radu nije posebno obrađeno).

3. KLASIFIKACIJA NOSIVIH RAČUNALA

Prva klasifikacija izvedena je analizom tehničkih dijelova deset uređaja¹⁶. Analizirana su kućišta kao vizualni indikator uređaja, autonomija kao ukupnost integracije hardvera i operacijskog sustava te tipovi povezivanja kako bi se ustanovio stupanj slobode kretanja korisnika, senzori i namjena prema navodima proizvođača.

⁴ Nike Lunar HyperDunk+, <http://m2mwire.net/?p=918> (7. 1. 2015.)

⁵ Samsung Gear Live, <http://www.samsung.com/us/mobile/wearable-tech> (7. 1. 2015.)

⁶ Google Glass, <http://www.google.com/glass/start> (7. 1. 2015.)

⁷ Glove One, <http://sites.google.com/site/bryanceraonline/project01/gloveone> (7. 1. 2015.)

⁸ Cicret Bracelet, http://www.cicret.com/wordpress/?page_id=17920 (7. 1. 2015.)

⁹ Ring, <http://logbar.jp/ring/en/> (7. 1. 2015.)

¹⁰ Samsung Gear VR, <http://www.oculus.com> (7. 1. 2015.)

¹¹ Nymi Band, <http://www.nymi.com> (7. 1. 2015.)

¹² Nixie, <http://flynixie.com> (7. 1. 2015.)

¹³ <http://publicintelligence.net/scottsdale-shock-handcuffs/> (7. 1. 2015.)

¹⁴ Owlet Baby Care, <http://www.owletcare.com> (7. 1. 2015.)

¹⁵ Microsoft Band, <http://www.microsoft.com/Microsoft-Band/en-us> (7. 1. 2015.)

¹⁶ Podaci su preuzeti s mrežnih stranica proizvođača. Neki podaci nisu dostupni jer je uređaj u prototipnoj izvedbi ili proizvođač još nije objavio tehničke značajke.

3.1 Tehničko-tehnološka analiza

Uređaji su odabrani prema ovim kriterijima:

- ekonomski utjecaj proizvođača: među odabranim proizvođačima tri su veća poduzeća, dok se ostali smatraju tzv. start-up poduhvatima
- medijska izloženost uređaja: prisutnost uređaja u medijskom prostoru ispitivana je na mrežnim stranicama koje prate trendove razvoja odjevnih tehnologija¹⁷
- stupanj inovativnosti: kreativan odmak od izvorne namjene odjevnog predmeta
- subjektivna procjena autora.

Tablica 1. Klasifikacija nosivih računala prema obliku, općim tehničkim značajkama i namjeni

Naziv	Kućište	Autonomija	Komunikacija	Senzor	Namjena
Google Glass	naočale	da	Wifi, Bluetooth	akcelerometar, žiroskop, magnetometar, blizinski senzor	proširenje stvarnosti komunikacija
Samsung Gear VR	naglavni uređaj	Ne, mobitel	microUSB	akcelerometar, žiroskop, magnetometar, blizinski senzor	virtualizacija stvarnosti (3D simulacija)
Cicret Bracelet	narukvica	-	Wifi, Bluetooth	akcelerometar, blizinski senzor	komunikacija (simulator dodirnog zaslona na tijelu)
Ring	prsten	ne, računalo	Bluetooth	akcelerometar, žiroskop	proširenje stvarnosti ulazna jedinica (upravljanje gestama)
Nymi	narukvica	ne, računalo	Bluetooth	akcelerometar, žiroskop	ulazna jedinica (autentifikator)
Nixie	narukvica, letjelica	ne, mobitel	-	-	pametni sat, autonomna letjelica
Owlet Baby Care	čarapa	ne, mobitel	Wifi, Bluetooth	akcelerometar, žiroskop, oksimetar, optički senzor	praćenje zdravlja djeteta

¹⁷ <http://www.cnet.com>, <http://www.wearable-technologies.com>, <http://mashable.com>, <http://www.wearables.com>, <http://www.engadget.com>

Nike Lunar Hyperdunk	obuća	ne, mobitel, narukvica	Bluetooth	Hyperdunk+ Bluetooth senzori	praćenje sportske aktivnosti
Microsoft Band	narukvica	ne, mobitel	Bluetooth	senzor pulsa i temperature, akcelerometar, žiroskop, GPS, senzor svjetla, UV senzor	pametni sat (komunikacija)
iOptik	leća, naočale	-	-	-	proširenje stvarnosti poboljšanje vida

Izvor: mrežne stranice proizvođača (obrada autora)

U tablici 1 vidljiv je smjer u kojem se u tehnološkom smislu razvijaju ulazne i izlazne jedinice nosivih računala, a to ponajprije ovisi o tehničkim izazovima minijaturizacije dijelova i pohrane energije (Starner, 2001 a). Nosiva računala prate trend smanjivanja vidljiv kod mobilnih uređaja, podaci se uz bežično povezivanje obrađuju na mobilnim uređajima koji su po značajkama gotovo izjednačeni s osobnim računalima, a sve kako bi se uštedjela energija jer veličina baterije koja služi kao izvor energije za uređaj ovisi o veličini tog uređaja.

Na temelju provedene analize moguće je uočiti nekoliko pravilnosti:

- oblik i osnovna funkcionalnost odjavnog predmeta uglavnom se zadržavaju (osim kod uređaja Samsung Gear VR čija je osnovna namjena prikaz računalno obrađene trodimenzionalne stvarnosti), dodavanjem računalnih sklopova funkcionalnosti svih obrađenih uređaja se proširuju, a ponegdje se uz primjetnu razinu inovativnosti i mijenjaju¹⁸
- autonomni uređaji su rjeđe zastupljeni, a njih uglavnom razvijaju ekonomski utjecajnijii proizvođači koji imaju pristup resursima potrebnim za razvoj (Google, Samsung, Apple i Microsoft imaju softver, odnosno hardver kao temelj za nadogradnju ili kreiranje novih računalnih koncepata)
- ugrađeni računalni i osjetni sklopovi omogućavaju obradu podataka o neposrednoj okolini, vlastitoj lokaciji i fizičkim stanjima korisnika
- nosiva računala direktno se naslanjaju na tehnologiju tzv. pametnih mobilnih uređaja jer, osim što dijele jednake tehničke podsustave, oni se mogu i povezivati, a komunikacija je uglavnom bežična kako bi se zadržala upotrebljivost izvornog predmeta.

Uz navedene pravilnosti namjena uređaja (komunikacija, nenametljivo upravljanje, preoblikovanje podataka iz okoline, diskretna interakcija) pokazuje da se, prema definiciji, svi analizirani uređaji mogu kategorizirati kao nosiva računala.

Suprotan primjer je bežična slušalica (naglavnik ili privjesak na uhu) koja je nosiv računalni sklop, ali istodobno nema nikakvu predodžbu o kontekstu, odnosno ne obrađuje podatke iz okoline i ne

¹⁸ Owlet Baby Care, Nixie

ovisi o vlastitom stanju ili stanjima korisnika, već služi samo kao sučelje drugom komunikacijskom uređaju, i time ne predstavlja nosivo računalo. To pokazuje da tehnička analiza dijelova, uloge i namjene pojedinog uređaja nije dovoljna jer ne opisuje kontekst u kojem djeluju uređaj i korisnik.

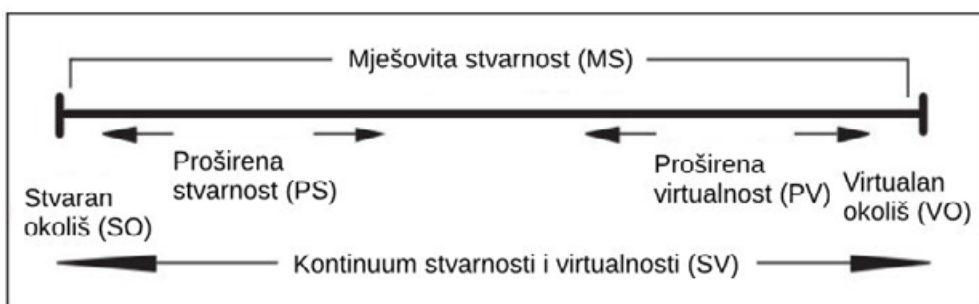
3.2 Analiza sustava upotrebom taksonomija mješovite stvarnosti

Neki od analiziranih uređaja iz tablice 1 pokazuju obilježja računalnog oblikovanja stvarnosti i imaju određen utjecaj na okolinu korisnika. Okolina je neposredna stvarnost koju je moguće računalno obraditi, te predstavlja kontekst, a sastoji se od stanja i aktivnosti iz okoline, uređaja i korisnika (Starner, 2001 b). Kada je doživljaj okoline kroz osjet, iskustvo i djelovanje izmijenjen pomoću računala, tada se može reći da je kontekst mješovita stvarnost koja obuhvaća sve vrste utjecaja računala na korisnikov doživljaj stvarnosti: proširena, umjetna i virtualna. Mješovita stvarnost predstavlja "stvarnost unutar koje čovjek može predočavati, oblikovati i sudjelovati s računalima pri obradi kompleksnih podataka" (Isdale, 1998). Neposrednu stvarnost moguće je obuhvatiti značajkama kontinuuma prostora i vremena koje preko interakcije s računalom mogu u većoj ili manjoj mjeri oblikovati ljudsko iskustvo, odnosno doživljaj tog kontinuuma.

3.2.1 Računalom posredovana stvarnost

Na slici 1 opisano je stupnjevanje utjecaja računala na okoliš, gdje se potpuno stvarna i potpuno umjetna okolina nalaze na suprotnim stranama spektra, dok su ostale razine stupnjevane prema kvantitativnim utjecajima računala (Milgram, Colquhoun, 2001). Stvaran okoliš opisuje se kao isključivo ljudska percepcija okoline bez utjecaja računala, dok je umjetni okoliš isključivo računalom oblikovana stvarnost, a između se nalaze dijelovi kontinuuma s relativnim proširenjima stvarnosti pomoću ljudskog, odnosno računalno stvorenog iskustva.

Slika 1. Mješovita stvarnost



Izvor: Milgram et al, 1994

3.2.2 Taksonomija stvarnog i virtualnog svijeta

Kako bi se preciznije objasnilo nosivo računalstvo, potrebno je upotrijebiti taksonomiju kao analitički model koji će uključiti i kontekst djelovanja svih triju njegovih sastavnica (uređaj, korisnika i okolinu).

U ovom radu testirani su modeli postojećih taksonomija mješovite stvarnosti: Taksonomija sintetičke stvarnosti (Robinett, 1992) i Taksonomija proširene stvarnosti (Milgram et al., 1994; Milgram, Colquhoun, 2001). Zbog njihove relativne starosti ove taksonomije treba uzeti uz određene rezerve jer opisuju interakciju čovjeka i stroja uz upotrebu računalnih zaslona i tadašnjih optičkih naglavnih uređaja (engl. *head-up display*). Mada se uglavnom oslanjaju na vizualnu percepciju računalno obrađene stvarnosti, njihove sastavnice anticipiraju nosivo računalstvo. Milgramova taksonomija kao jednu od dimenzija obrađivanja stvarnosti i prikazivanja podataka koristi vizualne uređaje, pa nije uključena u daljnje razmatranje.

Budući da podržava osnovna načela nosivog računalstva te da opisuje i sastavnice i njihove odnose, što prethodno izvedenoj analitičkoj klasifikaciji nedostaje, za potrebe ovog rada odabrana je Robinettova taksonomija sintetičkog iskustva (Robinett, 1992).

Slika 2. Sastavnice tehnološki posredovanog iskustva



Izvor: Robinett, 1992

Robinettov pristup obuhvaća sve podsustave, odnose i okolinu, a ključna obilježja postaju dimenzijama u klasifikacijskoj matrici čije vrijednosti mogu biti kontinuirane, unutar spektra manje ili više odredivih vrijednosti, ili diskretne, odnosno prethodno zadane:

- uzročnost: opisuje načelo uzroka i posljedice djelovanja prema vrsti sintetičkog iskustva koje može biti preneseno u stvarnom vremenu, simulirano ili naknadno pregledavano, tj. prethodno spremljeno, s drugačijim posljedicama djelovanja; daljinsko upravljanje stvarnim vozilom, upravljanje vozilom u simuliranoj okolini ili pregledavanje snimke upravljanja primjeri su različitih uzročnosti
- model okoline: opisuje stupanj realnosti/virtualnosti modela računalno obrađene okoline; model može biti pregled stvarnog okoliša (videozapis), konstrukcija (statičan prikaz), izračunat (videoigra) ili obrađen (kombinacija prethodnih vrijednosti)
- prostor i vrijeme: upotpunjava dimenzije uzročnosti i modela uspoređivanjem otklona stvarnog i virtualnog kontinuuma; vrijeme se uspoređuje otklonom od stvarnog trajanja (realno, ubrzano itd.), a prostor otklonom od fizičkih dimenzija (realan, uvećan, udaljen itd.)

- preklapanje: opisuje stupanj preklapanja stvarnog i virtualnog svijeta gdje jedan može biti izoliran u potpunoj realnosti ili potpunoj virtualnosti (videozapis ili videoanimacija), odnosno gdje može doći do njihova spajanja (preklapanje stvarne i računalne slike)
- osjetilo i prikaz osjeta: dolaze s definiranom klasifikacijom osjeta i vrijednostima koje obuhvaćaju sva računalom podržana ljudska osjetila (vibracija - mikrofon)
- djelovanje i prikaz djelovanja: opisuje djelovanje sustava i uređaje koji djeluju na ponašanje korisnika (gestikulacija - akcelerometar).

Prve četiri dimenzije opisuju prirodu tehnološkog posredovanja uređaja u sintetičkom iskustvu. One obuhvaćaju računalno oblikovane dimenzije stvarnosti i opisuju kako se stvarnost mijenja, dok se ostale odnose na ulaze i izlaze sustava te odgovaraju na pitanje čime se stvarnost mijenja, odnosno koji uređaji i koja ljudska osjetila sudjeluju u oblikovanju stvarnosti.

Tablica 2. Robinettova taksonomija sintetičkog iskustva

Dimenzija	Mogućnost	Primjer
uzročnost	simulacija	simulacija leta
	spremanje	pregled snimke
	prijenos	prikaz uživo
model	pogled (osmatranje)	noćni pogled (engl. <i>night vision</i>)
	konstrukcija	digitalna karta
	izračun	videoigra
	obrada	montaža filma
vrijeme	realno	prikaz uživo
	ubrzano/usporeno	slijedni prikaz (engl. <i>timelapse</i>)
	zamrznuto	fotografija
	obrađeno	
prostor	registriran	prikaz uživo
	udaljen	slika Mjeseca
	umanjen/uvećan	obrađena slika/videozapis
	obrađen	
preklapanje	spojeno	proširena stvarnost
	izdvojeno	izdvojena stvarnost/virtualnost
osjetilo	svjetlost - fotosenzor	slika
	mikrofon	zvuk
prikaz osjeta	naglavni uređaj	proširena stvarnost
djelovanje	gestikulacija	proširena stvarnost
prikaz djelovanja	robotska ruka	daljinsko upravljanje

Izvor: Robinett, 1992

Uzmu li se u obzir tehnološke promjene te činjenica da je razvijena za klasifikaciju vizualnih uređaja, Robinettova taksonomija trebala bi moći opisati načela i kontekst nosivih računala.

Uređaji iz tablice 1 klasificirani su po Robinettovoj taksonomiji, što je prikazano u tablici 3. Predstavljeno je deset uređaja iz prethodne klasifikacije. Dimenzije matrice prema toj taksonomiji odgovaraju tehnološkim obilježjima i dopunjuju nedostatno obilježje namjene prikazano u tablici 1.

Tablica 3. Klasifikacija nosivih računala pomoću Robinettove taksonomije¹⁹

uređaj	uzročnost	model	vrijeme	prostor	preklapanje	prikaz osjeta	osjetilo	djelovanje	prikaz djelovanja
Google Glass	simulacija snimanje prijenos	pogled konstrukcija izračun obrada	realno ubrzano usporeno zamrznuto obrađeno	registriran udaljen umanjen uvećan obrađen	spojeno	zaslon zvučnik	*	glas dodir	slika zvuk
Samsung Gear VR	simulacija prijenos	konstrukcija izračun obrada	realno ubrzano usporeno zamrznuto obrađeno	udaljen umanjen uvećan obrađen	izolirano	naglavni uređaj zvučnik	*	glas položaj glave	slika zvuk
Cicret Bracelet	simulacija prijenos	konstrukcija izračun obrada	realno ubrzano usporeno zamrznuto obrađeno	registriran udaljen umanjen uvećan obrađen	spojeno	projektor	*	gestikulacija rukom i prstom	slika vibracija
Ring	prijenos	izračun	realno	udaljen	spojeno	zaslon vibrator	*	gestikulacija prstom	slika vibracija
Nymi	snimanje prijenos	izračun obrada	obrađeno	obrađen	izolirano	-	*	puls srca	tekst
Nixie	simulacija snimanje prijenos	pogled	realno	registriran	izolirano	zaslon zvučnik	*	gestikulacija rukom	slika zvuk vibracija
Owlet Baby Care	snimanje prijenos	pogled	realno	registriran	izolirano	zaslon zvučnik	*	glas dodir položaj tijela	slika zvuk vibracija
Nike Lunar Hyperdunk+	snimanje prijenos	pogled	realno	registriran	izolirano	zaslon zvučnik vibrator	*	pokret noge	slika zvuk
Microsoft Band	snimanje prijenos	konstrukcija izračun	realno ubrzano usporeno zamrznuto obrađeno	registriran udaljen umanjen uvećan obrađen	izolirano	zaslon vibrator	*	položaj ruke gestikulacija rukom dodir	slika vibracija
iOptik	simulacija snimanje prijenos	pogled konstrukcija izračun obrada	realno ubrzano usporeno zamrznuto obrađeno	registriran udaljen umanjen uvećan obrađen	spojeno	kontaktna leća naočale	*	položaj oka treptaj	slika

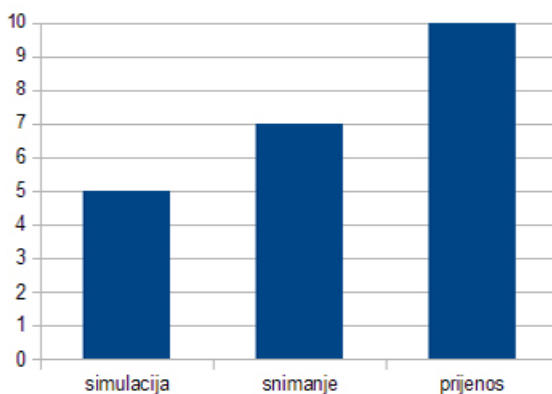
Izvor: mrežne stranice proizvođača (obrađa autora)

¹⁹ Osjetilni sklopovi navedeni su u tablici 1, a ovdje su ispušteni radi pojednostavljenja.

Svaki od ispitanih uređaja može se opisati dimenzijama Robinettove matrice. Dimenzije osjetilo, prikaz osjeta, djelovanje i prikaz djelovanja nisu se dalje analizirale jer ne sadrže ograničen broj mogućnosti (mogućih vrijednosti), odnosno, navedene dimenzije mogu imati mogućnost koja može biti svojstvena samo promatranom nosivom uređaju.

Dimenzije uzročnost, model, vrijeme, prostor i preklapanje uključuju poznat i ograničen broj mogućnosti, i objašnjavaju kontekst primjene nosivog računala. Svaki ispitani uređaj može posjedovati veći broj mogućnosti za pojedinu dimenziju. U grafikonima 1 - 5 prikazani su rezultati ispitivanja. Na apscisi su mogućnosti prikazane dimenzije Robinettove taksonomije, a ordinata predstavlja broj pojava pojedinih mogućnosti za dimenziju u svim ispitanim uređajima.

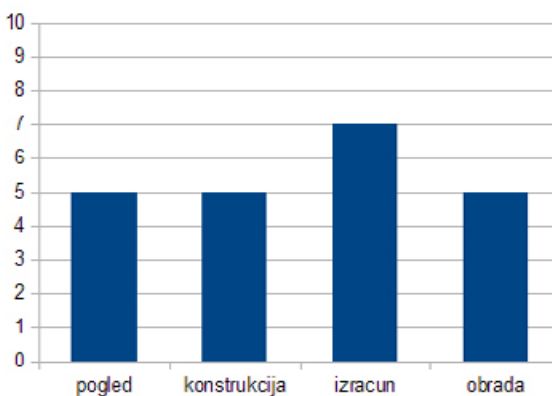
Grafikon 1. Dimenzija - uzročnost



Izvor: obrada autora

Svi uređaji mogu prenositi realnu sliku stvarnosti, sedam ima mogućnost snimanja, a polovina ima sposobnost računalnog oblikovanja, odnosno simulacije.

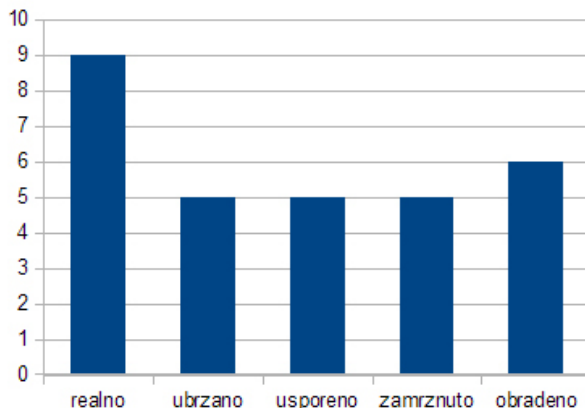
Grafikon 2. Dimenzija - model



Izvor: obrada autora

Sedam uređaja ima mogućnost računalnog oblikovanja realnosti/virtualnosti, dok polovina ima mogućnosti prikaza stvarnosti preko pogleda, konstruirane ili obrađene informacije.

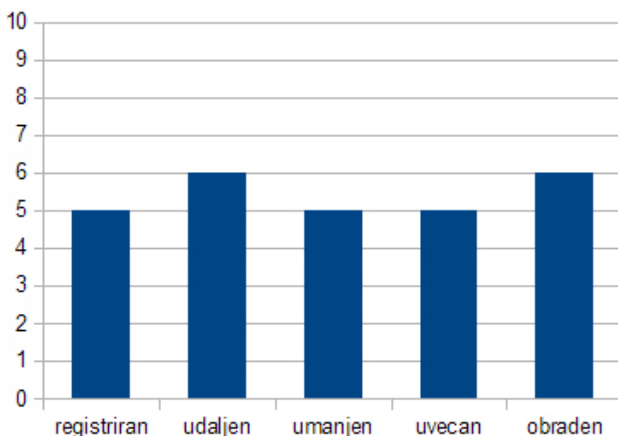
Grafikon 3. Dimenzija - vrijeme



Izvor: obrada autora

Samo jedan uređaj (Nymi) nema mogućnost prikaza podataka u stvarnom vremenu, dok je mogućnost obrade vremena u svim oblicima ravnomjerno prisutna u pola ispitanih uređaja.

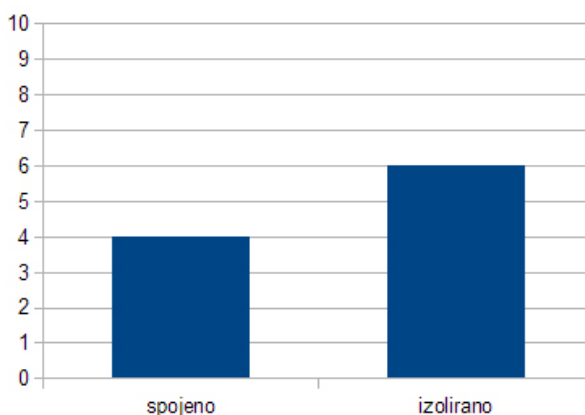
Grafikon 4. Dimenzija - prostor



Izvor: obrada autora

Prostorna je dimenzija također ravnomjerno raspoređena među ispitivanim uređajima, gdje po pet uređaja ima mogućnost prikazivanja registriranog, umanjenog, odnosno uvećanog prostora, dok je kod šest uređaja ostvarivo prikazivanje udaljenog te računalom obrađenog prostora.

Grafikon 5. Dimenzija - preklapanje



Izvor: obrada autora

Šest uređaja ima mogućnost prikazivanja informacija izdvojenih iz stvarnosti, dok četiri uređaja mogu preklapati računalom obrađenu i neobrađenu stvarnost.

U grafikonima 1 - 5 mogućnosti po pojedinim dimenzijama uglavnom su zastupljene podjednako. To znači da se svaki ispitani uređaj može opisati jednom ili više mogućnosti i ne postoji mogućnost u nekoj dimenziji kojom nije opisan niti jedan uređaj. Svaka mogućnost za dimenzije uzročnost, model, vrijeme i prostor zastupljena je u preko 50 % ispitanih uređaja.

Ispitivanjem analiziranih uređaja i njihovih obilježja unutar matrice može se zaključiti da je Robinettova taksonomija prikladna za opisivanje nosivih računala jer:

- upućuje na postojanje konteksta preko dimenzija koje opisuju kako se stvarnost oblikuje pomoću računala
- implicitno prikazuje korisnika preko skupa vrijednosti ljudskih osjeta i djelovanja gdje računalni senzor i aktuator odgovaraju ljudskom osjetu i djelovanju
- djelovanje sustava oblikuje okolinu i korisničko iskustvo, što potvrđuje ideju nosivog računalstva.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je koncept nosivih računala kao prirodnog nastavka razvoja mobilnih tehnologija. Ponuđeno je nekoliko definicija nosivog računalstva kojima je zajednička nit povezivanje korisnika, računala i okoliša. Pokazani su primjeri uređaja za različite kategorije uobičajenih ljudskih aktivnosti poput zabave, sigurnosti, sporta i medicine.

Prema definiranim kriterijima odabrano je deset uređaja u prototipnoj, odnosno produkcijskoj fazi i nad njima je provedena tehničko-tehnološka klasifikacija oblika, općih tehničkih značajki i namjena. Prva analiza pokazala je sličnost s mobilnim tehnologijama, ali je pokazala i određene manjkavosti pri opisivanju okoline, čime nije potvrdila prihvaćenu definiciju nosivog računalstva.

U radu su obrazložene ideje okoline kao računalom posredovane stvarnosti. Objasnen je pojam mješovite stvarnosti koja uključuje cijeli spektar utjecaja računala na okolinu i na korisničko iskustvo okoline.

Analizirana je Robinettova taksonomija sintetičke stvarnosti koja je poslužila kao testni model za opisivanje uređaja, korisnika i okoline kao osnovnih sastavnica nosivog računala. Ponovljena je klasifikacija istih deset uređaja u Robinettovoj taksonomskoj matrici čije dimenzije opisuju kako i čime se stvarnost mijenja. Rezultat analize upućuje da se kontekst nosivog računala može objasniti dimenzijama taksonomije, što nedostaje prethodnim klasifikacijama, i pokazuje da se testirani uređaji mogu opisati kao nosiva računala.

LITERATURA

- Isdale, J., (1998): "What Is Virtual Reality? A Web-Based Introduction", Version 4 - Draft 1, <http://vr.isdale.com/WhatsVR/noframes/WhatsVR4.1-A.html> (7. 1. 2015.)
- Mann, S., (2014): "Wearable Computing". In: Soegaard, Mads and Dam, Rikke Friis (eds.). "The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed.". Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation, https://www.interaction-design.org/encyclopedia/wearable_computing.html (7. 1. 2015.)
- Mann, S., Starner, T., (2005): "What is Wearable?", The MIT Wearable Computing Web Page, <http://www.media.mit.edu/wearables/lizzy/> (7. 1. 2015.)
- Mathys, R., (2014): Legal Challenges of Wearable Computing, ITechLaw World Conference 2014, New York City, http://www.swlegal.ch/getdoc/5ff2741a-6e1e-4108-99c7-8dc1566f21b2/140731_Roland-Mathys_Paper-Legal-Challenges-of-Wea.aspx (7. 1. 2015.)
- Milgram, P. et al., (1994): "Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum", 282 / SPIE Vol. 2351, Telem manipulator and Telepresence Technologies, http://etclub.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram_Takemura_SPIE1994.pdf (7. 1. 2015.)
- Milgram, P., Colquhoun, H., (2001): "A Taxonomy of Real and Virtual World Display Integration", https://www.researchgate.net/profile/Paul_Milgram/publication/2440732_A_Taxonomy_of_Real_and_Virtual_World_Display_Integration/links/0c96052ade643c2f8a000000.pdf (7. 1. 2015.)
- Robinett, W., (1992): "Synthetic Experience: A Taxonomy, Survey of Earlier Thought, and Speculations on the Future", <http://www.cs.unc.edu/techreports/92-022.pdf> (7. 1. 2015.)
- Starner, T., (2001 a): "The Challenges of Wearable Computing: Part 1", IEEE Micro, vol.21, no. 4, pp. 44-52, 2001, <http://www.cc.gatech.edu/~thad/p/magazine/published-part1.pdf> (7. 1. 2015.)
- Starner, T., (2001 b): "The Challenges of Wearable Computing: Part 2", IEEE Micro, vol.21, no. 4, pp. 54-67, 2001, <http://www.cc.gatech.edu/~thad/p/magazine/published-part2.pdf> (7. 1. 2015.)
- Tappert, C., (2004): "Wearable Computers, The Computer System for Firefighters", PACE University, Seidenberg School of Computer Science and Information Systems, <http://csis.pace.edu/ctappert/dps/d860-11/teampaper-wearables.rtf> (7. 1. 2015.)
- Wearable device market value from 2010 to 2018 (in million U.S. dollars), Statista, 2015., <http://www.statista.com/statistics/259372/wearable-device-market-value> (7. 1. 2015.)

TAXONOMY OF WEARABLE COMPUTERS IN A MIXED REALITY³

ABSTRACT

Although wearable computing is not a new concept, recent developments in that field are boosted by computing advancements in smart mobile devices and miniaturization processes of computer elements. Market tendencies signal its extremely rapid growth, therefore a new theoretical framework is required in order to describe and understand better the wearable computing trends and devices. To determine which classification method fully indicates general regularities of wearable devices, features of ten devices that correspond to the principles of capacity, data processing and contextualisation of the user and his environment are compared and analysed. Classic technical and technological analysis and taxonomic matrix have been tested. The result of the research indicates that the technological analysis is incomplete and that taxonomy, except abstracting the basic features of the device, includes and describes the level of impact on the user experience within a mixed reality.

Key words: *wearable computing, wearable computer, mixed reality, classification, taxonomy*

¹ Bacc. inf., Student. E-mail: kmihelec@veleri.hr

² PhD, Senior Lecturer, Polytechnic of Rijeka, Vukovarska 58, Rijeka, Croatia. E-mail: mkaluza@veleri.hr

³ Received: 23. 2. 2015.; accepted: 10. 4. 2015.

