

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Miha Kavčič

Večuporabniške aplikacije na večdotičnih napravah

DIPLOMSKO DELO NA VISOKOŠOLSKEM STROKOVNEM ŠTUDIJU

Mentor: doc. dr. Matija Marolt

Ljubljana, 2012



Št. naloge: 00225/2012

Datum: 03.04.2012

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **MIHA KAVČIČ**

Naslov: **VEČUPORABNIŠKE APLIKACIJE NA VEČDOTIČNIH NAPRAVAH
MULTI-USER APPLICATIONS ON MULTI-TOUCH DEVICES**

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija prve stopnje

Tematika naloge:

V diplomskem delu raziščite področje večdotičnosti in večuporabništva. Posvetite se problematiki večuporabniških aplikacij in izdelajte koncept in primer tovrstne aplikacije na večdotični mizi. Analizirajte rešitev in izpostavite njene dobre in slabe strani ter podajte načine za izboljšanje.

Mentor:

doc. dr. Matija Marolt

Dekan:

prof. dr. Nikolaj Zimic



IZJAVA O AVTORSTVU

diplomskega dela

Spodaj podpisani Miha Kavčič,

z vpisno številko 63040068,

sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Večuporabniške aplikacije na večdotičnih napravah

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom doc. dr. Matije Marolta
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki »Dela FRI«.

V Ljubljani, dne 14.9.2012

Podpis avtorja:



ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju in as. mag. Cirilu Bohaku za pomoč in nasvete pri pisanju diplomske naloge. Še posebna zahvala gre staršema, ki sta mi omogočila študij in me skozi vsa leta podpirala.

KAZALO VSEBINE

Povzetek	6
Abstract.....	7
1 Uvod.....	8
2 Večdotičnost in večuporabništvo	9
2.1 Zgodovina	9
2.2 Večuporabništvo: zakaj in kako.....	13
2.2.1 DiamondTouch	14
2.2.2 Miza Medusa	15
2.2.3 ShakeID	16
3 Večdotična miza in razvojno okolje.....	19
3.1 Večdotična miza	19
3.2 MT4j	19
4 Večuporabniški Slikar	23
4.1 Risalno okolje	24
4.2 Primer uporabe programa	25
5 Sklepne ugotovitve.....	30
6 Viri	31

KAZALO SLIK

Slika 1 DiamondTouch.....	14
Slika 2 Medusa s prikazom razporeditve senzorjev	15
Slika 3 Microsoftov poskus prepoznave uporabnikov	16
Slika 4 Gesta stisni	17
Slika 5 Gesta dotik.....	21
Slika 6 Gesta povleci	21
Slika 7 Gesta zasukaj.....	22
Slika 8 Gesta razširi.....	22
Slika 9 Risalno okolje; 1 – glavna elipsa, 2 – risalno polje uporabnika, 3 – območje prilagajanja velikosti risalnega polja, 4 – prikaz menija orodja, 5 – orodja.....	24
Slika 10 Meni Orodja	24
Slika 11 Kreiranje novega uporabnika	25
Slika 12 Opozorilo ob maksimalnem številu uporabnikov	26
Slika 13 Primer risanja v presečišču dveh elips	27
Slika 14 Povečanje elipse (uporaba + in -).....	28
Slika 15 Povečanje celotne delovne površine z gesto razširi	28
Slika 16 Uporaba orodja radirka.....	29

Povzetek

V diplomskem delu je bila raziskana zgodovina večdotičnosti in večuporabništva. Večdotičnost je tehnologija, ki omogoča prepoznavanje več hkratnih dotikov na zaslonu. Večuporabništvo, v povezavi z večdotičnimi napravami, označuje možnost upravljanja teh naprav več uporabnikom hkrati in obenem razlikovanje med njimi. Ena izmed možnih programskih rešitev je bila implementirana v programu Večuporabniški Slikar, ki omogoča različnim uporabnikom hkratni dostop do risalne površine. Obenem ima vsak uporabnik na razpolago svoja risalna orodja. Za pogon aplikacije je bila uporabljena že obstoječa večdotična miza na FRI (izdelava s strani raziskovalcev Cirila Bohaka in Luke Čehovina). Do prave, konkretne rešitve s pomočjo programske opreme ni bilo mogoče priti. Teoretične rešitve obstajajo, vendar so izven dosega diplomskega dela, realiziral jih do danes ni še nihče.

Ključne besede:

Večdotičnost, večuporabništvo, MT4j, večdotična miza

Abstract

The content of this thesis is a process of finding a solution for improvement of multi-touch multi-user technology. Technology which allows and recognizes multiple taps on a screen is called multi-touch. As an addition, multi-user means that multiple users can use a multi-touch device independently at the same time. One of many solutions was implemented in Večuporabniški Slikar, a programme we developed. The programme is a multi-user experience, as it allows more users to work with it simultaneously. Each user also has his own drawing tools. For the programme's use there is an already functional multi-touch table at Faculty of Computer and Information Science. With using software only we could not find any real solutions. Until today only theoretical solutions for development and improvement of multi-touch multi-user technology exist.

Key words:

Multi-touch, multi-user, MT4j, multi-touch table

1 Uvod

V današnjem času se vsak dan srečujemo z večdotičnimi napravami. Sama tehnologija je stara že več kot 30 let. Prve so sicer omogočale le en istočasen dotik, vendar so se kmalu pojavile naprave, ki so podpirale več hkratnih dotikov. Večdotična tehnologija se je skozi leta vztrajno razvijala in že kmalu po prvih zametkih leta 1982 predvidela večino stvari, ki jih ponujajo današnje večdotične naprave. Kot veliko drugih zadev, je bila tudi večdotična tehnologija takrat mnogo pred svojim časom. Največja prepoznavnost in množična uporaba te tehnologije se je zgodila šele leta 2007, ko je Apple predstavil prvo verzijo večdotičnega mobilnega telefona iPhone. Istega leta je Microsoft predstavil večdotično mizo Microsoft Surface.

Glede na to, da se danes večdotična tehnologija že množično uporablja ter je tehnološko bolj dostopna, smo se pri izdelavi diplomske naloge osredotočili na večuporabniško izkušnjo pri uporabi večdotične tehnologije.

Pri tem smo raziskali že obstoječe tehnologije in naprave, način, kako lahko na neki večdotični napravi (zaradi velikosti smo se osredotočili na večdotično mizo) omogočimo uporabo nekega programa več uporabnikom hkrati, ter pri tem razlikujemo kdo kaj uporablja. Eno izmed možnih rešitev ločevanja uporabnikov smo tudi implementirali v programu Večuporabniški Slikar, ki omogoča vsakemu uporabniku, da npr. uporablja svoj "čopič" ter riše s svojo barvo.

Ker živimo v svetu, v katerem nas večdotična tehnologija spremlja na vsakem koraku in bo v prihodnje še veliko bolj razširjena, smo začeli razmišljati o tem, kako jo čim bolj izrabiti. Včasih pride do situacij, kjer bi bilo zaželeno povezati posamezen dotik s posameznim uporabnikom. S tem bi delu dodali osebno noto, ki je v času napredovanja tehnologije in vedno bolj pogoste neosebne, računalniške komunikacije, čedalje bolj potrebna. Z razmišljanjem o možnostih razvoja tehnologije smo prišli do ideje, da bi področje raziskali in našli kakšno rešitev, ki bi bila v pomoč pri samem razvoju tehnologije. Dodatna motivacija za delo na tem področju je že narejena večdotična miza na Fakulteti za računalništvo in informatiko, saj lahko možne rešitve na njej tudi preizkusimo.

2 Večdotičnost in večuporabništvo

Pri večdotičnosti govorimo o tehnologiji, ki omogoča prepoznavo več hkratnih dotikov na zaslonu. Še nekaj let nazaj so večdotične naprave omogočale uporabo od dveh do nekaj deset dotikov hkrati, v današnjem času pa imamo naprave, ki nam omogočajo praktično neomejeno število hkratnih dotikov.

Večuporabništvo – termin se največkrat uporablja za operacijski sistem ali program, ki omogoča uporabo večim uporabnikom hkrati. Pri tem uporabniki praviloma uporabljajo vsak svoj računalnik in se na računalnik, ki omogoča večuporabništvo, samo povežejo. Pri uporabi večdotičnih naprav večuporabništvo označuje možnost upravljanja iste naprave večim uporabnikom hkrati.

2.1 Zgodovina

Večdotična tehnologija sicer obstaja že 30 let, vendar je pravo prepoznavnost in uporabnost dosegla šele v zadnjih letih. Pomembni mejniki [2] večdotične tehnologije, ki je pogoj za razvoj večuporabniških aplikacij na večdotičnih napravah so:

- 1982 V začetku leta 1982 je Nimish Mehta z Univerze v Torontu razvil prvi večdotični zaslon, ki je deloval na pritisk prstov. Šlo je za ploščo iz mlečnega stekla, ki je s pomočjo kamere pod njo prepoznala dotike prstov kot črne pike na sicer beli površini. Velikost črnih točk je bila odvisna od moči dotika s prstom.
- 1983 Myron Krueger je razvil na videu temelječ sistem za prepoznavanje kretenj, ki je omogočal uporabo več prstov, rok in kretenj ter sodelovanje večih uporabnikov. Sistem je že omogočal bogat nabor gest ter bil implementiran kot miza in stena. To je bil prvi sistem, ki je omogočal večuporabniško izkušnjo.
- 1984 V Bell Labs so razvili prvi večdotični zaslon. CRT monitor je prekrivala plast kapacitivnih senzorjev, ki so omogočali manipulacijo grafičnih objektov z odličnim reakcijskim časom.
- 1985 Na Univerzi v Torontu so razvili prvi večdotični tablični računalnik (bolje rečeno ploščo), ki je omogočal zaznavo poljubnega števila hkratnih dotikov. Zaznal je tako mesto kot tudi moč pritiska za vsak posamezen dotik. Namesto optičnega zaznavanja s kamerami so za prepoznavanje dotikov uporabili kondenzacijo.
- 1985 Paul McAvinney je razvil napravo "Sensor Frame", ki je podpirala do tri hkratne dotike. Naprava je uporabljala optične senzorje, nameščene na kotih okvirja zaslona.

- 1991 Začele so se prve razprave o "dvosmernih" LCD zaslonih, ki bi hkrati predstavljali tudi vhodne naprave (Xerox PARC).
- Pierre Wallner je predstavil svojo večdotično napravo, ki je podpirala uporabo več prstov.
- 1992 Predstavljena je bila kombinirana tipkovnica z vgrajeno večdotično tablico. Uporabnik je tipkovnico obrnil, in s pomočjo tablice, ki je bila vgrajena v spodnjo stran tipkovnice, računalnik upravljal z različnimi kretnjami.
- IBM in Bell South so izdali prvi pametni telefon (Simon), občutljiv na dotik – zaznaval je le en dotik hkrati.
- Podjetje Wacom je predstavilo prvo serijo digitalnih tablic, ki so zaznavale več točk dotika hkrati. Prepoznale so mesto in moč dotika pisala ter sočasno tudi položaj miški podobne ploščice.
- 1994-2002 Razvitih je bilo več inovativnih tehnik za večtočkovni/večročni vhod za manipulacijo grafičnih in drugih vizualno predstavljenih objektov (Bimanual Research - Alias | Wavefront, Toronto).
- 1995/1997 Na univerzi v Torontu so razvili "Active Desk", aktivno mizo s sistemom vzvratne projekcije. Glavna manipulacija se je izvajala s posebnim pisalom, kamera nad mizo pa je spremljala položaj druge roke (tudi kot med palcem in kazalcem) ter tako omogočala dodatno manipulacijo.
- 1998 Podjetje Fingerworks je predstavilo tablični računalnik in programsko opremo za prepoznavanje večtočkovnih in večprstnih kretenj. Podjetje se je leta 2005 združilo s podjetjem Apple Computer, kjer sta se zaposlila ustanovitelja podjetja Fingerworks.
- 2001 Predstavljena je bila naprava DiamondTouch podjetja Mitsubishi Research Labs. To je bila prva prava večdotična večuporabniška naprava. Prepoznavala je dotike različnih oseb ter lokacijo in moč dotika. Več o tej napravi je zapisanega v nadaljevanju.
- 2002 V laboratoriju Jun Rekimoto Sony Computer Science Laboratories v Tokiu so razvili "SmartSkin" - arhitekturo za izdelavo interaktivnih površin, ki so občutljive na kretnje rok in prstov. Senzor istočasno prepozna več položajev rok in njihove oblike, tako da računa razdalje med rokami in površino (uporabniki so kretnje izvajali nad interaktivno površino).
- 2003 V podjetju JazzMutant so predstavili prvi komercialni večdotični zaslon, ki je bil leta 2004 vgrajen v glasbeno mešalno mizo "Lemur".

- 2004 Microsoft Research je predstavil "TouchLight", zaslon na dotik, ki uporablja ozadno projekcijo in prepoznava več dotikov prstov in rok ter ga lahko uporablja več uporabnikov.
- 2005 Microsoft Research je predstavil "PlayAnywhere". To je interaktivni sistem, ki uporablja ospredno projekcijo in vizualno prepoznavanje dotikov. Dotike prstov in rok določa na podlagi senc. Sistem prav tako prepozna predmete na podlagi preprostih črtnih kod. Poleg tega lahko prepozna tudi specifične predmete – npr. papir, mobilni telefon) in na podlagi tega omogoča dodatne funkcije (glede na izbran predmet).
- Jeff Han iz Univerze v New Yorku je predstavil večdotično mizo, delujočo na sistemu vzvratne projekcije. Leta 2006 je ustanovil podjetje Perceptive Pixel in tam nadaljeval z razvojem večdotičnih sistemov.
- V podjetju Tactiva so predstavili TactaPad, napravo, ki prepozna sence rok in jih prikaže na zaslonu. Zaznava več rok in dotikov hkrati.
- Toshiba je predstavila in prikazala LCD zaslon, ki dotik prsta prepozna kot senco na zaslonu.
- 2006 Podjetje Plastic Logic je predstavilo večdotični bralnik (e-reader).
- Podjetji Synaptics in Pilotfish sta predstavili Onyx, večdotični mobilni telefon, ki je zaznaval različno velike dotike.
- 2007 Apple Inc. je predstavil iPhone, večdotični mobilni telefon, ki uporablja kapacitivni zaslon na dotik. Vsi njegovi nasledniki (trenutno najnovejši iPhone 4s) ter večina ostalih današnjih mobilnih telefonov je narejenih na podoben način.
- Microsoft je predstavil Microsoft Surface, interaktivno večdotično mizo. Za prikazovanje slike uporablja vzvratno projekcijo, vhod pa zaznava vizualno preko več kamer, ki spremljajo površino.
- Microsoft Research Cambridge predstavi ThinSight tehnologijo, ki običajne LCD zaslone pretvori v večdotične zaslone. Prepoznava tako dotike kot predmete.
- 2008 N-trig je predstavil tehnologijo DuoSense, večdotični senzor, ki simultano prepoznava dotike prstov in pisala.

Microsoft je predstavil Touch Wall, strojno tehnologijo, ki ustvari večdotično tablo. Uporablja infrardeče laserje, infrardečo kamero in projektor, ki katerokoli ravno površino spremenijo v večdotični vmesnik.

K.C. Dohse in ostali so združili večdotično mizo s kamero nad njo, ter s pomočjo različne barve kože ločevali uporabnike [3].

2011 M. Annett, T. Grossman, D. Wigdor in G. Fitzmaurice so predstavili večdotično mizo Medusa [1] – gre za Microsoft Surface z dodanimi senzorji bližine, ki omogoča ločevanje uporabnikov.

Microsoft je predstavil Surface 2.0. Gre za samo 10 cm debelo mizo, ki namesto vzvratne projekcije uporablja LCD tehnologijo.

2012 Microsoft je predstavil ShakeID [6], tehnologijo, ki za prepoznavo uporabnikov povezuje večdotični zaslon, kamero Kinect in mobilni telefon uporabnika.

2.2 Večuporabništvo: zakaj in kako

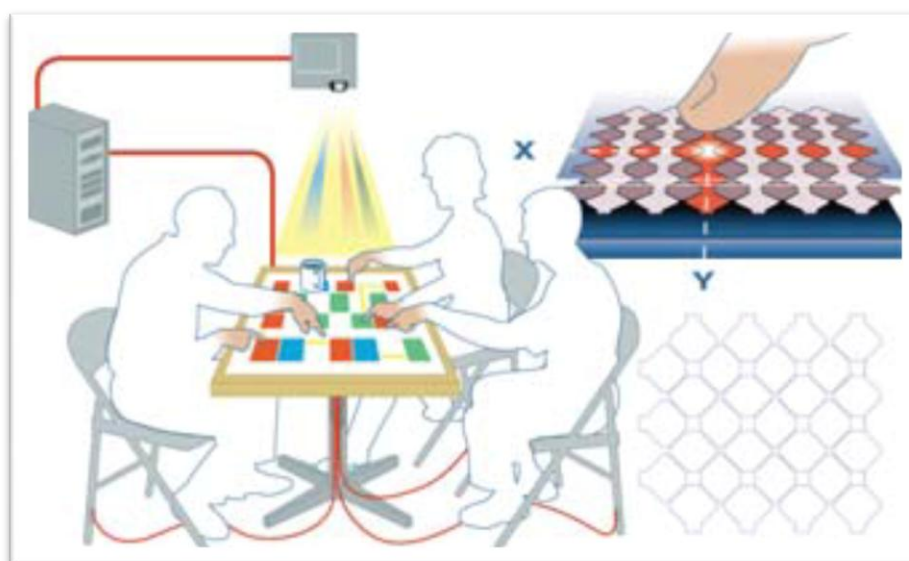
V poplavi današnjih večdotičnih naprav smo začeli razmišljati, kako bi lahko to tehnologijo koristneje uporabili ter omogočili ločevanje uporabnikov med seboj. Začeli smo s pregledom področja, se poglobili v to, kar je do sedaj bilo že narejeno, ter na podlagi tega začeli razmišljati, kaj bi bilo še možno narediti. Že takoj na začetku smo naleteli na prvi izziv, in sicer ugotoviti, kaj pojmuje pod večuporabništvo, saj najdemo zelo različne definicije tega termina. Izraz večdotičnost se največkrat uporablja za naprave, ki podpirajo več dotikov hkrati. Kako pa je z večuporabništvom? Na svetovnem spletu najdemo veliko izdelkov, za katere proizvajalci ter razvijalci trdijo, da so večuporabniški. Tako na primer v verigi lokalov HardRock Caffè najdemo večdotične mize in celo večdotične stene, vendar le-te niso večuporabniške. Večuporabništvo je le marketinški trik, kar ugotovimo po ogledu videoposnetka z naslovom "Hard Rock Cafe Multi-Touch, Multi-user wall, Las Vegas" [8]. Iz videoposnetka razberemo, da gre za veliko večdotično steno, ki jo lahko naenkrat uporablja največ 6 uporabnikov, vendar ne opazimo nobenih elementov večuporabništva (ločevanje med uporabniki ter izvajanje akcij na podlagi tega) – gre za primer, ko lahko uporabniki mizo uporabljajo na način hkratnega dostopa do podatkov (pregledovanje zgodovine, glasbe, izvajalcev, fotografij,...). Podobno opazimo tudi pri drugih podjetjih. Kot drug primer si oglejmo proizvajalca večdotičnih miz Ideum. Ta v predstavitvene namene prireja interaktivne razstave, na katerih prikaže delovanje svojih naprav. Na primer, razstava "L.A. Zone" v centru znanosti v Kaliforniji (California Science Centre) nas pritegne z naslovom "L.A. Zone Multitouch, Multiuser Table« [7], kjer spet zasledimo besedo "večuporabništvo". Razstava prikazuje interaktivni zemljevid Los Angelesa. Tudi tukaj ugotovimo, da gre samo za to, da več uporabnikov hkrati uporablja mizo, ni pa elementov večuporabništva. Opisana primera sta le dva izmed množice, ki jih najdemo na spletu.

Pogosto opazimo tudi dodatek estetske programske opreme, ki omogoča rotiranje elementov, tako da lahko uporabniki pristopijo k mizi z različnih strani, ter imajo zelene elemente obrnjene k sebi. Tudi za to proizvajalci trdijo, da je pravo večuporabništvo.

Oglaševanje takšnih naprav kot večuporabniške jemljemo za zavajanje; s tem se vračamo k vprašanju, kaj sploh pojmuje pod izrazom "večuporabništvo". Po širšem pregledu področja ugotovimo, da se izraz večuporabništvo največkrat nanaša na večdotične naprave, ki omogočajo hkraten dostop večim uporabnikom, ne pa tudi ločevanja med njimi. V našem primeru pa je večuporabništvo ločevanje med uporabniki ter razlikovanje med njimi, kar za zgoraj našete primere ne velja. Tako proizvajalci že s pojmom "večdotičnost" privzamejo, da so njihove naprave tudi večuporabniške, saj ne preprečujejo tega, da bi z napravo upravljalo več ljudi. Na podlagi tega so tudi oglaševane kot večuporabniške; v našem diplomskem delu to ne velja.

2.2.1 DiamondTouch

Prva prava večdotična večuporabniška naprava je bila predstavljena skoraj 20 let po pojavu večdotične tehnologije. Leta 2001 so raziskovalci raziskovalnega laboratorija Mitsubishi Electric Research Laboratories (MERL) [9] razvili DiamondTouch [10]. To je prva in zaenkrat tudi edina miza, ki omogoča zanesljivo prepoznavanje uporabnikov. Deluje preko električnih signalov na mizi, podobno kot sledilna ploščica pri prenosnikih ter mnogih mobilnih telefonih. Sama površina je sestavljena iz polja "anten", ki oddajajo šibek električni signal. Ko se uporabnik dotakne površine na mizi, prenese signal večih "anten" preko uporabnika do sprejemnika, ki je povezan z uporabnikovim stolom. Ker ima vsak uporabnik svoj sprejemnik, računalnik prepozna natančno lokacijo dotika ter kateremu uporabniku dotik pripada. Na tak način dobimo dejansko večdotično mizo, ki omogoča pravo večuporabniško delo.

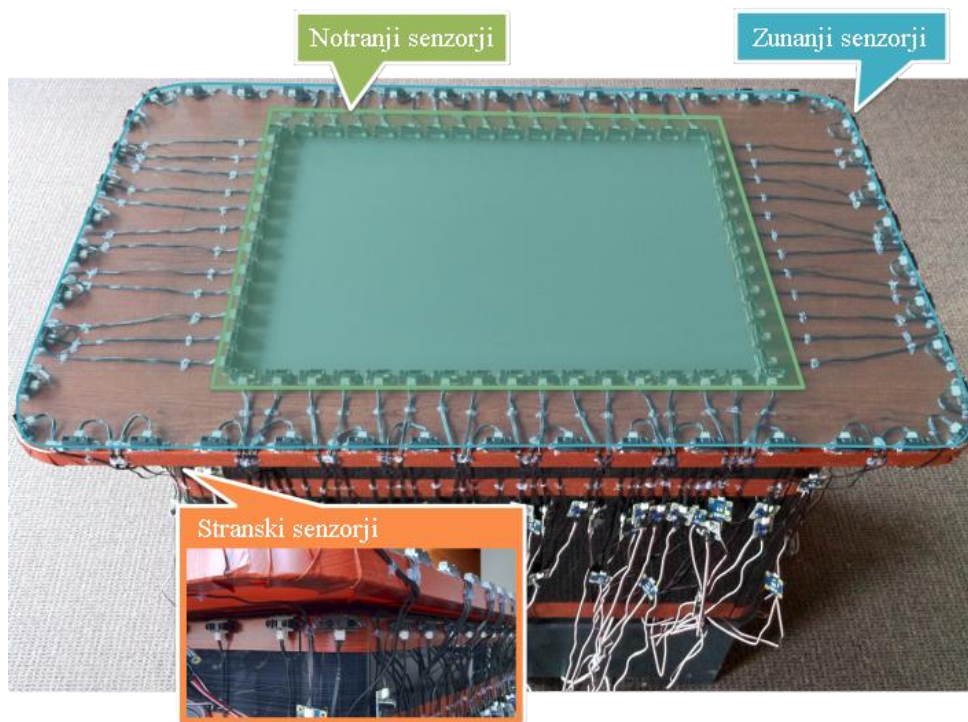


Slika 1 DiamondTouch (<http://www.circltwelve.com/circle12/images/file/DTflier-web.pdf>)

DiamondTouch torej izkorišča strojno pomoč pri ugotavljanju, kateri dotik pripada kateremu uporabniku. Slabost naprave je, da je miza namenjena samo prepoznavanju lokacije dotikov in je za prikaz slike potreben še projektor. Ker je projektor nameščen nad mizo, se pojavi težava senc, saj uporabniki s svojim telesom zakrivajo sliko, ki je projicirana na mizo. Težava je tudi v tem, da mora uporabnik sedeti na stolu, ki je povezan s sprejemnikom. Tako takšne mize ne moremo uporabiti kjerkoli, saj je s samo postavitvijo povezana tudi postavev projektorja ter stolov s sprejemniki.

2.2.2 Miza Medusa

Gre za večdotično mizo Microsoft Surface, ki je opremljena s 138 senzorji bližine. Le-ti so razporejeni okoli ekrana (58 senzorjev) ter ob robu mize (46 senzorjev) v obliki kroga, 34 senzorjev pa je nameščenih pod rob mize.



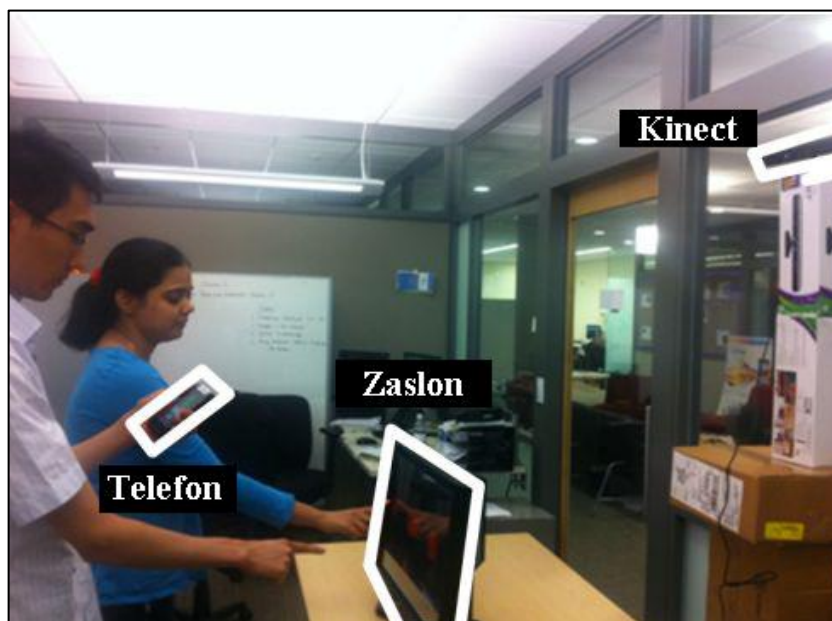
Slika 2 Medusa s prikazom razporeditve senzorjev (<http://www.dgp.toronto.edu/~dwigdor/research/MedusaFinalVersion.pdf>)

Medusa [1] s pomočjo senzorjev zelo dobro prepoznava uporabnike. Ko se uporabnik približa mizi, ga prepozna, prav tako njegovo levo/desno roko. Vkolikor se uporabnik premakne na drugo stran mize, se prilagodi tudi orientiranost zaslona. Ker senzorji zaznavajo bližino tudi, ko se površine ne dotikamo, imamo na voljo paleto drugih možnosti, ki jih lahko izkoristimo za interakcijo z uporabnikom. Kot primer naj navedemo programsko opremo, ki ponuja različne možnosti glede na uporabo roke – če se uporabnik zaslonu približa z levo roko, mu na primer ponudi odprtje novega okna, če se približa z desno, na primer zaprtje okna. Prepozna tudi približen kot, pod katerim se roka nad mizo nahaja. Z vidika večuporabništva tako Medusa ponuja zelo dobro rešitev, ki nakazuje še eno smer razvoja večdotične večuporabniške tehnologije.

Tudi pri Medusi je nekaj omejitev; vkolikor se dva uporabnika približata površini ekrana nad isto točko, lahko sistem napačno interpretira, kateremu uporabniku dotik pripada. Ko uporabnika stojita blizu, lahko sistem napačno zazna na primer, ali je uporabljena roka desna roka leve osebe ali leva roka desne osebe.

2.2.3 ShakeID

Microsoft je objavil članek, v katerem opisuje poskus realizacije prepoznavne uporabnikov. Povezali so večdotični zaslon, kamero Microsoft Kinect in mobilni telefon z vgrajenim senzorjem gibanja. Predstavili so ShakeID [6], tehniko, ki poveže določen dotik na večdotičnem zaslonu z mobilnim telefonom, ki ga uporabnik drži v roki. Vse tri naprave so povezane z računalnikom. ShakeID primerja gibanje, zaznano s senzorji mobilnega telefona, z gibanjem, posnetim z kamero Microsoft Kinect; le-ta je usmerjena v uporabnika, ki stoji pred večdotičnim zaslonom.



Slika 3 Microsoftov poskus prepoznavne uporabnikov (<http://research.microsoft.com/pubs/162080/ShakeIDchi12.pdf>)

Na ta način lahko ločimo uporabnike na podlagi predpostavke, da ima vsak uporabnik svoj telefon. Prijava uporabnika bi potekala tako, da bi stopil pred večdotični zaslon, ko pa bi bil izven vidnega polja, bi se izvršila avtomatska odjava. Čeprav je Microsoftov ShakeID zanimiva rešitev prepoznavne uporabnikov, je šele v začetni fazi razvoja, kar pomeni, da ima še veliko pomanjkljivosti. Trenutno sistem dopušča le dva uporabnika hkrati. Težava je tudi v tem, da se močno poveča nenatančnost, če se uporabnik s telefonom v roki premakne iz vidnega polja kamere Kinect (ta ima omejen doseg 0,8 – 4 m). Največjo težavo predstavlja možnost uporabe le ene roke; roka, v kateri uporabnik drži mobilni telefon, je namreč neuporabna, iz česar sledi neuporabnost marsikaterih aplikacij na večdotičnem zaslonu. Do napačne prepoznavne uporabnikov pogosto pride takrat, ko uporabnika stojita preblizu eden drugemu.

Kljub pomanjkljivostim je to ena izmed rešitev, ki bi z izboljšanjem lahko prinesla rešitev večdotične večuporabniške tehnologije.

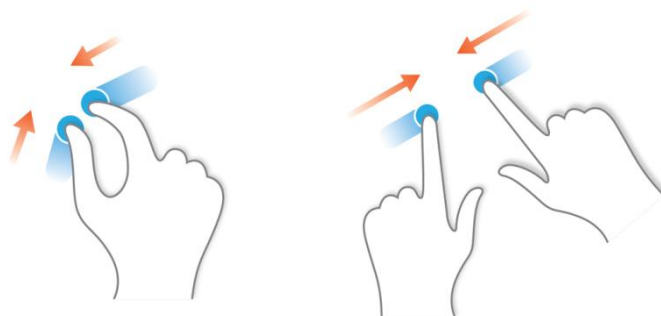
Sami smo v diplomskem delu zaradi visokih stroškov ter tehničnih omejitev opustili misel na strojno izvedbo boljše večdotične večuporabniške mize, ter se osredotočili na programsko rešitev. Poskušali smo doseči, da bi lahko aplikacijo, ki je namenjena večuporabniški izkušnji, pognali na skoraj katerikoli večdotični napravi z dovolj veliko površino. Uporabili smo večdotično mizo, ki je bila že narejena s strani dveh raziskovalcev s Fakultete za računalništvo in informatiko, Cirila Bohaka in Luke Čehovina, ter tako iskali programsko rešitev, ki bi nam omogočila večuporabniško izkušnjo.

Pri iskanju programskih rešitev smo prišli do naslednjih možnih načinov prepoznavanja uporabnikov:

1. Uporabnike ločimo na podlagi dodeljevanja površine (uporabnika omejimo samo na del delovne površine, česar se mora tudi držati):
 - a) samodejna dodelitev prostora,
 - b) začetna dodelitev po načelu "vsak uporabnik zajame en kos" - možnost naknadnega razporejanja prostora.

2. Vsi uporabniki uporabljajo celotno površino:
 - a) razlikovanje na podlagi gest,
 - b) razlikovanje glede na oddaljenost dotikov (sklepamo, da dotiki, ki so dovolj skupaj, pripadajo isti roki iste osebe),
 - c) razlikovanje glede na postavitev, površino in moč dotikov.

Po temeljitem razmisleku smo prišli do ugotovitve, da sistema, ki bi samo programsko prepoznaval uporabnike po načinu iz 2. točke, ni mogoče realizirati. Za primer vzamimo samo gesto stisni (premik dveh prstov skupaj za npr. pomanjšanje slike): ugotovimo, da je nemogoče zaznati že to, ali uporabnik uporablja dva prsta iste roke ali po en prst vsake roke (slika spodaj), kaj šele, ali je uporabnik eden ali sta dva.



Slika 4 Gesta stisni (<http://en.wikipedia.org/wiki/Multi-touch>)

Tako se že pri preprostih zadevah zatakne pri iskanju programske rešitve za pravo večdotično večuporabniško uporabo brez strojne pomoči. Pri analizi možnosti iz točke 2.c) pridemo do težave, saj bi že v osnovi potrebovali mizo, ki bi nam podajala informacije glede postavitev, površine in moči dotika.

Po trenutnih zmožnostih smo se osredotočili na iskanje rešitve, kjer bi uporabnik vzel en "kos" zaslona ter potem to površino upravljal neodvisno od drugih uporabnikov; jo premikal, večal, manjšal...

Razvili smo program Večuporabniški Slikar, ki demonstrira uporabo večuporabništva. Program je podrobneje opisan v nadaljevanju.

3 Večdotična miza in razvojno okolje

3.1 Večdotična miza

Program poganjamo na večdotični mizi [11], ki se nahaja na Fakulteti za računalništvo in informatiko. Gre za neke vrste domačo izvedbo večdotične mize. Tega projekta sta se lotila takratna študenta Fakultete za računalništvo in informatiko, Luka Čehovin in Ciril Bohak.

Miza uporablja FTIR tehnologijo [4], ki jo je leta 2005 predstavil Jeff Han, ter vzvratno projekcijo za prikaz slike.

V lesenem ogrodju mize se nahajajo računalnik, projektor (ta preko zrcala prikazuje sliko na površino) in IR kamera, ki zaznava dotike površine. V okvir površine, na katero se prikazuje slika, in se jo uporablja za zaznavanje dotikov, je nameščenih 80 IR diod, ki oddajajo infrardečo svetlobo. Ko se uporabnik s prstom dotakne površine, se svetloba prekine, kar zazna IR kamera, nameščena v večdotični mizi. Na ta način poteka zaznavanje vseh dotikov na površini.

Na računalniku v večdotični mizi je nameščena tudi programska oprema MT4j, ki jo uporabljamo za razvoj našega programa – Večuporabniški Slikar.

Pri razvoju aplikacije smo uporabljali razvojno okolje Eclipse za razvijalce Java, verzijo Helios. Gre za razvojno okolje, ki ga lahko uporabljamo na različnih operacijskih sistemih, kot tudi različnih arhitekturah računalniških sistemov (32-bit, 64-bit). Pred namestitvijo programa Eclipse smo namestili tudi Javansko knjižnico (JDK6), po namestitvi Eclipse pa je sledil še uvoz projekta MT4j v obstoječe delovno okolje. S tem smo pripravili potrebno okolje za razvoj programa Večuporabniški Slikar.

3.2 MT4j

MT4j [12] – MultiTouch for Java – je odprtokodno javansko ogrodje, ustvarjeno za hiter razvoj vizualno bogatih aplikacij. Podpira različne vrste vhodnih naprav, s posebnim poudarkom na večdotičnosti. MT4j je izdan pod licenco GPL¹.

Glavne lastnosti MT4j:

- uporabno je za 2D in 3D aplikacije,
- podpira različne platforme: Windows 7, Vista, XP, Ubuntu Linux, Mac OSX ter Android,
- podpira TUIO protokol,
- ima prilagodljiv sistem gest, z možnostjo definiranja lastnih gest,
- najbolj pogoste geste so že vključene ter jih lahko uporabimo na katerikoli komponenti,
- vključenih je veliko grafičnih objektov (pravokotniki, elipse, črte...) in vgrajenih UI komponent (gumbi, besedilo, sezname...),
- podpira vektorsko grafiko,
- idr.

¹ <http://www.mt4j.org/mediawiki/index.php/Licence>

Za uporabo MT4j smo se odločili, ker je že v osnovi namenjeno razvoju aplikacij s podporo večdotičnosti. Velika prednost je v tem, da nam omogoča sprotno testiranje tudi na napravi, ki ne podpira več hkratnih dotikov. Na računalniku lahko tako simuliramo več hkratnih dotikov s tem, da nanj priklopimo več mišk, pri čemer vsaka miška ponazarja en dotik. To nam pride prav ravno v fazi razvoja, ko ne moremo vedno testirati/razvijati večdotični mizi.

Ker večdotična miza, na kateri poganjamo program Večuporabniški Slikar, ravno tako poganja MT4j, je bil sam prenos programa na mizo možen brez dodatnih zapletov; tako je tudi samo testiranje potekalo brez večjih težav.

Ker so pri MT4j že opravljena prva testiranja tudi na Android sistemu, lahko računamo na to, da bodo aplikacije, narejene v tem okolju, lahko v prihodnosti brez težav poganjale vse novejša naprave z operacijskim sistemom Android.

Pri razvoju sta nam prav prišla tudi že implementirana razreda "MTImageButton" in "MTColorPicker".

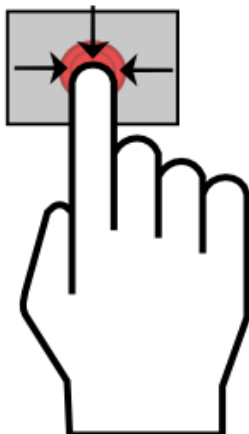
MTImageButton je razred, ki nam olajša delo z gumbi. Tako za določen gumb samo definiramo sliko gumba, ga postavimo na določeno pozicijo, dodamo "poslušalca gest", ter definiramo, kaj se ob določeni akciji zgodi

MTColorPicker je razred, ki ga uporabljamo za izbiro barve čopiča. Uporaba je preprosta, podobna MTImageButton. Kot sliko določimo barvno lestvico, na podlagi katere se izbere barva, ki se je uporabnik dotakne.

V MT4j vsak nov element dodamo na način "starš-otrok". Tako imamo vse elemente hierarhično urejene, kar nam omogoča lažje pozicioniranje elementov. Posamezen element lahko postavimo relativno glede na starša ali pa mu določimo globalno pozicijo.

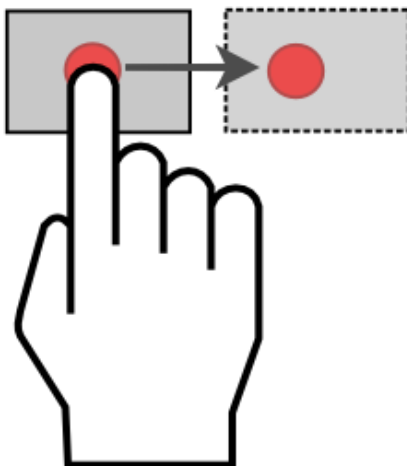
Geste, ki jih uporabljamo tudi v programu Večuporabniški Slikar:

Dotik (ang. Tap) – pri dotiku objekta je akcija enaka kliku z miško. Pri tem lahko določimo različne akcije, ki se zgodijo, ko se uporabnik dotakne objekta in ko odmakne prst z objekta.



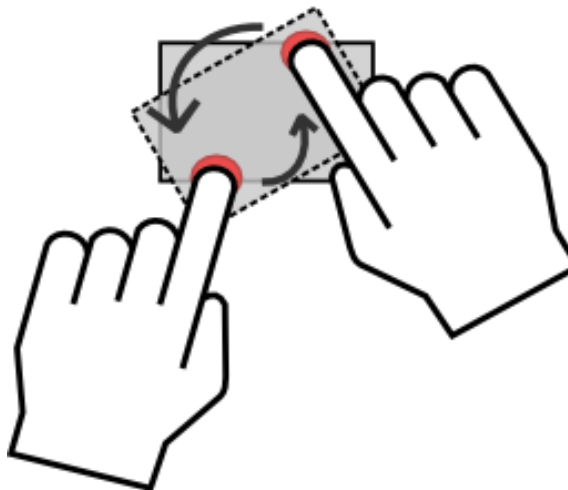
Slika 5 Gesta dotik (http://www.mt4j.org/mediawiki/index.php/Multitouch_gestures)

Povleci (Drag) – z gesto povleci premikamo objekte po površini. Ko se dotaknemo objekta, ga lahko poljubno premikamo po površini, dokler ga z odmikom prsta ne spustimo.



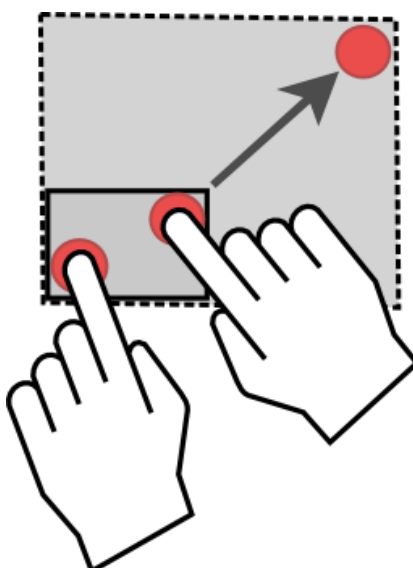
Slika 6 Gesta povleci (http://www.mt4j.org/mediawiki/index.php/Multitouch_gestures)

Zasukaj (Rotate) – gesta zasukaj deluje tako, da se istega objekta dotaknemo z dvema prstoma ter ju premikamo v smeri urinega kazalca ter v nasprotni smeri. Uporabnik se sam odloči, ali za to gesto uporabi eno ali obe roki.



Slika 7 Gesta zasukaj (http://www.mt4j.org/mediawiki/index.php/Multitouch_gestures)

Razširi (Spread) – Ko se objekta dotaknemo z dvema prstoma, ter ju oddaljimo, se objekt poveča. V MT4j ogrodju lahko gesti razširi in zasukaj uporabljamo sočasno.



Slika 8 Gesta razširi (http://www.mt4j.org/mediawiki/index.php/Multitouch_gestures)

Gesta stisni (Pinch) je obratna gesti razširi. Namesto narazen, ob hkratnem prijemu dveh točk potegnemo prsta skupaj.

4 Večuporabniški Slikar

V okviru diplomske naloge smo hoteli ustvariti ter prikazati uporabo prave večdotične večuporabniške aplikacije. Tako smo izdelali večdotično večuporabniško aplikacijo Večuporabniški Slikar. Aplikacija omogoča uporabnikom risanje na risalni površini, neodvisno drug od drugega. Vsak uporabnik na začetku z dotikom kreira risalno površino, ki jo po potrebi veča ali manjša ter premika po celotni mizi. Tako lahko več uporabnikov hkrati uporablja vsak svoj risalni čopič, z različno barvo in debelino črte. Vsak uporabnik lahko tudi razveljavi svojo zadnjo potezo ali pobriše celotno svojo risalno površino.

Pri izdelavi Večuporabniškega Slikarja smo sprogramirali tri razrede (StartVUSlikar, VUSlikarScene, VUSlikarCursorTracer) in prilagodili že spisan razred DrawLinesCanvas, ki ga je spisal Cirik Bohak.

StartVUSlikar je razred, s katerim zaženemo MT aplikacijo. Z osnovnim razredom VUSlikarScene določimo barvo ozadja ter registriramo vhodne procese. VUSlikarCursorTracer pa je glavni razred, ki nadzoruje obnašanje celotne aplikacije. V tem razredu smo imeli največ dela. Na začetku se definira maksimalno število uporabnikov, na podlagi česar so kreirani ostali elementi – pri vsakem elementu ima vsak uporabnik svoj ID, da se med njimi loči.

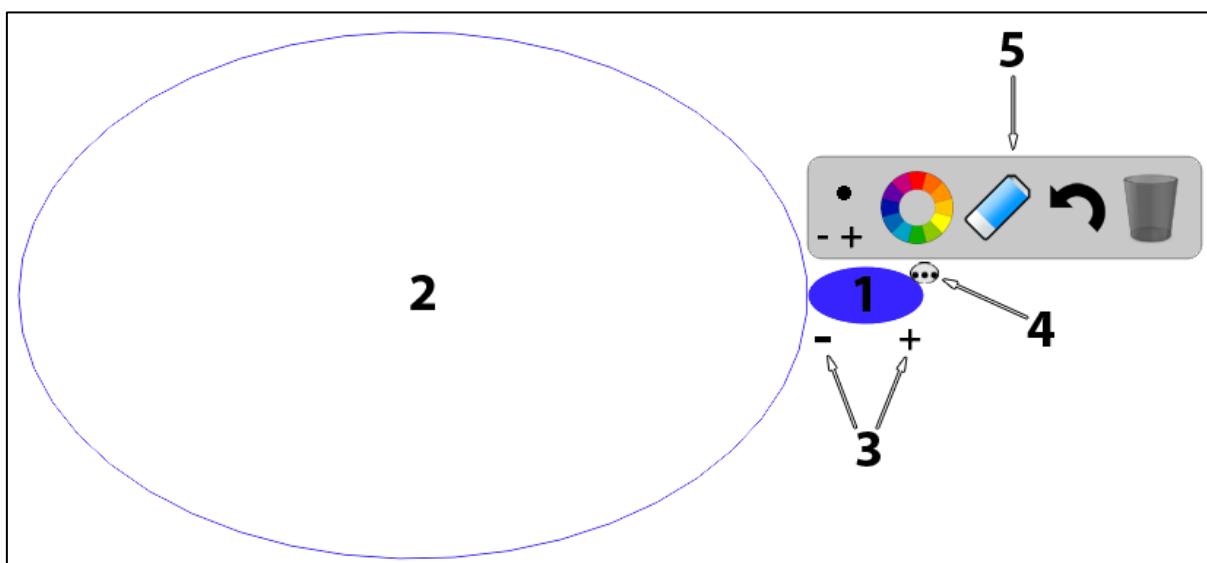
MT4j ima vgrajeno zelo dobro podporo za branje vhoda, kar smo izkoriščali pri izdelavi, vendar smo kljub temu pri razvoju naleteli tudi na težave. Za razliko od na primer Android OS [5], kjer ima vsak dotik svoj ID, smo morali sami poskrbeti za bazo aktivnih dotikov.

Na začetku smo se ločevanja uporabnikov lotili z razlikovanjem glede na dotike. Ker MT4j ne podpira spremljanja aktivnih dotikov, smo morali to opcijo opustiti. Spisali smo svojo kodo, ki beleži število aktivnih dotikov ter njihovo lokacijo. Na podlagi tega smo lahko za vsak nov dotik ugotavljali, ali je v bližini še kakšen drug. Sama ideja je bila, da bi na podlagi bližine dotikov program analiziral, kateremu uporabniku dotik pripada; ali še več, lahko bi razlikoval ali je bila uporabljena desna ali leva roka oz. kateri prsti so bili uporabljeni. To bi naj ugotavljal na podlagi različne razdalje med prsti. Kot smo že omenili v poglavju 2.2 (gesta stisni), je težava v tem, da brez strojne podpore ne moremo vedeti, za kaj točno gre. Zato smo opustili iskanje rešitve ločevanja uporabnikov samo z dotikom. Začeli smo razmišljati v drugi smeri in prišli do rešitve na način, da vsak uporabnik kreira svoje polje, s katerim manipulira sam oz. ga po potrebi deli tudi z drugimi. Na podlagi tega polja privzamemo, da dotik pripada temu uporabniku.

Vsi uporabniki delajo na isti površini, vendar znotraj omejenih elips, ki so jih ustvarili. Rezultat tega je enotna slika na enotni površini, ki bi jo v prihodnje lahko tudi shranili.

Med razvojem so nam prav prišli tudi že zgoraj opisani implementirani razredi, kot npr. MTImageButton in MTCColorPicker, s katerimi smo si olajšali delo, saj smo lažje definirali akcije določenih dotikov.

4.1 Risalno okolje



Slika 9 Risalno okolje; 1 – glavna elipsa, 2 – risalno polje uporabnika, 3 – območje prilagajanja velikosti risalnega polja, 4 – prikaz menija orodja, 5 – orodja. (VUSlikar)

Obrazložitev:

1. Glavna elipsa, s katero lahko premikamo risalno polje uporabnika po celotni skupni risalni površini. Ob kreiranju uporabnika je glavni element, na katerega so dodani ostali elementi risalnega okolja. S tem dosežemo, da lahko manipuliramo celotno risalno okolje s pritiskom na elipso.
2. Risalno polje uporabnika – določeno območje, kjer ima posamezni uporabnik pravico risati. To območje lahko prilagaja; rotira, večja in manjša.
3. S pritiskom na to območje uporabnik poveča ali pomanjša svoje risalno polje (2).
4. Gumb za prikaz dodatnih možnosti – s pritiskom na ta gumb prikažemo oz. skrijemo meni z dodatnimi orodji.
5. Orodja.



Slika 10 Meni Orodja (VUSlikar)

Podrobno razložen meni Orodja:

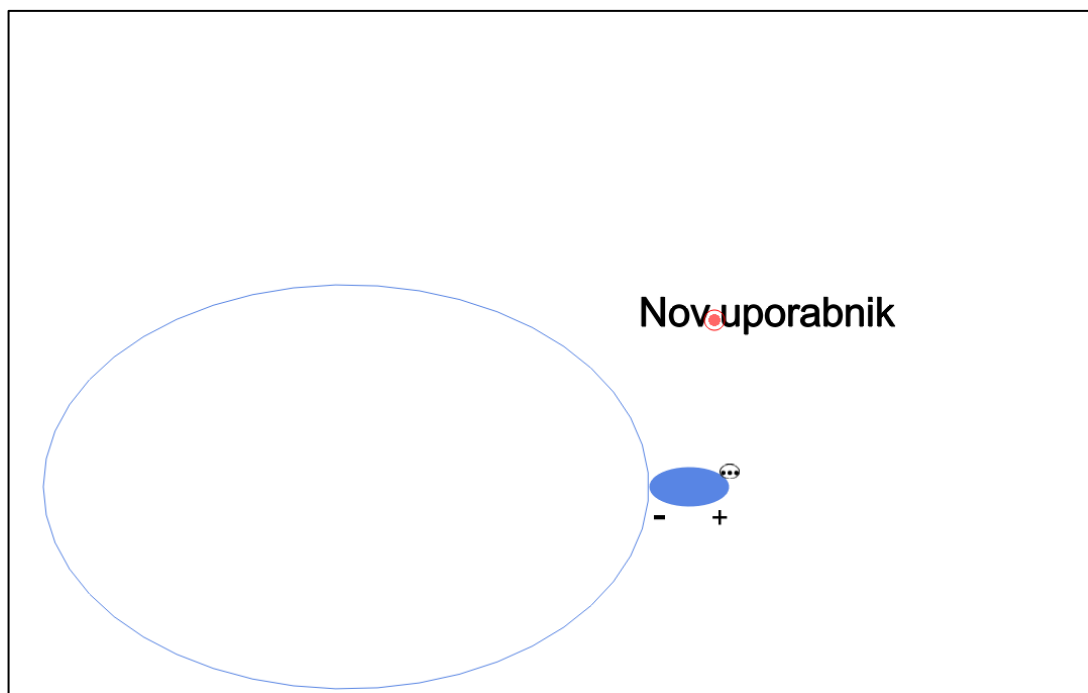
1. S pritiskom na plus ali minus širimo oz. tanjšamo debelino čopiča. Skladno s tem se večja/manjša tudi pika nad znakoma + in -, tako da vemo, katero debelino uporabljamo.
2. S pritiskom na ta gumb se nam prikaže paleta barv, med katerimi izberemo barvo čopiča.

3. S pritiskom na ta gumb se čopič spremeni v radirko, tako da lahko uporabnik briše svoje delo. Deluje na principu izbire barve ozadja. Ko izberemo to orodje, se barva čopiča spremeni v barvo ozadja, tako da v bistvu prekrivamo prejšnje poteze. Takšen način "brisanja" je potreben zaradi načina risanja črt, saj bi bila kakšna druga rešitev preveč potratna (morali bi preverjati vsako že obstoječo točko).
4. S pritiskom na ta gumb razveljavimo zadnjo potezo. Kot poteza šteje zadnja neprekinjena črta.
5. S pritiskom na ta gumb uporabnik izbriše celotno svojo delovno površino.

4.2 Primer uporabe programa

Po zagonu programa se na celotni površini zaslona prikaže ozadje, ki je namenjeno risanju. Gumb za dodajanje novega uporabnika je na sredini polja zaradi učinkovitosti oz. uporabnosti – uporabniki, ki so na različnih koncih mize, imajo gumb enakovredno oddaljen. Zaradi velikosti mize smo v programu omejili uporabnike na največ 5 uporabnikov (to lahko enostavno spremenimo s hitrim posegom v kodo – pri večjih površinah bi tako lahko maksimalno število povečali, pri manjših, npr. tabličnih računalnikih, pa zmanjšali). Ker ne vemo, na kateri strani mize je uporabnik, oz. od kod kreira svojo risalno površino, se risalno polje pojavi na naključnem mestu. Svojo risalno površino lahko seveda uporabnik takoj obrne in premakne na področje, ki mu najbolj ustreza.

Pri kreiranju uporabnikov se zaradi razlikovanja med uporabniki za vsakega izbere naključna barva, s katero se obarvata obroba risalnega polja in glavna elipsa. Ko uporabnik spremeni barvo, se spremenita tudi obroba in elipsa – tako vedno ve, katero polje je njegovo.

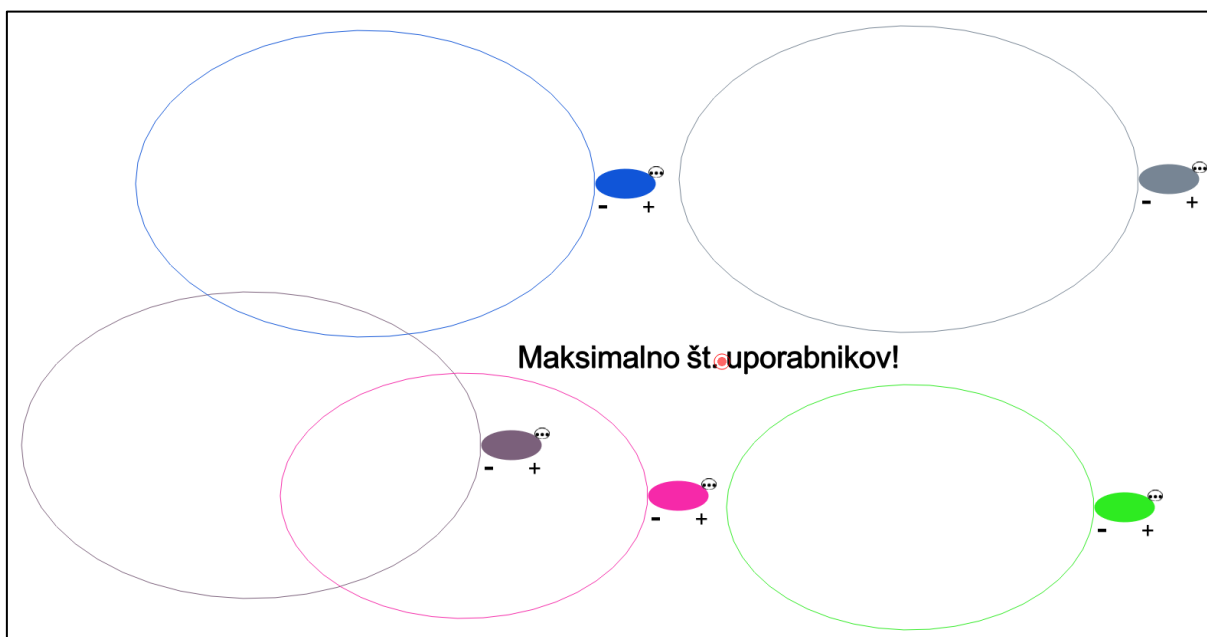


Slika 11 Kreiranje novega uporabnika (VUSlikar)

V prihodnje je predvidena razširitev, ki omogoča uporabniku takojšnjo prilagoditev orientacije risalnega polja in sicer na podlagi smernih vektorjev – ko bi uporabnik pri kreiranju novega risalnega polja pritisnil na gumb za kreiranje novega polja in prst potegnil k sebi, bi se polje tam kreiralo in obrnilo proti njemu.

Alternativa temu je, da bi se risalno polje obrnilo v smer, iz katere bi bilo kreirano – npr. ko bi uporabnik kreiral polje v levem spodnjem kotu, bi bilo to tja tudi obrnjeno. Uporabnost bi se izražala predvsem pri večjih večdotičnih napravah, kjer bi omogočili kreiranje na različnih robovih, kotih; tako bi lokacija bila bolj omejena, s tem pa tudi usmerjenost risalnega polja.

Ko dosežemo maksimalno število uporabnikov, novega uporabnika ni več moč kreirati, razen seveda v primeru, da obstoječi uporabnik počisti svojo površino in zapusti "delovno mesto", ter ga tako prepusti drugemu uporabniku.



Slika 12 Opozorilo ob maksimalnem številu uporabnikov (VUSlikar)

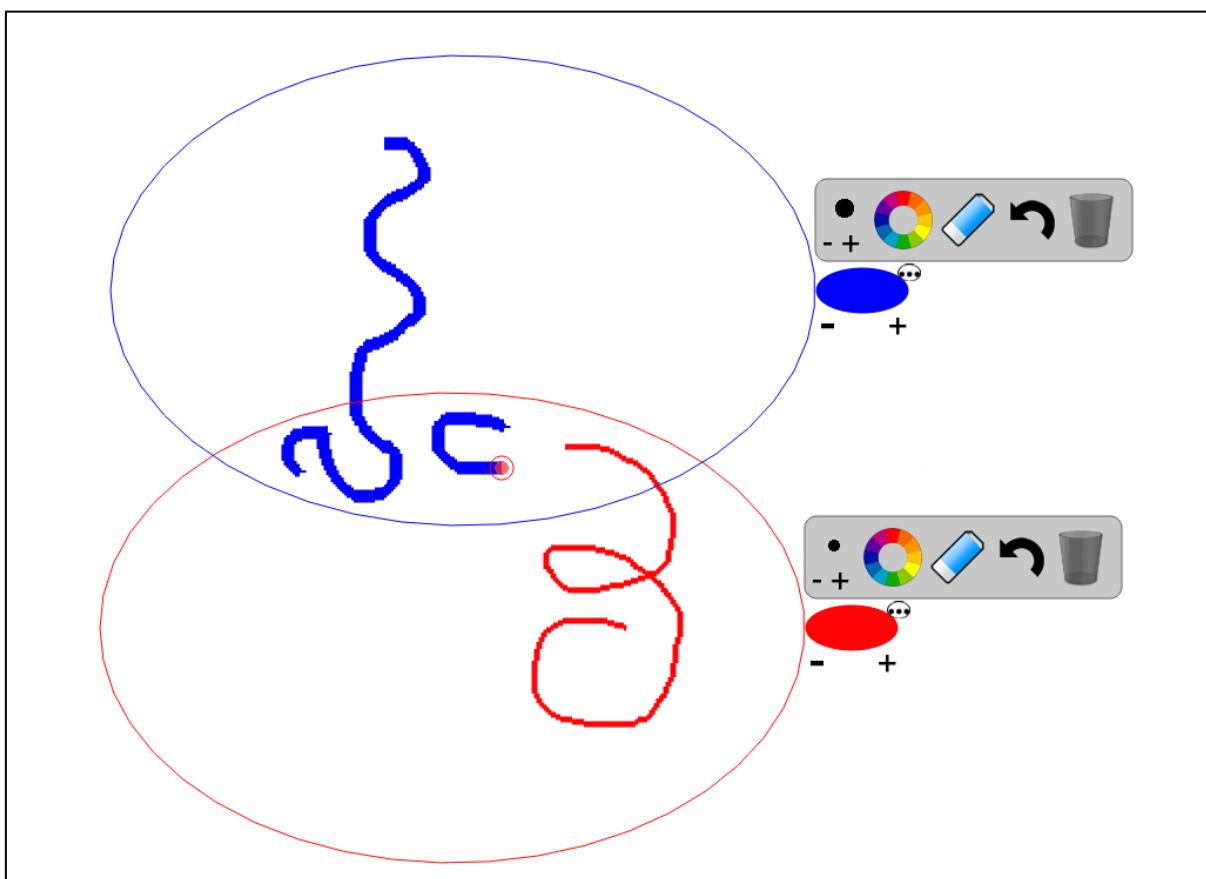
Možna razširitev: možnost gumba, ki bi omogočal izbris vseh uporabnikov in/ali risalnih površin naenkrat, kar bi olajšalo zaključek dela. Je izvedljivo, ampak je možnost zlorabe (namerne ali nenamerne) prevelika. Kot zlorabo pojmujeemo izbris površin, ki jih ostali še uporabljajo.

Uporabnik lahko svoje polje brez omejitev večja/manjša, rotira,.. pri čemer seveda privzamemo, da uporabniki upoštevajo pravila "poštene igre" - če je uporabnikov več, računamo na to, da eden ne zasede celotne razpoložljive površine. Načeloma bi v sistem lahko vgradili varovalo, ki bi to preprečevalo, kar pa s sabo prinaša tudi omejitve, npr. preprečitev povečanja površine tudi takrat, ko bi jo lahko.

Uporabniku so na voljo različne debeline in barve čopiča, ki jih lahko neomejeno uporablja, dokler ima na razpolago samo svojo površino. V primeru uporabe večih ljudi, je omogočeno tudi risanje v presečišču polj večih uporabnikov; takrat več ne velja, da barve lahko neomejeno uporablja, ampak sta možnosti dve: v presečišču lahko uporabnika rišeta:

- če je začetna točka v uporabnikovem lastnem polju, lahko tudi v skupnem polju nadaljuje s to barvo;
- če je začetna točka v presečišču, je uporabljena barva uporabnika, katerega površina je zgoraj.

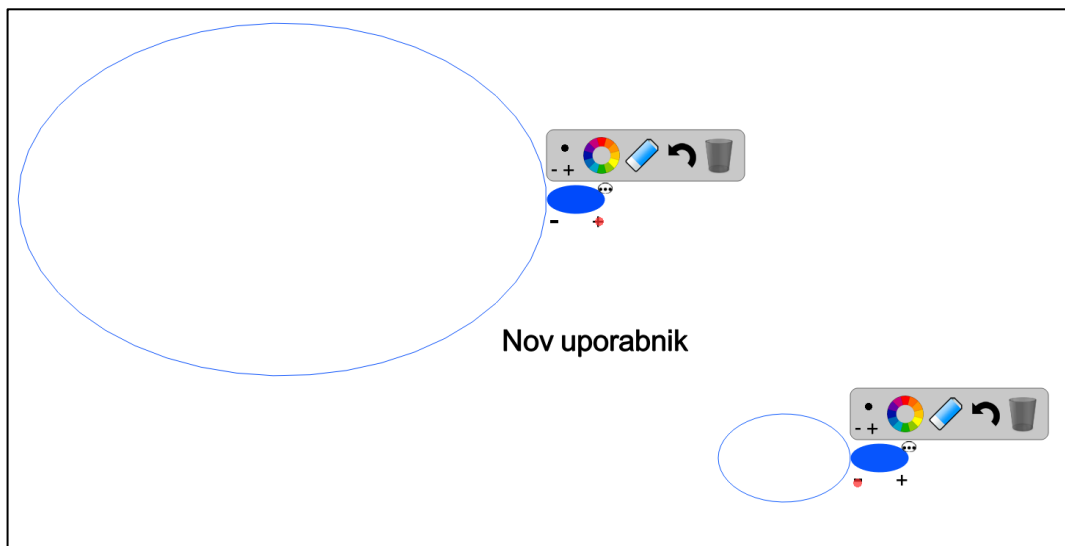
Kot je prikazano na spodnjem primeru, vidimo, da uporabnik, ki riše z modro barvo, lahko začne z risanjem tudi v presečišču, ker je njegova risalna površina nad risalno površino uporabnika, ki riše z rdečo barvo. Vsak uporabnik lahko kadarkoli prevzame nadzor nad risanjem v presečišču s tem, da se dotakne svoje glavne elipse, ter tako postavi svojo risalno površino nad površine ostalih uporabnikov.



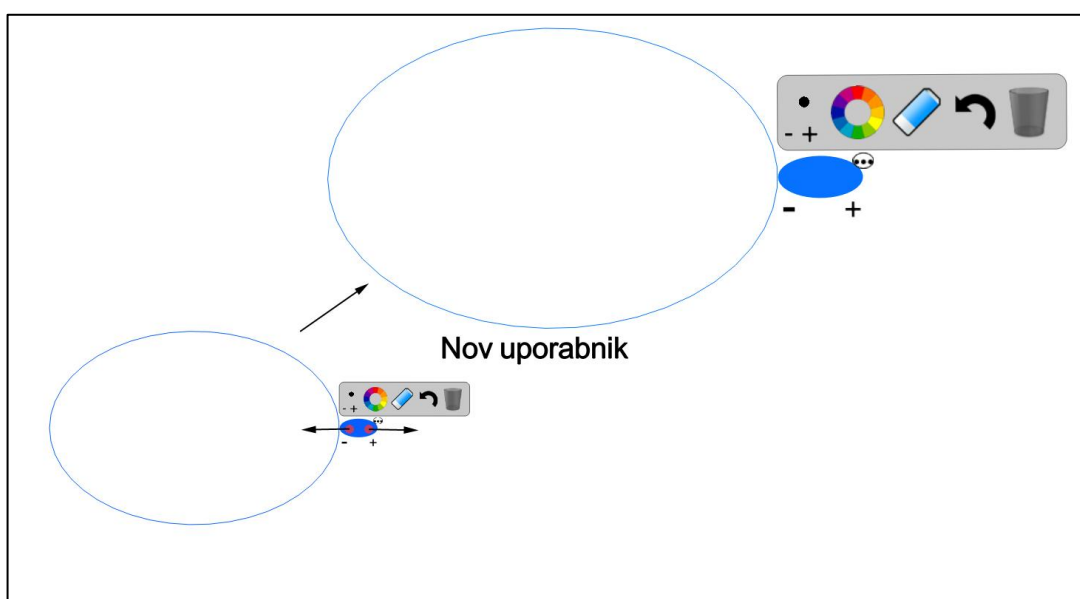
Slika 13 Primer risanja v presečišču dveh elips (VUSlikar)

Risalna površina, kjer ni definiranega risalnega polja, je neuporabna.

Večanje risalnega polja: poleg + (povečaj) in – (pomanjšaj) je omogočena tudi uporaba gest, s katerimi lahko večamo celotno področje dela. Uporabnost vidimo predvsem pri ljudeh z omejitvami, npr. tistih, ki slabše vidijo. Orodje namreč omogoča povečanje celotne delovne površine, če uporabnik elipso razširi z gesto razširi. Pri tem se ne poveča le risalno polje, ampak tudi ostali elementi (poveča se elipsa, orodna vrstica).



Slika 14 Povečanje elipse (uporaba + in -) (VUSlikar)



Slika 15 Povečanje celotne delovne površine z gesto razširi (VUSlikar)

Brisanje: Ko uporabnik želi svoje delo izbrisati, izbere orodje "radirka" (št. 3). Ob izbiri orodja se ikona obrobi – barva obrobe in elipse ostane še vedno enaka; nazaj na čopič gremo tako, da izberemo novo barvo oz. ko obroba izgine, vemo, da ne brišemo, ampak rišemo. Brisanje je v vseh primerih omejeno na površino, ki uporabniku pripada – torej, če uporabnik svoje polje premakne na že obstoječo polje drugega uporabnika, stvari na tej površini ne more pobrisati, vedno izbriše samo svoje delo.



Slika 16 Uporaba orodja radirka (VUSlikar)

5 Sklepne ugotovitve

Pri pisanju diplomske naloge smo ugotovili, da na področju večuporabništva pri uporabi večdotične tehnologije še ni bilo veliko narejenega.

Sami smo poskušali najti rešitev, in sicer takšno, ki bi bila izvedljiva samo z uporabo programske opreme. To smo želeli izvesti zato, da bi omogočili večuporabništvo na katerikoli večdotični napravi, brez dodatnih posegov v strojno opremo naprave oz. brez dodatnih zunanjih pripomočkov (kot je npr. projektor nad mizo in zunanji senzorji, ki bi prepoznavali uporabnika). Pri tem smo naleteli na težave in ugotovili, da prave rešitev samo z uporabo programske opreme ni.

Prva prava rešitev, ki se je ukvarjala s problemom večuporabništva, je bila leta 2001 predstavljena DiamondTouch miza. Šele 7 let zatem so Dohse in ostali objavili članek, ki je združeval zaznavanje dotikov s sledenjem roke z uporabo kamere, postavljene nad večdotično mizo. Zanimiva rešitev iz leta 2011 je večdotična miza Medusa, ki z uporabo senzorjev bližine razlikuje med uporabniki. Zadnja izmed rešitev na tem področju je bil Microsoftov ShakeID, ki združuje določenega uporabnika z dotiki tako, da poveže večdotični zaslon, Kinect kamero in mobilni telefon, katerega uporabnik drži v roki.

Vse te rešitve nakazujejo pravo smer razvoja večuporabništva, vendar ima vsaka še svoje pomanjkljivosti, ki so z izboljševanjem tehnologije odpravljive oz. bi jih lahko vsaj omejili.

Najbolj obetavna je uporaba računalniškega vida. Preko bi kamer bi nadzirali, kako se uporabnik obnaša ter kam premakne roko. Nato bi se podatki in podatki iz kamer združili, kar bi nam dalo informacijo o tem, kateremu uporabniku pripada dotik. Kamere, ki spremljajo uporabnika, bi se v prihodnje lahko vgrajevalo v okvir večdotične naprave, kar bi nam omogočilo večdotično večuporabniško izkušnjo praktično kjerkoli. Za boljšo natančnost bi lahko uporabili ter vgradili tudi kakšen senzor bližine ter tako zagotovili najboljšo možnost prepoznave uporabnikov.

V prihodnje bomo verjetno dobili kakšno rešitev, ki bo združevala vse omenjene tehnologije.

Zaradi predvidenega obsega diplomske naloge smo o boljših možnih rešitvah Večuporabniškega Slikarja v prihodnosti le razmišljali, ne pa jih tudi izvedli. Mednje spadajo:

- shranjevanje slik, pri čemer bi lahko uporabniki shranili posamezno sliko (le svoje delo) ali celotno površino,
- dodajanje geometrijskih likov (kvadrati, krogi, ...),
- dodajanje slik,
- omogočanje brisanja samo tiste površine, nad katero ima uporabnik risalno polje; za lažje razumevanje to ponazorimo s primerom: uporabnik je povečal elipso, risal na področju te elipse, nato jo je pomanjšal. Rešitev bi omogočala izbris samo te površine, ki je v pomanjšani elipsi. V našem načinu risanja je to težko izvedljivo in preveč potratno, potrebno je namreč iti skozi vsako točko, ki jo je uporabnik že narisal, ter preveriti, ali je v polju ali zunaj njega. Za uresničitev le-te možne rešitve bi morali uporabiti tudi novo metodo za risanje.

6 Viri

- [1] Michelle Annett, Tovi Grossman, Daniel Wigdor, George Fitzmaurice, »Medusa: A Proximity-Aware Multi-touch Tabletop.« Dostopno na: <http://www.dgp.toronto.edu/~dwigdor/research/MedusaFinalVersion.pdf>
- [2] Bill Buxton, »Multi-Touch Systems that I Have Known and Loved.« Dostopno na: <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>
- [3] K.C. Dohse, T. Dohse, J.D. Still, D.J. Parkhurst, »Enhancing Multi-user Interaction with Multi-touch Tabletop Displays Using Hand Tracking«, v zborniku *The First International Conference on Advances in Computer-Human Interaction*, Saint Luce, Martinique, februar 2008, str. 297-302.
- [4] Jefferson Y. Han, »Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection«, v zborniku *Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology*, New York, 2005, str. 115-118.
- [5] Adam Powel, »Making Sense of Multitouch.«, Dostopno na: <http://android-developers.blogspot.com/2010/06/making-sense-of-multitouch.html>
- [6] Mahsan Rofouei, Andrew D. Wilson, A.J. Bernheim Brush, Stewart Tansley, »Your Phone or Mine? Fusing Body, Touch and Device Sensing for Multi-User Device-Display Interaction.« Dostopno na: <http://research.microsoft.com/pubs/162080/ShakeIDchi12.pdf>
- [7] »L.A. Zone Multitouch, Multiuser Table.« Dostopno na: <http://ideum.com/interactive-exhibits/los-angeles-basin-multitouch-multi-user-mapping-exhibit/>
- [8] »Hard Rock Cafe Multi-Touch, Multi-user wall, Las Vegas.« Dostopno na: <http://www.youtube.com/watch?v=VCMwd4GRa2U>
- [9] »DiamonTouch.« Dostopno na: <http://www.merl.com/areas/DiamondTouch>
- [10] »DiamonTouch, The World's First Multi-User Touch Technology.« Dostopno na: <http://www.circletwelve.com/products/diamondtouch.html>
- [11] »DIY Multitouch.« Dostopno na: http://video.kiberpipa.org/pot_luka_cehovin-diy_multitouch/
- [12] »MT4j - Multitouch for Java.« Dostopno na: http://www.mt4j.org/mediawiki/index.php/Main_Page