

RAZŠIRJENA RESNIČNOST V GRAJENEM OKOLJU

AUGMENTED REALITY IN ARCHITECTURE, ENGINEERING & CONSTRUCTION

Sebastjan Meža, univ. dipl. inž. grad.
prof. dr. Žiga Turk, univ. dipl. inž. grad.
doc. dr. Matevž Dolenc, univ. dipl. inž. grad.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Katedra za gradbeno informatiko, Jamova 2, Ljubljana
e-pošta: sebastjan.meza@fgg.uni-lj.si, ziga.turk@fgg.uni-lj.si,
matevz.dolenc@fgg.uni-lj.si

Znanstveni članek
UDK: 004:624.004.15

Povzetek | Današnja tehnologija dobro podpira izdelavo informacijskih modelov zgradb v pisarnah, gradbeni projekti pa večinoma potekajo na terenu. Tam se seznani fizična resničnost in načrt oziroma informacijski model. Vzpostavljane odnosa med njima pa je bilo doslej izključno v domeni premisleka in predstave človeka. Vzrok za številne napake v procesu gradnje je prav v napačno razumljeni, uporabljeni ali preneseni informaciji iz načrta v fizično resničnost. Z izdelavo vedno kakovostnejše dokumentacije in s predstavitvijo (npr. različne 3D-projekcije) so se jim poskušali izogniti, vendar je dostop do njih na terenu pogosto otežen. Tam so na voljo le prenosne naprave (prenosni in/ali tablični računalniki, pametni telefoni idr.). V zadnjih letih se je pojavila tehnologija razširjene resničnosti, ki je vzpostavljena na mobilnih napravah. Razširjena resničnost je metoda vizualizacije, ki lahko bistveno prispeva k boljši povezavi med informacijo in fizično resničnostjo. Članek v prvem delu pojasnjuje odnos med resničnim in virtualnim okoljem in s tem utemelji pojem razširjene resničnosti (*angl. Augmented Reality*). Prikazan je postopek razširjanja resničnosti in predstavljene so zahteve za razvoj aplikacij. Drugi del članka je namenjen preslikavi splošno uporabljenih metod razširjanja resničnosti na grajeno okolje. Najprej je utemeljena smiselnost združevanja realnega in navideznega, z namenom, da bi olajšali dostop do informacij, v nadaljevanju pa je predstavljen zgodovinski pregled razvoja strojne in programske opreme, od pionirskih poskusov do najsodobnejših aplikacij. Prototipna rešitev, ki naj bi uporabniku omogočila lažji dostop do informacijskih modelov na gradbišču, je predstavljena v četrtem poglavju. V sklepnem delu so predstavljeni možni uporabniški scenariji, s katerimi bi bilo mogoče olajšati dostop do informacijskih modelov.

Ključne besede: informacijski modeli zgradb, razširjena resničnost

Summary | Today design information often takes the form of building information models. The physical Reality (PR) of construction projects, however, is out there on the job site. It is on the job site where the PR of construction projects and the information in project documentation meet. Establishing the relationship between these two aspects of construction has so far been exclusively the domain of human effort not assisted much by information technology. Many construction errors occur when the information in project documentation is poorly transferred to physical reality either because the information is misunderstood or misused. There have been numerous attempts to try to minimize these errors that focus mainly on the production of higher and higher quality documentation and presentations. This, however, has not been able to solve the access problems to relevant

information on field, which is often difficult. In recent years, however, progress has been made in the field of Augmented Reality, which may be able to significantly improve the transfer of models to physical reality. This paper presents the relation between real and virtual environment and with that defines the concept of Augmented Reality. It presents the hardware requirements and the process of augmentation. The historical overview of Augmented Reality serves us as a starting point. With its foundations are laid to justify meaningfulness of augmentation. The hypothesis that Augmented Reality can facilitate the access to BIM models on the job site is provided in Chapter four. The opportunities for the use of Augmented Reality in construction industry are presented in the concluding part.

Key words: building information model, Augmented Reality

1 • UVOD

Gradbeništvo je panoga, ki so jo v preteklosti obšli nekateri trendi, ki so zaznamovali razvoj drugih sektorjev industrije in storitev, predvsem na področju industrializacije, avtomatizacije in sodobnih načinov upravljanja (Šuman, 2008). Pogosto navedeni razlogi za to so posebnosti panoge: ukvarja se z enkratnimi izdelki, ni utečenih partnerskih odnosov, saj se za vsak projekt izbira druga skupina, partnerji so na zelo različnih tehnoloških nivojih, da je težko natančno pripraviti projektno

dokumentacijo in plane gradnje – deloma zaradi nepredvidljivosti, deloma zato, ker bo načrt uporabljen le enkrat. Končni izdelek procesa gradnje je tako le zadnja ponovitev začetne ideje. Zaradi nenehnega prilagajanja in usklajevanja dokumentacije s stanjem na gradbišču pogosto nastajajo težave z dostopnostjo do informacij. Sodobna metodologija gradnje, tako imenovani pristop informacijskega modeliranja zgradb (*angl. Building Information Modelling – BIM*), celotno

obravnavo dokumentiranja, prenos in interpretacijo informacij. Proces dokumentiranja in prenosa informacij sta bolj raziskana na znanstvenem in praktičnem področju. Zadnji, a nič manj pomembni stopnji interpretacije je bilo v preteklosti namenjene manj pozornosti. Tako interpretacija ostaja v izključni domeni človekovega dojemanja in predstave fizičnega načrta. Razširjena resničnost je tehnologija, ki spreminja dojemanje stvarnosti. Problematika uporabe razširjene resničnosti v okviru grajenega okolja je bila v preteklosti že obravnavana ((Broll, 2004), (Behzadan, 2006), (Woodward, 2010)).

2 • RAZŠIRJENA RESNIČNOST

V angleški literaturi najdemo različna pojmovanja kontinuuma med realnim in virtualnim okoljem, Mixed Reality, Amplified Reality, Augmented Reality, Mediated Reality, Diminished Reality, Augmented Virtuality, Virtualised Reality. Termin Augmented Reality je bil v preteklosti največkrat povezan z glavnimi zasloni (*angl. Head-Mounted Display – HMD*). Z razvojem tehnologije mobilnih naprav pa se termin Augmented Reality uporablja tudi v povezavi s tabličnimi računalniki, pametnimi telefoni in drugimi prenosnimi napravami, ki omogočajo integracijo virtualnih informacij z realnim okoljem. Tako kot v angleški literaturi se tudi v slovenski pojavljajo različna pojmovanja kontinuuma med realnim in virtualnim okoljem. Slovenski avtorji ((Cerar, 2012), (Fijačko, 2011), (Podlesk, 2011), (Podrekar, 2011), (Pucer, 2011), (Remic, 2011)) polje definirajo s termini mešana resničnost, obogatena resničnost, nadgrajena resničnost, dopolnjena resničnost in razširjena resničnost. V spletnem Slovarju slovenskega knjižnega

jezika ne najdemo nobene izmed zgoraj zapisanih besednih zvez, spletni terminološki slovar informatike angleški izraz Augmented Reality definira kot realen svet, dopolnjen z elementi navideznega sveta, ustvarjenimi z računalniško grafiko. Kot prevod pa dopušča sinonime dopolnjena resničnost, obogatena resničnost in razširjena resničnost (STSI, 2012). Slovar fakultete za računalništvo in informatiko Augmented Reality definira s terminom dopolnjena resničnost. Zaradi lažjega razumevanja bo v nadaljevanju uporabljena zgolj besedna zveza razširjena resničnost (RR).

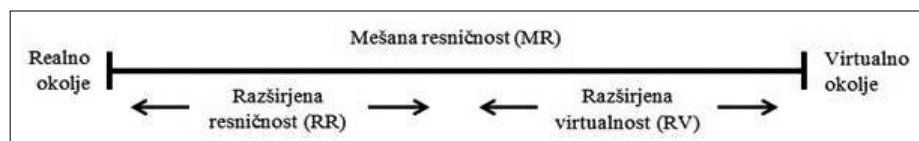
Aplikacije navadno delujejo tako, da se realni objekt oziroma prostor vzame za osnovo, ki se

ji z različnimi tehnologijami dodajajo smiselno povezani podatki za poglobljeno razumevanje. Po našem mnenju dobi uporabnik širši pregled dane realne situacije, zato bomo v nadaljevanju uporabljali zgolj termin razširjena resničnost (RR).

Razširjena resničnost ima tri bistvene značilnosti (Azuma, 2001):

- računalniško ustvarjeni navidezni predmeti in resnično okolje nastopajo združeno,
- navidezni predmeti so ustvarjeni v resničnem času, njihov videz in odziv pa morata biti odvisna od uporabnika in sprememb v okolju,
- resnični in navidezni predmeti morajo delovati usklajeno, sicer je iluzija sobivanja resničnega in navideznega ogrožena.

Odnos med realnim in virtualnim okoljem je mogoče shematsko predstaviti z dvema poloma mešane resničnosti.



Slika 1 • Kontinuum mešane resničnosti (Milgram, 1994)

Realno, fizično okolje lahko definiramo kot skupek elementov, ki dejansko obstajajo v nekem ekstremu kontinuuma. Termin realnosti tako obsega vse, kar je ustvarjeno, zgrajeno, načrtovano, opazovano in razumljeno. Drugi ekstrem je okolje, ki načrtovalcem omogoča modeliranje objektov brez kakršnekoli povezave s stvarnostjo. Razširjena resničnost je segment kontinuuma, kjer so sliki realne okolice dodani elementi virtualnega sveta.

2.1 Zgodovinski pregled

Prvi zapisi o poskusih združevanja realnega in virtualnega okolja izhajajo že iz šestdesetih let prejšnjega stoletja. Leta 1966 je profesor Ivan Southerland izdelal prvi prototip naprave, ki je omogočala sinhron prikaz realne okolice z dodanimi virtualnimi elementi (slika 2) (Southerland, 1968). Pionirski poizkus je na svojega naslednika čakal vse do devetdesetih letih prejšnjega stoletja, ko je izraz Augmented Reality skoval profesor Tom Caudell (Caudell, 1992). V razvojnem oddelku tovarne letal v Seattlu je poskušal optimizirati proces proizvodnje z virtualnimi tehnologijami. Kompleksna programska oprema je delavcem omogočala prikaz predvidene lokacije sestavnih delov letal. Druga skupina raziskovalcev (Feiner, 1997) je v istem časovnem obdobju razvoj razširjene resničnosti močno zaznamovala s sistemom, imenovanim KARMA (Knowledge – based Augmented Reality for Maintenance Assistance) (slika 3).

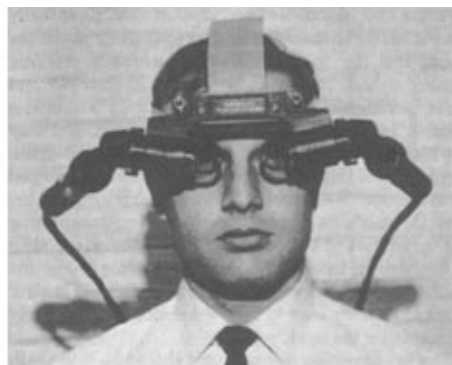
Z razširjeno resničnostjo so se ukvarjali še mnogi raziskovalci, vendar so bili vsi poskusi več ali manj povezani zgolj z raziskovalnim okoljem. Prava revolucija komercialnih aplikacij RR se je začela šele s pojavom tako imenovanih pametnih telefonov. Sodobni pametni telefoni namreč omogočajo sledenje,



Slika 2 • Prvi tridimenzionalni naglavni zaslon (Southerland, 1968)

procesiranje, prikaz in interakcijo, kar so štiri temeljne strojne zahteve RR.

Poleg komercialnih aplikacij, ki so nameščene na prenosnih napravah (pametnih telefonih in tablicah) in se uporabljajo za namene oglaševanja, zabave in turizma, se tehnologija RR uporablja tudi na področjih medicine, avtomobilske industrije, vojaške industrije in pri vgrajevanju komponent v proizvodnih linijah. Zgoraj navedene panoge veljajo za tehnološko bolj razvite, zato so posledično bolj dovzetne za nove tehnologije. Sistem za pomoč pri parkiranju (slika 4) omogoča uporabniku ogled predvidene zavijalne krivulje, prav tako pa opozarja na morebitne ovire na vozni površini. Sledenje pri tem sistemu poteka z ultrasoničnimi senzorji (Halvoson, 2011).

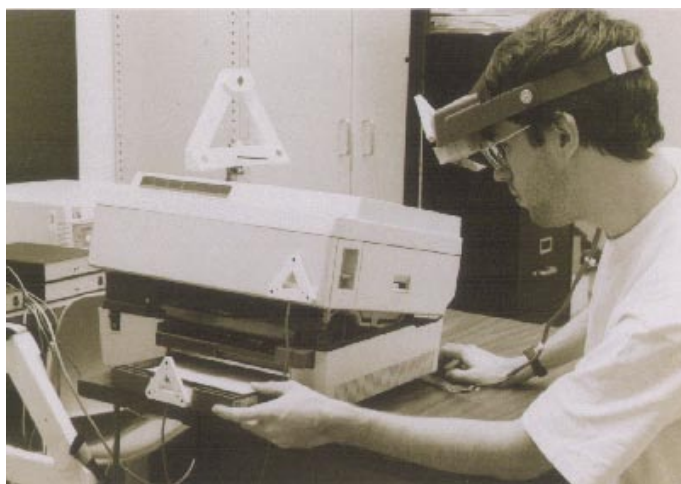


Eden najbolj znanih primerov uporabe RR je uporaba v bojnih letalih. Tehnologija pilotom ves čas zagotavlja informacije o trenutni lokaciji in orientaciji letala (Imooran, 2010).

2.2 Postopek

Razširjena resničnost je metoda vizualizacije, ki omogoča sinhron prikaz realnega okolja z dodanimi virtualnimi elementi, pri čemer uporablja razne principe priprave podatkov, sledenja, procesiranja oziroma združevanja virtualnega in realnega okolja, prikaza in interakcije.

Prvi korak razširjanja resničnosti je **priprava podatkov**, ki bodo v nadaljevanju združeni s sliko realne okolice. Podatki so lahko v obliki besedila, 2D-slik, 2D-videa, 3D-modelov in 3D-animacije.



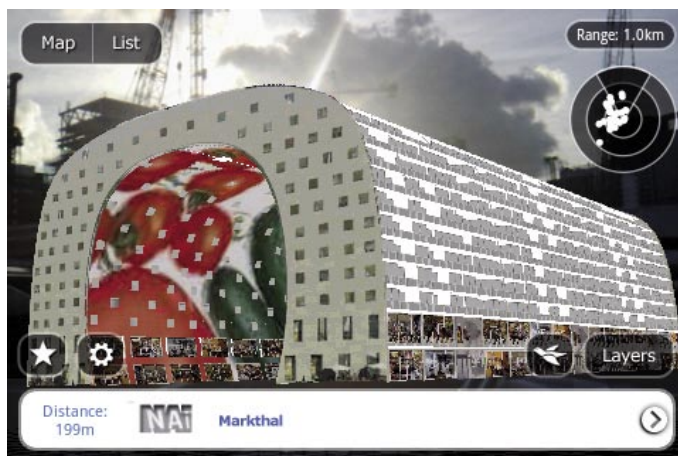
Slika 3 • Sistem za pomoč pri vzdrževanju (Feiner, 1997)



Slika 4 • Sistem za pomoč pri parkiranju (Halvoson, 2011)



Slika 5 • RR v vojaških letalih (Imooran, 2010)



Slika 6 • Zasloni posnetek aplikacije Layar (Lancement, 2012)

Sledenje, določanje položaja in orientacije uporabnika v prostoru, je mogoče s sistemom za globalno določanje lege (*angl. Global Positioning System GPS*), girokompom, kompasom, diferencialnim GPS, magnetometrom, ultrasoničnimi senzorji in referenčnimi slikami. V grobem lahko sisteme sledenja razdelimo v tri skupine. Prva skupina temelji izključno na senzorjih. V drugo skupino spadajo sledilni sistemi, ki temeljijo na zajeti digitalni sliki. Za določanje položaja se uporabljajo naravne značilnosti, referenčne slike, točke, črte, robovi in teksture. Tretja skupina združuje prednosti prve in druge. Je hibridni sistem, s katerim je mogoče doseči največjo natančnost.

Procesiranje je združevanje realnih in virtualnih informacij. Procesiranje lahko poteka ločeno ali na napravi, ki v končni fazi služi prikazu slike. Zaradi omejene zmogljivosti so prvi prototipi uporabljali prvi način, z razvojem mobilnih naprav pa sodobne aplikacije RR večinoma potekajo na prenosnih napravah.

Prikaz lahko poteka z naglavnimi, ročnimi ali prostorskimi zasloni. Naglavni zasloni omogočajo najbolj neposreden način prikaza, saj pokrivajo uporabnikovo celotno vidno polje. Glede na metodo prikaza razvrščamo naglavne zaslone na optično- in videoprepustne. Prednost naglavnega načina prikaza je, da ima uporabnik ves čas proste roke. Se pa postavlja vprašanje varnosti, saj v primeru okvare uporabnik nima neposrednega stika z okolico.

Tablične računalnike, dlančnike in pametne telefone uvrščamo v skupino ročnih zaslonov. Naprava deluje podobno kot lupa. S kamero, nameščeno na zadnji strani, zajema sliko, ki ji doda virtualne elemente in jo prikaže v obliki razširjene resničnosti. Zaradi relativno dobrih zmogljivosti in velike priljubljenosti teh naprav

se je na trgu pojavila cela vrsta aplikacij RR s to metodo prikaza.

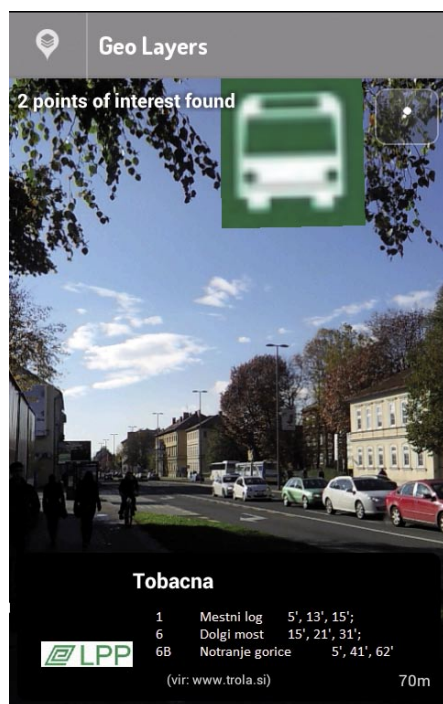
Če uporabnika ne želimo obremenjevati z očali in hkrati želimo, da ima proste roke, lahko resničnost razširimo tako, da informacije projiciramo kar na okolje. To je mogoče s prostorskimi projektorji.

Interakcija je povezana z načinom prikaza. Če je za prikaz uporabljen tablični računalnik, je ta navadno opremljen z zaslonom, občutljivim na dotik, in preko njega lahko uporabnik da povratno informacijo. Pri aplikacijah, ki za prikaz uporabljajo naglavne zaslone ali projektorje, pa potrebujemo dodatno napravo.

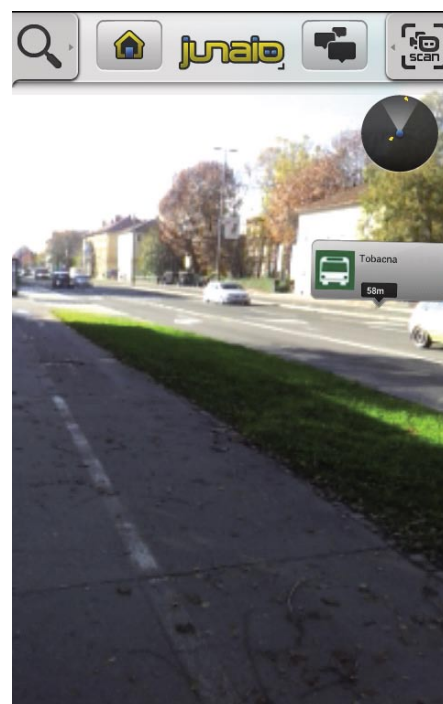
Raziskovalci so v preteklosti uporabili različne kombinacije modeliranja, sledenja, procesiranja, prikaza in interakcije. Nekaj primerov bomo predstavili v nadaljevanju.

2.3 Mobilne aplikacije razširjene resničnosti

Sodobne prenosne naprave, ki že imajo komponente, potrebne za sledenje, procesiranje, prikaz in interakcijo, prinašajo velik razvojni potencial. Poleg drastičnega povečanja procesorske moči, kakovosti zaslonov in pomnilniških kapacitet mobilnih naprav se je s pojavom mobilne tehnologije 3G in 4G povečala tudi hitrost prenosa podatkov na območjih, kjer



Slika 7 • Zasloni posnetek uporabniškega vmesnika Layar



Slika 8 • Zasloni posnetek uporabniškega vmesnika Junaio

nimamo na voljo neposrednega dostopa do svetovnega spleta. Z razvojem tablic se je na trgu pojavila vrsta aplikacij ((Argon, 2012), (Aurasma, 2012), (Karma, 2012), (Junaio, 2012), (Layar, 2012), (Metaio, 2012), (MixAre, 2012), (Wikitude, 2012) ...), ki omogočajo prikaz informacij iz digitalnega okolja v kombinaciji z živo sliko realne okolice. Aplikacije, ki so nameščene na prenosni napravi, nenehno spremljajo podatke o uporabnikovi lokaciji in orientaciji v prostoru. Ko uporabnik pride v območje, iz katerega je vidna interesna točka (*angl. Point of Interest – POI*), v podatkovni bazi poišče relevantne podatke in jih vključi v sliko realne okolice (slika 6).

2.4 Eksperimentalno preverjanje uporabniških vmesnikov

Z namenom, da bi izbrali najustreznejšo aplikacijo za nadaljnji razvoj, smo primerjali

uporabniška vmesnika Layar in Junaio. Izdelali smo prototip (Ljubljanski potniški promet – LPP, vozni redi), ki uporabniku omogoča prikaz interesnih točk (POI), to so lokacije avtobusnih postajališč z voznim redom. Za delovanje sistema potrebujemo ažurne podatke o lokaciji in orientaciji uporabnika v prostoru, na podlagi katerih je mogoče izračunati, kje je v uporabnikovem vidnem polju POI. Ob prikazu interesne točke aplikacija na spletnem portalu www.frola.si prebere zadnje podatke o prihodu avtobusov in jih vključi v opis interesne točke. Naš sistem smo preizkusili na pametnem telefonu Samsung Galaxy S2. Uporabniška vmesnika Layar (slika 7) in Junaio (slika 8) se razlikujeta po načinu prikaza opisa interesne točke. Opis POI je se pri layarju na zaslonu, pri junaioju pa je treba POI izbrati, šele nato uporabnik pridobi zahtevane informacije. Z dodatnim korakom izgubimo pomen razširjene

resničnosti, saj izgubimo sliko okolice. Layar je prav tako bolj primeren za delo z modeli 3D, saj lahko pripravo modela avtomatiziramo s programom Layar 3D-model converter – command line version (Layar 3D, 2012). Iz zapisanega sledi, da je za nadaljnje delo bolj primerna aplikacija Layar.

Pri testiranju sistema smo naleteli tudi na težave. Najprej je treba izpostaviti omejeno natančnost sistema senzorjev. Druga tehnična težava je poraba energije, saj ob prikazu RR uporabljamo veliko naprav: kamero, senzorje, GPS in modem. Problemi pa niso zgolj tehnične narave. Pogosto se zgodi, da več interesnih točk POI leži v isti smeri orientacije. Problem je mogoče rešiti z omejevanjem razdalje prikaza. S prototipom smo dokazali, da je mogoče aplikacije RR prilagoditi, tako da omogočajo prikaz podatkov iz poljubnega vira.

3 • GRAJENO OKOLJE IN RAZŠIRJENA RESNIČNOST

Pravočasen in zanesljiv dostop do aktualnih informacij je v dinamičnem procesu gradnje ključnega pomena. Podjetja, ki pri svojem delu že uporabljajo sodobne načine komunikacije, so tako posledično uspešnejša. Zaradi obilja podatkov si težko predstavljamo delo brez uporabe elektronske pošte, mobilnih telefonov in drugih sodobnih načinov izmenjave podatkov in informacij. Takšen pristop je v veliki meri že optimiziral delovni proces, še vedno pa ostaja odprto vprašanje interpretacije projektne dokumentacije na gradbišču.

3.1 Zgodovinski pregled uporabe razširjene resničnosti v grajenem okolju

Razvoj aplikacij razširjene resničnosti v grajenem okolju se je kot na drugih področjih začel

v devetdesetih letih prejšnjega stoletja. Enega prvih delujočih prototipov v grajenem okolju je leta 1996 izdelal Webster (Webster, 1996). Aplikacijo je poimenoval arhitekturna anatomija (*angl. Architectural Anatomy*, slika 9) in je uporabniku omogočala prikaz vgrajene armature.

Raziskovalci iz Univerze Columbia so predstavili aplikacijo, ki je omogočala prikaz dodatnih informacij o okoliških zgradbah (Feiner, 1997). Pri tem prototipu je uporabnik zunaj. Sledenje je potekalo z GPS v povezavi z magnetometrom. Predviden uporabniški scenarij:



Slika 10 • Touring machine (Feiner, 1997)

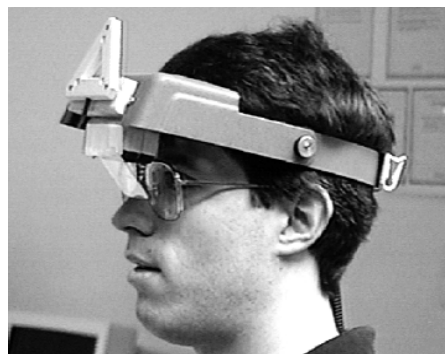
uporabnik je na območju kampusa, okolico vidi z glavnim zaslonom v povezavi s prenosnim računalnikom, ki ga nosi v nahrbtniku. Ob pogledu na zgradbo vidi poleg dejanske zgradbe tudi tekstualno oznako, ki jo je s tablico mogoče izbrati in dobiti dodatne informacije (slika 10).

ARTHUR (*angl. Augmented Round Table for Architecture and Urban Planning*) je sistem, ki je uporabnikom omogočal tridimenzionalni pogled medsebojnega vpliva zgradb (slika 11). V testnem okolju je bil preizkušen uporabniški scenarij gradnje londonskega nebotičnika Swiss-Re. Vprašanja, na katera je bilo mogoče odgovoriti s platformo AR-TUR, so bila povezana z lokacijo gradnje in z vključevanjem oblike novogradnje v okolje (Broll, 2004).

Možnosti optimizacije delovnega procesa gradnje z razširjeno resničnostjo je preučeval Behzadan. Na sliki 12 je prikazana njegova rešitev, ki je omogočala dinamično simulacijo gradnje. Avtor je sliki realne okolice dodal



Slika 11 • Urbanistično planiranje z RR (Broll, 2004)



Slika 9 • Arhitekturna anatomija (Webster, 1996)



Slika 12 • Simulacija gradbenega procesa (Behzadan, 2006)

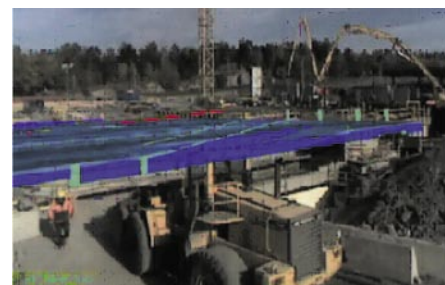


Slika 13 • RR-spremljanje procesa gradnje (Woodward, 2010)

modele gradbene mehanizacije 3D CAD. S tem naj bi bilo mogoče predvideti težav glede pomanjkanja prostora na gradbišču (Behzadan, 2006).

Enega najbolj kompleksnih sistemov RR so razvili na Finskem v raziskovalnem središču Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Gre za unikatni sistem, ki v vseh pogledih presega okvire prej predstavljenih prototipov (Woodward, 2010). Sistem omogoča integracijo

modelov BIM-IFC z živo sliko realne okolice. Programska oprema je sestavljena iz treh delov: studia 4D, mapstudia in predvajalnika. Studio je namenjen združevanju 3D-modela s terminskim planom. Mapstudio je namenjen pripravi podatkov o lokaciji objekta. Predvajalnik, ki je nameščen na mobilni napravi, je v bistvu končni uporabniški vmesnik, ki omogoča integracijo virtualnih elementov z realnim okoljem (sliki 13 in 14).

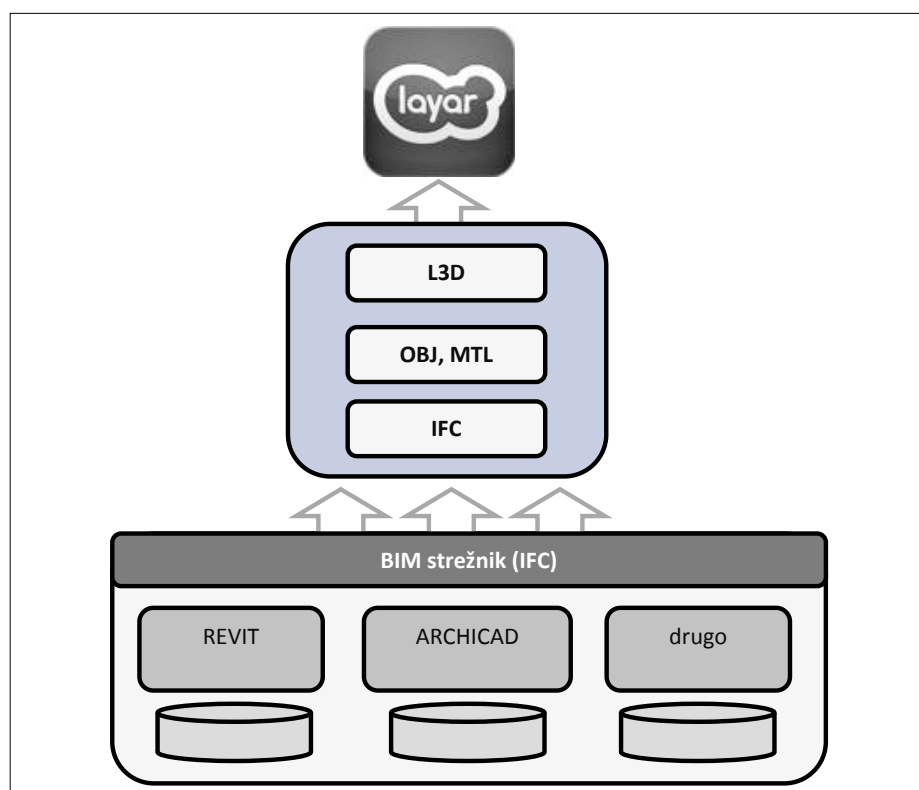


Slika 14 • RR-prikaz vgrajenih komponent (Woodward, 2010)

4 • RR KOT INFRASTRUKTURA ZA IZBOLJŠANJE KOMUNIKACIJE PRI GRADBENIH PROJEKTIH

Iz zgodovinskega pregleda razvoja RR v grajenem okolju je razvidno, da so raziskovalci poskušali aplicirati RR na tri uporabniške scenarije. S pregledom vgrajenih komponent po zaključku gradnje sta se ukvarjala (Webster, 1996) in (Klinker, 2001). Drugi predvideni uporabniški scenarij je uporaba RR za potrebe urbanističnega planiranja. Na tem področju so delovali ((Holler, 1999), (Broll, 2004), (Nielsen, 2004), (Woodward, 2010), (Olsson, 2012)). Zadnji do sedaj predvideni uporabniški scenarij vključuje simulacije pred pričetkom gradnje in njeno spremljanje. S tem scenarijem sta se ukvarjala (Woodward, 2010) in (Behzadan, 2006). Pri vseh doslej predstavljenih prototipnih rešitvah gre za konceptualno zasnovo predvidene uporabe. Raziskovalci so s tem dokazali, da razpoložljiva strojna oprema že omogoča razširjanje resničnosti tudi na področju grajenega okolja.

Drugo vprašanje je kompatibilnost programske opreme, ki je nameščena na mobilnih napravah z aplikacijami BIM, ki jih pri svojem delu uporabljajo inženirji, arhitekti idr. Neposredno povezavo je uspelo vzpostaviti le raziskovalcem iz finskega tehnološko-raziskovalnega središča (Woodward, 2010). Za potrebe spremljanja



Slika 15 • Prikaz delovanja sistema, namenjenega dostopu do BIM modelov na terenu

poteka gradnje so informacijski model v zapisu IFC povezali s terminskim planom (slika 12).

V Katedri za gradbeno informatiko (KGI) Fakultete za gradbeništvo in geodezijo (FGG) je bilo z namenom poenostavitve dostopa do relevantnih informacij in njihovo lažje interpretacije postavljeno ogrodje, ki temelji na strežniku BIM in mobilni aplikaciji Layar. Namen prototipnega sistema je lažje razumevanje idejnih zasnov v fazi urbanističnega planiranja (slika 16). Sistem pri svojem delovanju uporablja informacijski (BIM) model zgradbe. Model je mogoče ustvariti s poljubnim orodjem, ki podpira delo z datotekami IFC. Shematska struktura sistema je razvidna s slike 15.

V zgodnjih fazah gradbenih projektov investitorji navadno zahtevajo kopico idejnih rešitev, ki jih je treba nemalokrat popraviti. Z namenom, da bi olajšali izmenjavo podatkov med različnimi orodji, in zaradi lažjega pregleda aktualne verzije projekta poteka izmenjava z BIM-strežnikom (BIM Sever, 2012). Na ta način je vsem udeležencem vedno na voljo zadnja verzija projekta. Poleg izmenjave podatkov pa BIM-strežnik omogoča tudi tako imenovani Clash detection, to je iskanje napak, kar dodatno olajša delo.



Slika 16 • Zasloni posnetek razširjene resničnosti

V drugem koraku sledi priprava 3D-modela, ki ga je mogoče prikazati s programom Layar. Najprej se z aplikacijo IFCObj (IfcOpenShell, 2012) geometrija objekta zapiše v datoteko .obj, za potrebe opisa lastnosti materialov pa se ustvari datoteka .mtl. Tako pripravljene podatke je mogoče prebrati z aplikacijo Layar I3d model converter (Layar, 2012). Pripravljeni

model je mogoče prikazati z aplikacijo, ki je nameščena na mobilni enoti.

Težave, s katerimi smo bili soočeni pri testiranju opisanega prototipa, so podobne tistim, ki so bile izpostavljene pri primeru aplikacije LPP v poglavju 2.4. Poleg že predstavljenih pa lahko nastanejo težave tudi zaradi preobremenitve mobilne enote.

5 • SKLEP

Razširjena resničnost, ki kot metoda vizualizacije omogoča sinhron prikaz realnega okolja z dodanimi virtualnimi elementi, ni nova tehnologija, toda šele v zadnjem času postaja praktično uporabna. Za to je zaslužen razvoj mobilnih naprav, ki postajajo zmogljivejše in dostopnejše. Z razširjeno resničnostjo je tako že danes mogoče olajšati človekovo delo in življenje, predvsem na tehnološko bolj razvitih področjih, kot so medicina, oglaševalska, vojaška in avtomobilska industrija. Zaradi razdrobljenosti gradbene panoge je vpeljava novih tehnologij pogosto težaven in dolgotrajen proces. Številne priložnosti, ki

jih prinašajo sodobne tehnologije, žal ostajajo neizkoriščene.

V članku je obravnavana problematika prenosa informacij v okviru grajenega okolja. Najprej so postavljeni teoretični okviri okolja, ki uporabniku omogočajo ogled realne okolice z dodanimi virtualnimi elementi, v nadaljevanju pa je podrobno opisano delovanje sistema, ki temelji na odprtokodnem strežniku in komercialni aplikaciji Layar. Predstavljena rešitev omogoča uporabniku na terenu ogled modela zgradbe, izdelanega s poljubnim BIM-orodjem, ki je združljivo s standardom IFC. S predstavljenim prototipom smo dokazali, da je tudi v grajenem

okolju mogoče uporabiti sodobne tehnologije in s tem olajšati dostop do relevantnih informacij. V predstavljenem primeru gre le za vizualizacijo izdelanega parametričnega modela zgradbe, kar je zgolj prvi korak uporabe BIM-tehnologije. Poleg vizualizacij bo v prihodnosti treba razviti aplikacije, ki bodo omogočale tudi druge segmente sodobnega BIM-pristopa. Še vedno ostajajo odprta vprašanja, povezana s simulacijo procesa gradnje na terenu, z možnostjo uporabe prenosnih naprav za analize energetske učinkovitosti zgradb in z lažjim dostopom do informacij za potrebe vzdrževanja ter v končni fazi tudi rušitve objekta. Izpostavljena odprta vprašanja bodo obravnavana v doktorskem delu z naslovom Razširjena resničnost kot infrastruktura za izboljšanje komunikacije pri gradbenih projektih.

6 • LITERATURA

Abel, A., povzeto po: <http://www.infoq.com/news/2012/08/Gartner-Hype-Cycle-2012>, 2012.

Argon – Augmented Reality Browser, povzeto po: <http://argon.gatech.edu/> (6. 11. 2012), 2012.

Aurasma – Augmented Reality Browser, povzeto po: <http://www.aurasma.com/> (6. 11. 2012), 2012.

Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., MacIntyre B., Recent advances in augmented reality, IEEE Computer Graphics and Applications, str. 34–47, 2001.

- Behzadan, A. H., Kamat, V., R., Animation of construction activities in outdoor augmented reality, In Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering str. 1–9, 2006.
- BIMSever, povzeto po: <http://bimserver.org/> (25. 9. 2012), 2012.
- Broll, W., Lindt, I., Ohlenburg, J., Wittkamper, M., Yuan, C., Novotny, T., Schiecky, A. F., Mottram, C., Strothmann, A., A Collaborative Augmented Environment for Architectural Design and Urban Planning, Journal of Virtual Reality and Broadcasting, Fraunhofer Institute for Applied Information Technology (FIT), Sankt Augustin, Germany, str. 1–10, 2001.
- Caudell, T., Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes, System Sciences, 1992. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on Augmented reality, str. 659–699, 1992.
- Cerar, M., Nadgrajena resničnost na osnovi označevalnikov, diplomska naloga, Univerza v Ljubljani FE, 2012.
- Feiner, S., MacIntyre, B., Höllerer, T., Webster, A., A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment, 1st International Symposium on Wearable Computers, Cambridge, MA, str. 74–81, 1997.
- Fijačko, J., Mobilna aplikacija za dopolnjeno stvarnost na osnovi lokacijskih podatkov, diplomska naloga, Univerza v Ljubljani FE, 2011.
- Halverson, B., povzeto po: http://www.thecarconnection.com/news/1041977_bmw-debuts-new-parking-assistant-in-2011-5-series (25. 9. 2012), 2011.
- Hollerer, T., Feiner, S., Terauchi, T., Rashid, G., Hallaway, D., Exploring MARS, Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System, Dept. of Computer Science, Columbia University, New York, str. 779–785, 1999.
- Imoran, A., povzeto po: <http://augreality.pbworks.com/w/page/9469034/Current%20Applications%20of%20AR> (25. 9. 2012), 2010.
- Junio – Augmented Reality Browser, povzeto po: <http://www.junio.com/> (6. 11. 2012), 2012.
- IfcOpenShell, povzeto po: <http://ifcopenshell.org/> (25. 9. 2012), 2012.
- Karma – Augmented Reality Browser, povzeto po: <http://monet.cs.columbia.edu/projects/karma/karma.html> (6. 11. 2012), 2012.
- Klinker, G., Stricker, D., Reiners, D., Augmented Reality for Exterior Construction Applications, Augmented Reality and Wearable Computers, str. 1–52, 2001.
- Layar – Augmented Reality Browser, povzeto po: <http://www.layar.com/> (4. 4. 2012), 2012.
- Layar 3D – 3D model converter, povzeto po: <http://layar.pbworks.com/w/page/32586555/3D%20Model%20Converter> (7. 11. 2012), 2012.
- Milgram, P., Takemura, H., Augmented Reality, A class of displays on the reality-virtuality continuum, Telemanipulator and Telepresence Technologies, Vol 2351, str. 282–292, 1994.
- Metaio – Augmented Reality Browser, povzeto po: <http://www.metaio.com/> (6. 11. 2012), 2012.
- MixAre – Augmented Reality Browser, povzeto po: <http://www.mixare.org/> (6. 11. 2012), 2012.
- Nielsen, M. B., Kramp, G., Gronbak, K., Mobile Augmented Reality Support for Architects Based on Feature Tracking Techniques, M. Bubak et al. (Eds.): ICCS 2004, LNCS 3038, str. 921–928, 2004.
- Olson, T. D., Savisalo, A. T., Hakkarainen, M., Woodward, C., User evaluation of mobile augmented reality in architectural planning, eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction, str. 733–740, 2012.
- Pasman, W., Woodward, C., Implementation of an Augmented Reality System on a PDA, Proceedings of the Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '03), str. 1–2, 2003.
- Podlesk, Implementacija in uporaba knjižnice za prikaz bližnjih zanimivih točk z obogateno resničnostjo na mobilnih napravah, diplomska naloga, Univerza v Ljubljani FRI, 2011.
- Podrekar G., Razvoj sistema za neinvazivno opazovanje podkožnih ven z obogateno resničnostjo, diplomska naloga, Univerza v Ljubljani FE, 2011.
- Pucer, P., Razširjena resničnost, Zdravstveni vestnik, 80, str. 578–585, 2011.
- Remic, K., Mobilna aplikacija za razpoznavo gora na osnovi dopolnjene resničnosti, diplomska naloga, Univerza v Ljubljani FE, 2011.
- Southerland, I., A Head-Mounted Three-Dimensional Display, Sutherland, I. E., AFIPS Conference Proceedings, Vol. 33, Part I, str. 757–764, 1968.
- STSI, Spletni terminološki slovar informatike, povzeto po: http://www.islovar.org/iskanje_enostavno.asp (3. 4. 2012).
- SSKJ, Slovar slovenskega knjižnega jezika, Inštitut za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU, povzeto po: <http://bos.zrc-sazu.si/sskj.html> (3. 4. 2012).
- Šuman, N., Priprava in gradnja objektov v gradbenih podjetjih s poudarkom na konceptu reinženiranja, doktorska disertacija, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, str. 18, 2008.
- Povzeto po: <http://www.bimserver.org/?zoom=1&iact=rc&dur=637&sig=114289705588822932159&page=1&ibnh=137&ibnw=183&start=0&ndsp=30&ved=1t:429;r:13;s:0;i:88&tx=98&ty=44> (4. 4. 2012), 2012.
- Povzeto po: <http://ifcopenshell.org/ifcobj.html> (24. 9. 2012), 2012.
- Webster, A., Augmented Reality in Architectural Construction, Inspection, and Renovation. Proc., Computing in civil engineering, ASCE, str. 913–919, 1996.
- Wikitude – Augmented Reality Browser, povzeto po: <http://www.wikitude.com/> (6. 11. 2012), 2012.
- Woodward, C., Hakkarainen, M., Raino, K., Mobile Augmented Reality for Building and Construction, Mobile AR Summit @ MWC 2010, str. 1–2, 2010.