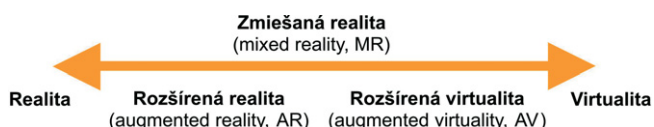


Vizualizácia objektov s využitím technológií zmiešanej reality

Úvod

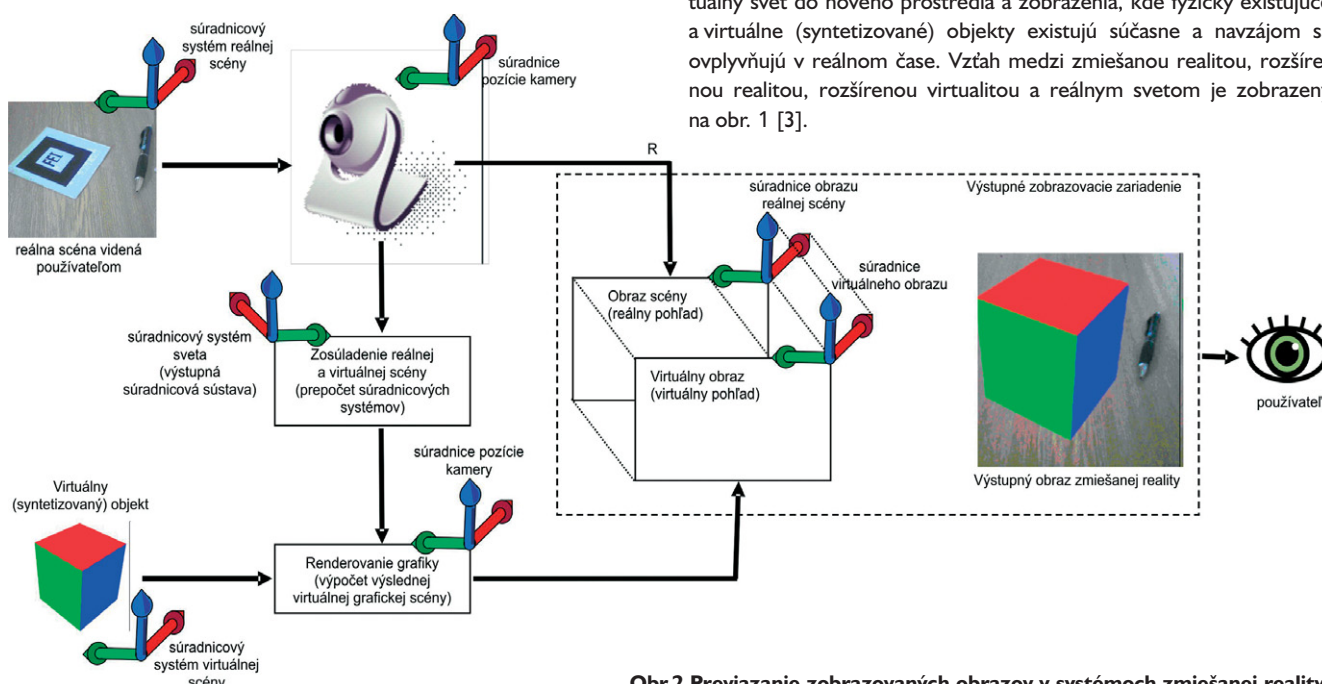
Vývoj nových technológií je v súčasnosti závažný. K tomuto procesu vo výraznej miere prispelo nasadzovanie výpočtovej techniky a elektroniky do rôznych oblastí ľudskej činnosti. Jedným z výsledkov tohto zásahu je aj veľmi progresívny fenomén súčasného obdobia zvaný virtuálna realita.

Virtuálna realita (ďalej VR) je pojem, ktorý sa v súčasnosti často skloňuje. Virtuálnorealitný systém predstavuje interaktívny počítačový systém, vytvárajúci ilúziu v danom čase neexistujúceho syntetizovaného priestoru, alebo ešte presnejšie môžeme hovoriť o tzv. dokonalej simulácii v prostredí tesného spojenia medzi človekom a výpočtovým systémom [1]. Hoci má virtuálna realita za sebou už zopár rokov, predsa možno povedať, že jej dokonalému nasadeniu ešte niečo bráni, a to najmä cena, pohodlnosť, pomerne zložité opisové prostriedky rozhraní [10] a na komplexné pokrytie všetkých podsystémov systému VR aj výpočtový výkon súčasných počítačov.



Obr.1 Milgramov prechod medzi reálnym a virtuálnym prostredím

Okrem systémov spadajúcich pod vyššie uvedenú definíciu možno do VR zahrnúť aj telerobotiku, resp. iné typy teleprezencií a teleriadenia (t. j. účasť na vzdialenom deji, forma virtuálnej výučby alebo forma virtuálnej konštrukčnej kancelárie). Technológie používané na dosiahnutie uvedenej ilúzie sú rôzne. Jednu z týchto technológií predstavuje technológia zmiešanej reality.



Obr.2 Previazanie zobrazovaných obrazov v systémoch zmiešanej reality

Zmiešaná realita (mixed reality, ďalej MR) je oblasť počítačového výskumu zaoberajúca sa kombináciou reálneho sveta a počítačom generovaných dát (virtuálnej reality), kde sa v reálnom čase počítačom generované grafické objekty vmiešavajú do reálneho prostredia a naopak [2].

Podľa [2] zmiešaná realita:

- kombinuje reálne a virtuálne,
- je interaktívna,
- existuje v reálnom čase,
- je registrovaná v troch dimenziách.

Podľa [3] zmiešaná realita môže vzniknúť využitím aspoň jednej z týchto technológií: rozšírená realita (augmented reality, ďalej AR) a rozšírená virtualita (augmented virtuality, ďalej AV).

Prostredie AR obsahuje prvky reálneho sveta aj prvky virtuálne (syntetizované). Napríklad osoba, ktorá pracuje so systémom AR, má k dispozícii zobrazovacie zariadenie (polopriehľadné okuliare, HMD (Head mounted display, dátovú zobrazovaciu prilbu) alebo kombináciu monitor + kamera), cez ktoré môže vidieť reálny svet, no takisto vidí aj počítačom generované (syntetizované) objekty, zobrazované akoby na povrchu tohto sveta.

AV je technológia podobná AR. Na rozdiel od nej ide pri AV o opačný prístup. Pri systémoch AV je väčšina zobrazovanej scény virtuálna a do tejto scény sa potom vkladajú reálne objekty. Ak je do scény vložený používateľ, je podobne ako vložené reálne objekty dynamicky integrovaný do systému AV. Je umožnená manipulácia ako s virtuálnymi aj reálnymi objektmi na scéne v reálnom čase.

Oba tieto systémy sú si dosť podobné a oba spadajú, ako už bolo uvedené, pod pojem MR. Je to systém, ktorý sa snaží spojiť reálny a virtuálny svet do nového prostredia a zobrazenia, kde fyzicky existujúce a virtuálne (syntetizované) objekty existujú súčasne a navzájom sa ovplyvňujú v reálnom čase. Vzťah medzi zmiešanou realitou, rozšírenou realitou, rozšírenou virtualitou a reálnym svetom je zobrazený na obr. 1 [3].

1. Funkcia AR systému

Štandardný systém virtuálnej reality sa používateľa snaží úplne ponoriť do počítačom generovaného prostredia. Toto prostredie je udržiavané výpočtovým systémom s grafickou jednotkou renderujúcou virtuálny svet [1]. Ak má byť vnorenie efektívne, musí sa používateľova myseľ (a niekedy aj telo) stotožniť so zobrazovaným prostredím. To si vyžaduje, aby zmeny a pohyby uskutočnené používateľom v reálnom svete korešpondovali s primeranými zmenami v poskytovanom virtuálnom svete. Pretože sa pri tom používateľ pozerá na virtuálny svet, neexistuje prirodzené prepojenie týchto dvoch svetov, a preto musí byť nahradené [2]. Systém zmiešanej reality možno považovať za definitívne imerzívny systém. Používateľ už nemôže byť viac vnorený do reálneho sveta. Úlohou je previazať virtuálny obraz s tým, čo používateľ vidí. Táto previazanosť je najkritickejšia práve pri systémoch AR, pretože sme oveľa citlivejší na vizuálne nepresnosti, ako pri systémoch štandardnej virtuálnej reality [4]. Obr. 2 ukazuje previazanie zobrazovaných plôch, ktoré sa musí vykonať v systémoch zmiešanej reality.

Kamera vykoná perspektívne premietnutie reálneho 3D sveta do 2D obrazu. Vnútorne (ohnisková vzdialenosť a zakrivenie šošovky) a vonkajšie (pozícia, poloha a nastavenie) parametre zariadenia presne určujú, čo sa do tohto obrazu zahrnie. Virtuálny obraz sa generuje pomocou štandardného počítačového grafického systému (napr. na báze OpenGL). Virtuálne objekty sa modelujú v odvodenom obraze. Grafický systém vyžaduje informácie o obraze skutočnej scény, aby v nej mohol korektne vykresliť modelované objekty. Tieto dáta slúžia na kontrolu virtuálnej kamery, ktorá sa používa na generovanie obrazu virtuálnych objektov modelovaných na scéne. Tento obraz sa potom zlučuje s obrazom reálnej scény, čím sa vytvorí výstupný obraz zmiešanej reality na výstupnom zobrazovacom zariadení.

Podľa toho, ako používateľ zmiešanú realitu vidí, možno tieto systémy rozdeliť na dva typy [2]:

- Systémy s priamym pohľadom (optical see-through) – používateľ vidí reálny svet priamo, zobrazovacie zariadenie ho len dopĺňa počítačom generovanými objektmi. Tieto systémy spravidla pracujú s HMD s polopriepustnými displejmi. Potom sa na obr. 2 nerealizuje prepojenie R a pohľad na reálnu scénu je priamo cez tento displej.
- Systémy s nepriamym pohľadom (video see-through) – scéna reálneho sveta doplnená o virtuálne objekty sa používateľovi zobrazuje sprostredkované, napr. pomocou kombinácie kamera + displej (pozri obr. 2) [7].

Podľa toho, ako dochádza k zladovaniu virtuálnych objektov s reálnym svetom, sa používajú dva systémy:

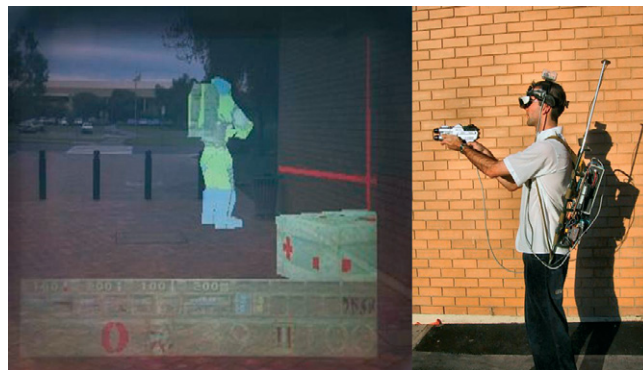
- Systémy so značkami (marker systems) – do reálnej scény sa umiestnia špeciálne značky, ktoré sa v procese rozpoznávajú a nahradia virtuálnymi objektmi.
- Systémy bez značiek (markerless systems) – vyhodnocovanie a vkladanie je bez značiek, potrebné sú však iné doplnkové informácie, napr. rozpoznanie obrazu, tváre, príp. GPS.

2. Typy AR a možnosti ich využitia

AR je relatívne nová technológia. Spočiatku sa môže zdať, že jej využitie je veľmi obmedzené a uplatniteľnosť v praxi malá. Opak je však pravdou. AR si vďaka svojmu inovatívnemu prístupu a širokej možnosti uplatnenia získala a ďalej získava čoraz viac priaznivcov. Preniká aj do odvetví a sfér, kde by sme ju iba veľmi ťažko očakávali. Rozoberme si niektoré z typov a možností jej využitia.

2.1 Exteriérová (outdoor) AR

Novou hlavnou oblasťou súčasného výskumu je využitie AR v exteriéri. Jednou z možností je použitie systému GPS a orientačných senzorov. Potrebný je aj špeciálny „backpack computing systems“ (akýsi plecniakový počítač). Jedným z prvých projektov bol systém MARS (Mobile Augmented Reality Systems) vyvíjaný Stevenom Feinerom na Columbia University (<http://graphics.cs.columbia.edu/projects/mars/mars.html>).



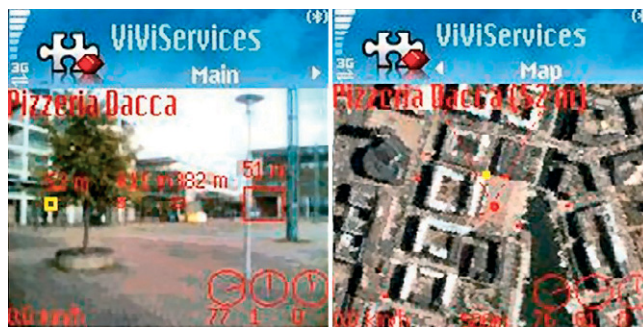
Obr.3 Komponenty systému ARQuake a pohľad používateľa

Ďalším vonkajším AR systémom je ARQuake (<http://wearables.unisa.edu.au/arquake/>). ARQuake je verzia populárnej hry Quake od firmy id Software modifikovaná pre AR. Vytvorením prenosného počítačového zariadenia tvorcovia z University of South Australia umožnili, aby bol ARQuake prvou akčnou hrou z pohľadu prvej osoby, ktorá umožňuje používateľom pohybovať sa okolo reálnych objektov a zároveň hrať hru v počítačom generovanom virtuálnom svete. Systém využíva GPS a hybridný magneticko-inerciálny orientačný senzor, bežný ovládač v tvare zbrane a štandardný notebook (vo forme spomínaného plecniakového počítača, ktorý nosí hráč na chrbte). ARQuake je prvá plne funkčná AR herná aplikácia na vonkajšie použitie. Táto hra sa nikdy nestala komerčnou, existuje iba v štádiu prototypu, no v oblasti AR má veľký význam a stala sa inšpiráciou ďalších projektov.

2.2 Mobilná AR

Mobile Augmented Reality je kombináciou AR technológie a výpočtovej technológie pre mobilné telefóny. Aplikácie pre mobilné telefóny sú schopné využívať technológie „marker“ aj „markerless“ pre video-tracking a rozpoznanie obrazu. Preto dokážu vkladať 3D alebo 2D virtuálne objekty do obrazu zachyteného kamerou. On-line spojenie telefónu je zabezpečené pomocou GPS jednotky, wifi, bluetooth-u či akcelerometra a digitálneho kompasu.

Jedným z projektov Mobile Augmented Reality je projekt spoločnosti Nokia MARA (<http://research.nokia.com/research/projects/mara/index.html>), kde pridaním zariadenia so senzormi a GPS ku klasickému telefónu Nokia vznikne zariadenie na mobilnú telefónnu AR. Aplikácia vyvíjaná v rámci tohto projektu slúži na lepšiu orientáciu v meste, a to tak, že na reálne snímaný obraz mobilným telefónom dokreslí virtuálne objekty obsahujúce text. Text udáva vzdialenosť k najbližším rozpoznávaným orientačným bodom alebo používateľa naviguje, aby došiel do cieľa čo najkratšou cestou.



Obr.4 Vzhľad projektu MARA – systém AR pre mobilné telefóny

Ďalším projektom spadajúcim pod AR pre mobilné zariadenia je Fanta Virtual Tennis (<http://fanta.eu/>). Je to 3D augmented reality hra, ktorú môžu hrať dvaja hráči cez bluetooth. Najskôr si však musia stiahnuť tenisový kurt zo stránky tvorca hry a vytlačiť si ho. Po nainštalovaní bezplatnej hry na mobil stačí, ak používateľ nasmeruje fotoaparát svojho telefónu na hraciu plochu. Jednoduchým pohybom odráža loptu vďaka tomu, že softvér vyhodnocuje, pod akým uhlom a v akej vzdialenosti drží mobil.



Obr.5 AR hra pre mobilné telefóny

2.3 Medicínska AR

Aj v oblasti medicíny sa čoraz viac presadzujú zobrazovacie technológie. Preto nie je prekvapením, že sa v poslednom čase do tejto sféry dostávajú aj prvky AR. Väčšina medicínskych zobrazovacích aplikácií sa zaoberá takzvanou „chirurgiou riadenou obrazom“. Predoperačné obrazové snímky pacienta pomocou CT a magnetickej rezonancie poskytuje chirurgovi nevyhnutný obraz pacientovej anatómie. Podľa týchto snímok sa potom plánuje celá operácia. Vytvorí sa vizualizácia cesty pacientovým telom až po postihnutú oblasť, kde je napríklad tumor, ktorý treba chirurgicky odstrániť. Realizuje sa to pomocou 3D modelu vytvoreného z viacerých pohľadov. AR možno v tomto smere využiť tak, že chirurgický tím vidí počas výkonu operácie snímky CT alebo magnetickej rezonancie spolu s pacientovým telom. Lekár je schopný presne určiť miesto, kde sa má operácia vykonať, čím sa zjednoduší jeho práca a odpadnú niektoré (pre pacienta často bolestivé) predoperačné zákroky a vyšetrenia.



Obr.6 Medicínska AR – zobrazenie snímok priamo na pacientovo telo

2.4 Armáda a AR

V armáde sa už dlhší čas využíva systém, kde sa pilotovi na displeji v prednej časti kokpitu lietadla premietajú dôležité informácie. To tiež možno považovať za istú formu AR. SIMNET distribuuje cvičný simulčný systém zahŕňajúci všetky prvky AR [8]. Vojaci používajú helmy s pripusteným špeciálnym prehľadným displejom a špecifickým diaľkomerom. Počas cvičenia tak môžu na prázdnom horizonte vidieť napríklad simulovanú helikoptéru. Takéto simulované cvičenia sú menej nákladné a často aj bezpečnejšie. V skutočnej bojovej situácii sú tieto displeje určené na podávanie dodatočných informácií. Vojak vidí skutočné bojové pole, no pripustený displej mu podáva dodatočné rozširujúce informácie, napríklad informácie o skrytých nepriateľoch, ktorých on sám nemôže vidieť, no spozoroval ich iný vojak alebo za-

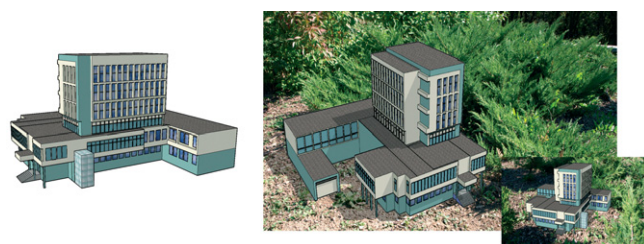


Obr.7 Vojenská aplikácia AR – súčasti výstroja

riadenie. Oproti klasickej výzbroji a výstroji sú pridané GPS, rádiové spojenie, displej pripustený na helmu a upravený počítač. Súčasťou je aj puškohľad s diaľkomerom prepojeným s displejom na prilbe. Vojak tak napríklad v nebezpečnej situácii nemusí vychádzať z úkrytu, stačí, ak vystrčí iba pušku. Niektoré prvky využíva pri svojom výcviku aj Armáda SR (systém MILES2000 (<http://www.tesslcs.com>)), najmä pri simulačných cvičeniach [9].

2.5 AR v navrhovaní

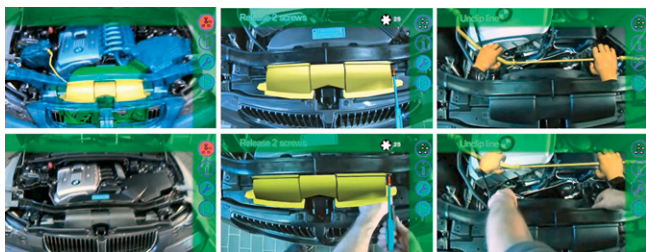
V súčasnosti je bežné, že na komplexných projektoch pre zákazníka pracuje hneď niekoľko ľudí, ba často sa stáva, že sa na nich podieľajú celé tímy dizajnérov. Projekt sa rozdelí na viac častí, ktoré sa pridelia jednotlivým tímom. Niekedy sa môže stať, že klient chce vidieť, v akom štádiu je daný projekt. Ak návrh ešte nie je hotový, alebo sú hotové iba jeho časti, mohol by nastať problém. AR prichádza s riešením tohto problému. Ak by konferenčná miestnosť bola vybavená AR systémom, bolo by možné prototyp alebo jeho časti virtualizovať. Klienti by tak mohli preskúmať prototyp a všetky jeho aspekty podrobnejšie. Pomocou AR by mohli pozmeniť, odstrániť alebo vložiť niektoré jeho časti. To by umožnilo pôsobivú interakciu v reálnom čase. Zmeny a úpravy by sa neskôr odzrkadlili v návrhu. Na to môže slúžiť DART (Designers Augmented Reality Toolkit (<http://www.cc.gatech.edu/dart/>)). Je to balík softvérových produktov, ktorý slúži na implementovanie AR do projektu. Ďalšou oblasťou, kde AR nachádza mimoriadne uplatnenie, je architektúra a stavebný priemysel. Klient môže vidieť svoj navrhnutý dom zasadený priamo do reálneho sveta a prechádzať sa v jeho reálnom okolí. A to všetkom pred tým, ako sa na reálnej stavbe urobí vôbec prvý krok.



Obr.8 Model budovy a jej „zobrazenie“ v reálnom prostredí

2.6 AR a výroba, údržba a oprava

Ak obyčajný pracovník napríklad v strojárstve dostane novú úlohu, stretne sa s nezvyčajným prvkom, súčiastkou, pracovným postupom, alebo ak treba opraviť niečo, s čím ešte nepracoval, nastane pravdepodobne zdĺhavé hľadanie v manuáloch. Tomu predídeme, ak do výroby, údržby alebo opravy nainštalujeme Augmented Reality displej. Na tomto displeji sa časti, ktoré počas opravy treba odmontovať, zvýraznia. Po tom, čo ich pracovník odmontuje, zvýrazní sa napríklad časť zariadenia, ktorá potrebuje opravu alebo výmenu. AR displej upozorní na skryté časti, ktoré by pracovník mohol prehliadnuť, alebo by mu ich hľadanie zabralo viac času. Vo výrobe sa AR displej využije na zobrazenie pracovného postupu. Pracovníkovi zjednoduší prácu tým, že mu ukáže, ktorý diel kam patrí, upozorní ho na jeho natočenie, alebo mu zobrazí opis jednotlivých dielov. Podobné už fungujúce systémy môžeme nájsť

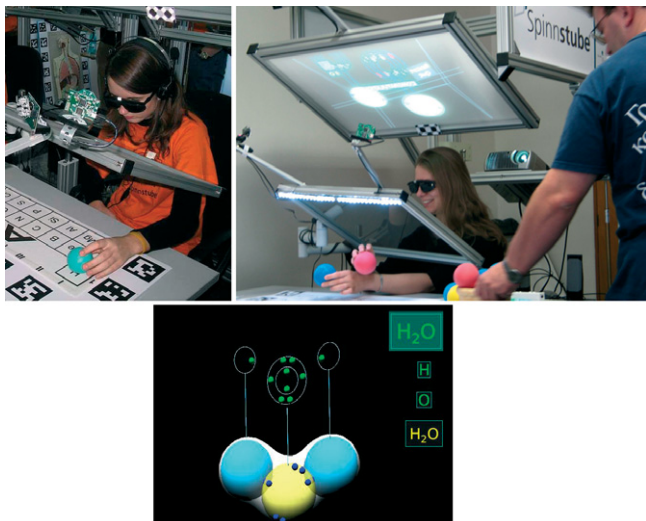


Obr.9 Ukážky pohľadov pracovníka pri použití servisnej BMW AR technológie

aj v iných odvetviach, napríklad v armáde. Armáda vyvinula vestu s bezdrôtovým pripojením a spolu so zobrazovacím zariadením tvoria komplet, ktorý sa využíva pri opravach. Personálu bezdrôtové spojenie vesty umožňuje stiahnuť si potrebné manuály a obrázky opravovaného zariadenia alebo vybavenia. Zobrazovacie zariadenie im potom dovoľuje preštudovať si tieto manuály aj v reálnom čase, pri samotnej práci. Budúca verzia tohto systému má opravovaný predmet rozpoznať a zobrazovať pracovný postup, ktorý si oprava vyžaduje. Ďalším z príkladov je firma BMW (http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented_reality_workshop_1.html). Jej výskumníci vyvinuli AR systém, ktorý učí a pomáha pracovníkom servisu hľadať a opravovať prípadné poruchy vozidla. Ukážky z toho, čo vidí pracovník servisu pri opravach, sú na obr. 9.

2.7 Výučba a AR

Nové technológie si hľadajú uplatnenie aj v školstve. A práve školské prostredie by malo tieto nové metódy, ktoré sa často vynájdu a zdokonaľujú na pôde školy, podporovať. V budúcnosti by sa práve systémy AR mohli stať veľmi cennou učebnou pomôckou. Pomáhali by žiakom pochopiť a lepšie si predstaviť veci a deje, ktoré nie sú viditeľné v bežnom živote. Tieto deje by sa žiakovi či študentovi názorne predviedli a vďaka možnosti zasiahnuť alebo ovplyvniť ich by sa učebný proces stal zaujímavejším a zábavnejším. Projekt, ktorý prináša využitie AR v školstve, sa volá ARISE (<http://www.arise-project.org/>). Má pomôcť vylepšiť vyučovanie chémie a biológie v školách pomocou rozšírenej reality. Študenti by sa v budúcnosti mohli pomocou tohto projektu učiť skladať molekuly v 3D priestore z atómov – loptičiek v reálnom čase počítačovo nahradených 3D modelmi zvolených prvkov. V biológii napríklad môžeme sledovať 3D model tráviaceho ústrojenstva tak, ako ho poznáme z klasickej biológie. Rozdiel je však v tom, že by sa mohli farebne odlíšiť, vysvietiť alebo zobrazovať dodatočné informácie, napríklad časť žalúdka, o ktorej sa práve učí. V rámci tohto projektu bolo skonštruované zariadenie zvané Spinnstube. Je to flexibilné, odolné a cenovo prístupné zariadenie obsahujúce zobrazovaciu jednotku a softwarové vybavenie. Tento prístroj dokáže pomocou polopriepustných zrkadiel a 3D projekcie kombinovať zážitok z reálneho aj virtuálneho sveta. Študenti tak môžu pozorovať reálne veci pred zrkadlom, ako aj infor-



Obr.10 Zariadenie Spinnstube – skutočnosť (hore) a študentov vnem (dole)

mácie premietajúce sa na zrkadlo. Pomocou Spinnstube tak môžu študenti interaktívne pracovať s trojrozmernými materiálmi, aby sa tak názornou a experimentálnou metódou výučby umocnilo ich komplexné porozumenie danému procesu. Budú sa môcť učiť metódou „learning by doing“, čiže praktickou výučbou. Táto nová technológia preto podporuje aj tímovú spoluprácu, spoluprácu medzi triedami tej istej školy alebo dokonca medzi školami z rôznych krajín. Do tohto projektu sú zapojení nielen odborníci z oblasti informatiky, ale aj z iných oblastí. Patria k nim experti z oblasti pedagogiky a didaktiky, ale aj školy z niekoľkých európskych krajín.

3. Niektoré AR systémy

Po opise typov AR si v tejto kapitole uvedieme niektoré dostupné AR systémy, či už komerčného alebo „freeware“ charakteru. Ako sme už uviedli, na vytvorenie dojmu zmiešanej reality a ponorenie sa používateľa do nej je potrebné vložiť model do virtuálnej scény. Na to už bolo vytvorených niekoľko systémov. Sú vytvorené pre komerčné účely, najmä na prezentáciu, dizajnérske vizualizácie a podobne.

3.1 D'Fusion Studio

Tento systém je produktom známej firmy Total Immersion (<http://www.t-immersion.com/>). D'Fusion Studio predstavuje profesionálny programový systém na návrh AR aplikácií. Predstavuje riešenie, ktoré umožňuje neprekonateľné AR aplikácie s vysokou kvalitou, využitím jednoduchého kódu a zabezpečením takého obsahu, aby sa vhodne prezentovali používateľove predstavy. Tento systém je „markerless“, teda umožňuje prácu s 2D aj 3D objektmi bez potreby špeciálnych značiek. D'Fusion sa skladá z dvoch základných modulov: D'Fusion AR na animáciu a rendering (vykresľovanie) 3D objektov a D'Fusion Computer Vision na kalibráciu a sledovanie/rozpoznávanie 2D/3D objektov. Používateľ vďaka tomuto systému skraca čas a znižuje náklady na vývoj použitím komfortného grafického rozhrania a skriptovacieho jazyka (Lua). Na rozpoznávanie sa nemusia používať špeciálne značky, ale napr. existujúce produkty. Výslednú aplikáciu stačí vytvoriť raz a potom ju už možno prezentovať prakticky na ľubovoľnej rozšírenej platforme (osobný počítač, systém domácej zariadení). Okrem toho systém umožňuje, resp. poskytuje:

- definovať vlastnú scénu, reakciu a interakciu, a to všetko riadiť pomocou skriptovacieho jazyka Lua,
- pomocou finalizačného nástroja zabudovaného do aplikácie Autodesk Maya možnosť vytvárať, prezeráť a exportovať 3D obsah do vizualizačných programov pracujúcich v reálnom čase,
- optimalizáciu na kalibráciu kamier a senzorov,
- vysokovýkonné renderovacie (vykresľovacie) jadro umožňujúce plynulé zmiešavanie virtuálneho a reálneho,
- otvorené programové rozhranie umožňujúce ďalším programátorom vytvárať zásuvné moduly (pluginy) pre niektoré špecifické úlohy,
- odolný sledovací a rozpoznávací systém 2D/3D objektov/cielov pracujúci so šiestimi stupňami voľnosti a so zabudovaným mechanizmom na detekciu tváří.

3.2 Metaio

Priekopníkom na trhu s produktmi v oblasti zmiešanej reality je firma Metaio (<http://www.metaio.com>). Firma ponúka veľa riešení v oblasti AR. Všetky jej produkty sú na komerčnej báze. Príkladom jej tvorby je AR implementovaná do on-line predajne nábytku, 3D katalógu produktov, knihy či aplikácia určená na predvádzanie a predaj krytov kolies automobilov. Firma však okrem oklieštených programov vo forme dema neponúka žiadne materiály na tvorbu alebo vývoj aplikácií.



Obr.11 Ukážka prostredia D'Fusion Studio

3.3 ARTag

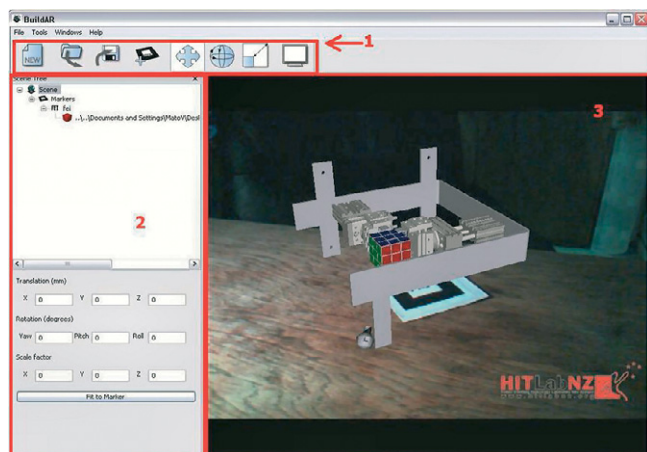
ARTag je systém pre AR, pomocou ktorého sa virtuálne objekty, hry a animácie zobrazujú v reálnom svete a dejú sa v reálnom čase. ARTag používa značky „markers“, ktoré sú priradené objektom v prostredí a umožňujú algoritmom počítačového videnia vypočítať pozíciu kamery v reálnom svete a priradiť ju virtuálnej kamere. To dokopy tvorí ilúziu, že virtuálne objekty sa objavujú v reálnom svete. Na domovskej stránke projektu ARTag (<http://www.artag.net/>) je dostupné demo, ktoré umožňuje jednoduché zobrazenie zmiešanej reality. V rámci systému ARTag bola napríklad vyvinutá aplikácia „Magic Mirror“ (magické zrkadlo), kde sa používateľ postaví pred plátno, na ktoré je premietaný jeho obraz snímaný kamerou. Tento obraz je však rozšírený o virtuálne objekty. Správne umiestnenie objektov na scéne sa realizuje pomocou značiek umiestnených na používateľovi. To všetko sa deje v reálnom čase. ARTag podobne ako veľa systémov pre zmiešanú realitu vychádza z ARToolKitu. Oproti ARToolKitu má ARTag, ktorý bol vyvinutý neskôr, vylepšené rozpoznávanie značiek. Využíva metódu digitálneho kódovania značiek namiesto korelácie používanej systémom ARToolKit. Táto metóda dosahuje skoro nulový výskyt nesprávneho rozpoznania značky alebo vzájomnej zámeny značiek. ARToolKit je rýchlejší pri menšom počte značiek a najmä pri spustení v predvolenom polovičnom nastavení, ARTag zas v plnom rozlíšení. Ak treba použiť väčší počet značiek, čas výpočtu ARToolKitu rastie, pretože algoritmus sa sústreďuje na rozpoznávanie a porovnanie každej nahranej značky. ARTag nepoužíva žiadne uložené značky a údaje o značkách sú vložené do algoritmu. Projekt ARTag, ktorého výhody už boli spomenuté, je však v súčasnosti pozastavený a nemožno o ňom získať žiadne ďalšie potrebné údaje a podklady. Jediným dostupným zdrojom ostáva voľne stiahnuteľné demo.

3.4 BuildAR

BuildAR je aplikácia, ktorá umožňuje jednoduché vytvorenie AR bežnému používateľovi. Aplikáciu vyvinul tím Human Interface Technology Laboratory New Zealand (HIT Lab NZ, http://www.hitlabnz.org/wiki/Introduction_to_BuildAR), ktorá sa zaoberá vývojom a komerčnou technológiou v oblasti AR a inými technológiami. Na vytvorenie AR je potrebné PC, webová kamera a nainštalovaný softvér BuildAR. BuildAR je v súčasnosti k dispozícii len na platforme Windows. Funguje pod operačným systémom Windows XP/Vista. Aplikácia sa dodáva s dvomi predgenerovanými značkami (markermi), ďalšie možno definovať. Program umožňuje v jednej scéne rozlišovať viac značiek a následne zobrazovať 3D modely v reálnom svete. Ďalej BuildAR umožňuje:

- vytvárať a používať vlastné značky,
- pridávať na scény 3D objekty vo formáte Wavefront Object File (.OBJ),
- meniť pozíciu 3D objektu vzhľadom na značku, meniť orientáciu a veľkosť objektu,
- ukladať a neskôr načítavať scénu, ktorej zodpovedá značka s priradeným objektom.

Používateľské rozhranie BuildAR-u je rozdelené na tri časti: panel nástrojov (1), okno so zoznamom použitých značiek (2) a samotná AR

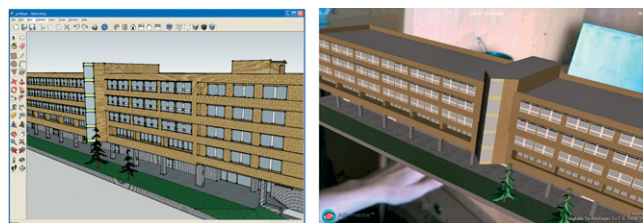


Obr.12 Prostredie aplikácie BuildAR

scéna (3). Kamera potom sníma video v reálnom čase a premieta ho v tomto okne. Aplikácia rozpoznáva značku z reálneho sveta a po jej detekcii jej priradí 3D model. Rozdelenie je zobrazené na obr. 12.

3.5 AR-media Plugin pre Google SketchUp

AR media plugin (http://www.inglobetechnologies.com/en/products/arplugin_su/info.php) pre SketchUp je dostupné rozšírenie pre program Google SketchUp, v ktorom možno vytvárať 3D modely (najmä modely budov). S týmto rozšírením je používateľ schopný zobraziť svoj vytvorený model priamo v reálnom fyzickom svete, ktorý ho obklopuje. Pomocou webkamery a vytlačenej kódovej značky sa modelovaný objekt zobrazuje priamo na stole používateľa. To umožňuje detailnejšie, pozornejšie a zaujímavejšie štúdium zobrazovaného modelu. Na túto vizualizáciu treba len webkameru, tlačiareň na vytlačenie značky a PC. Minimálna konfigurácia je 1 GHz procesor, 512 MB RAM, 100 % kompatibilný OpenGL grafický adaptér so 128 MB RAM, 50 MB voľného miesta na pevnom disku a USB 2.0 webová kamera. Odporúčaná konfigurácia je 2 GHz procesor, 2 GB RAM, 100 % kompatibilný OpenGL grafický adaptér s 512 MB RAM, 50 MB voľného miesta na pevnom disku a USB 2.0 webová kamera s 30 FPS a rozlíšením 640 x 480. V programovom vybavení je potrebný Microsoft Windows® XP/Vista s aktuálnymi videoovládačmi a Google SketchUp™ 6 alebo novší. Plugin možno získať v dvoch verziách, a to vo verzii Trial a v registrovanej verzii. Verzia Trial umožňuje skúmať rozšírenú realitu v programe Google SketchUp™ počas obmedzeného času 30 sekúnd (opakovane). Počas tohto času sa stále zobrazuje logo firmy Inglobe Technologies s. r. o. Registrovaná verzia nemá časové obmedzenie a nezobrazuje ani logo firmy. Používateľom navyše umožňuje upraviť si výstupnú obrazovku o vlastné správy a ponúka ďalšie funkcionality. Registrovaná verzia je však spoplatnená, a to v rámci troch možností registrácie: profesionálna verzia, verzia pre študentov a verzia na výučbu. Rozdiel je v cene za program a možnosti komerčného využitia produktu. AR-media plugin a jeho výstup v neregistrovanej verzii je na obr. 13.



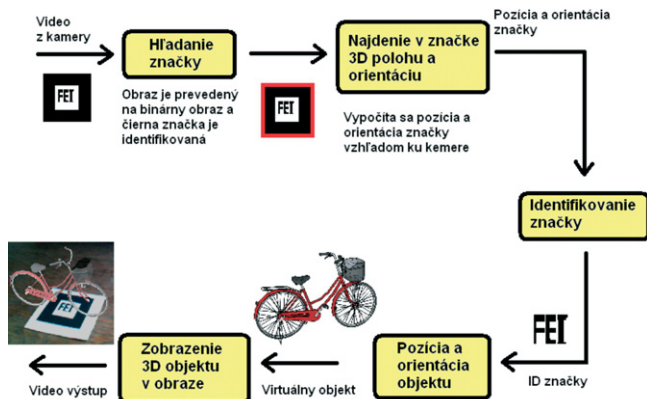
Obr.13 Ukážka funkcie pluginu AR-media

3.6 ARToolKit

Väčšina spomenutých aplikácií je založená na balíčku nástrojov ARToolKit. ARToolKit je softvérová knižnica na vytváranie zmiešanej reality. Rieši kľúčový problém pri vývoji aplikácií zmiešanej reality, ktorým je určenie pozície zorného poľa používateľa. Na riešenie tohto problému využíva sériu algoritmov. ARToolKit knižnice na sledovanie videa vypočítajú v reálnom čase skutočnú polohu kamery a jej relatívnu orientáciu vzhľadom na snímaný fyzický objekt. To umožňuje ľahký vývoj veľkého množstva aplikácií pre zmiešanú realitu. Domovská stránka ARToolKitu (<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>) obsahuje nielen ARToolKit softvér, ale aj odkazy na projekty, ukážky, plnú dokumentáciu a diskusné fórum.

Tu sú niektoré ďalšie možnosti ARToolKit-u:

- jednoduché prostredie na vytváranie AR aplikácií,
- multiplatformové knižnice (Windows, Linux, MAC OS, SGI),
- prekrývanie 3D virtuálneho objektu na reálnej značke,
- podpora rôznych vstupov (USB, Firewire, karty),
- podpora rôznych formátov (RGB/YUV420P, YUV),
- podpora sledovania viacerých kamier,
- GUI inicializujúce rozhranie,
- rýchle a nenáročné sledovanie značiek (planárna detekcia v reálnom čase),
- jednoduchá grafická knižnica (založená na GLUT),
- rýchle vykresľovanie založené na OpenGL,



Obr.14 Princíp práce aplikácie na báze ARtoolkit

- podpora 3D VRML,
- jednoduché a modulovateľné API (v jazyku C),
- podpora ostatných jazykov (JAVA, Matlab),
- kompletná sada príkladov a utilít,
- OpenSource s GPL licenciou pre nekomerčné využitie.

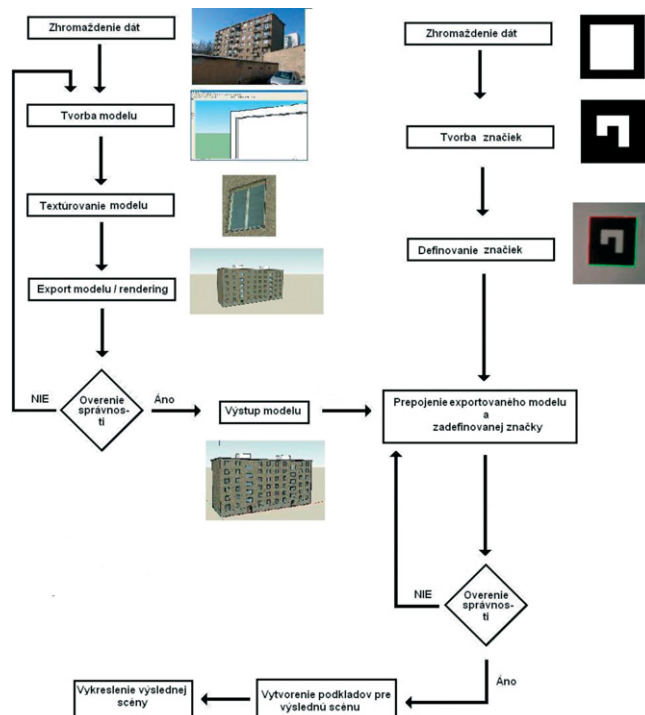
ARToolKit vyvinul doktor Hirokazu Kato a podporujú ho HIT Lab (Human Interface Technology Laboratory) na University of Washington, HIT Lab NZ na University of Canterbury (Nový Zéland) a firma ARToolworks, Inc, Seattle.

4. Práca s AR aplikáciou

Pri práci s AR aplikáciou používateľ v princípe prechádza niekoľkými fázami. Prvou je príprava virtuálnych objektov (modelov). Tá môže prebiehať rôznym spôsobom. Buď používateľ vymodeluje objekt nanovo v niektorom z 3D modelovacích programov (napr. Google Sketchup), alebo použije 3D skener, alebo použije, resp. upraví hotový model (napr. z CAD systému). Druhou fázou je kontrola 3D modelu, prípadne jeho oprava, zjednodušenie či úprava a hlavne export do požadovaného výstupného formátu (VRML, OBJ, 3DS a pod.). Tretou fázou je výber, vytvorenie alebo prípadné rozvrhnutie značiek (markerov). Ďalšou fázou je zapojenie potrebných periférnych zariadení a spustenie aplikácie AR, kalibrovanie, registrácia značiek a ich priradenie k objektom (object-marker relation). Poslednou fázou je už vlastné zobrazovanie zmiešanej reality. Prechod tretou fázou závisí od toho, či ide o AR systém pracujúci so značkami, alebo bez nich. Ak systém pracuje bez značiek, potom sa vo štvrtej fáze priradenie objektov k značkám, samozrejme, neuskutočňuje.

Jedným z problémov tejto metodológie je návrh značiek pre modely a ich veľkosť. Na rozpoznanie značky má totiž okrem jej komplexnosti a zložitosti vplyv aj rozlíšenie kamery a vzdialenosť, z ktorej sa značka sníma. V praxi platí, že čím je jednoduchšia značka, tým lepšie ju možno rozpoznať z väčšej vzdialenosti. Odporúčajú sa značky, ktoré obsahujú väčšie kontrastné oblasti. Na rozpoznanie značky vplyvajú aj iné faktory. Značka sa nerozpozna, ak nie je celá v zornom uhle kamery. Nerozpozna sa, ak je niektorá jej časť prekrytá napríklad rukou alebo iným predmetom. Problémy pri rozpoznávaní značky spôsobuje aj znížená intenzita svetla a orientácia značky voči kamere. Ak značku nakláňame voči kamere, a tak je čoraz menej rozpoznateľná. Rozpoznanie značky je sťažené aj v prípade presvietenia, keď sa svetlo odráža od niektorých jej častí. Samozrejme, značka nemusí byť len vytlačená na papieri alebo napr. samolepke. Možno je aj použitie značiek viditeľných len v ultrafialovom spektre a pod.

Vytváranie výslednej scény zmiešanej reality je teda viackrokový proces a napriek jednoduchému opisu pri svojej aplikácii nie je v komplexnejších systémoch AR taký jednoduchý. Pomerne zložitou môže byť prvá fáza, ktorej súčasťou je proces zberu dát a informácií potrebných na vytvorenie výslednej scény dát, podľa ktorých sa vytvoria virtuálne modely objektov a informácií o tvorbe značiek. Takisto, ako už bolo uvedené, aj proces vytvárania a návrhu značiek nemusí byť jednoduchý. No výsledkom je potom vytvorenie virtuálnej scény zmiešanej reality,



Obr.15 Proces vytvárania výslednej scény zmiešanej reality

ktorá v sebe spája prvky reálne s prvkami virtuálnymi a dáva tak používateľovi pocit obohatenia reálneho sveta o dodatočné informácie, čo môže zvyšovať komfort jeho činnosti a otvára mu možnosti aplikovania nových, netradičných návrhových, overovacích alebo exekutívnych postupov, alebo vytvára len nové vizuálne pocitové dojmy. Na obr. 15 je komplexne zobrazený celkový postup pri práci s AR aplikáciou [5].

5. Využitie AR v priemysle

Ak je teda k dispozícii model a príslušné programové AR vybavenie, možno tento model „primiešať“ a vizualizovať na výstupnom zariadení. Aké je využitie technológií MR a kedy je vhodné použiť ich pri priemyselných či architektonických projektoch? V princípe existuje niekoľko momentov na úspešné nasadenie tejto technológie. Jedným z prvých miest je ešte štádium projektovania, resp. plánovania realizácie alebo modernizácie technologickej stavby. Spravidla každý má záujem ušetriť svoje vložené investície a predchádzať problémom s nevyhnutnými dodatočnými zmenami počas realizácie stavby, ktoré zvyšujú celkové náklady. Práve preto je vhodné využitie takýchto technológií už vo fáze návrhu. Jednou z možností je využitie modelov vytvorených priamo z projektovej dokumentácie a „zasadených“ do reálneho prostredia. Vari najlepšie dnes tieto technológie možno využiť pri tréningu obsluhy, resp. pri servisných činnostiach. Takisto môžu mať uplatnenie vo forme nového rozhrania medzi človekom a informačným systémom podniku napríklad vo forme priameho zobrazovania informácií z databázy. Svoje nezastupiteľné miesto má v konečnej fáze aj prezentácia produktov, organizácií či výrobných technológií. V krátkosti si môže sumarizovať základné aspekty využitia týchto technológií, prípadne ďalšie možnosti využitia:

- Možnosť pozrieť si výslednú technológiu ešte pred samotnou realizáciou pomocou AR projekcie, teda možnosť „prechádzať sa“ uprostred novej technológie v prírodných existujúcich priestoroch.
- Ľahké odhalenie chýb pri projekcii – chybného umiestnenia, prípadne chýbajúceho konštrukčného prvku.
- Pre investora ľahké posúdenie a úprava pôvodného návrhu o optimálnom usporiadaní technológie ešte pred začiatkom samotnej realizácie. K projektu sa môžu pri takomto type vizualizácie vyjadrovať aj netechnici, resp. môžu sa potlačiť jazykové bariéry priamou manipuláciou s virtuálnymi objektmi pri komunikácii.
- Pohľady na projekt, ktoré v realite nie sú možné.
- V kombinácii s GPS a prípadnými mobilnými zariadeniami na orientáciu vo výrobnom podniku alebo ako prvok rozhrania informačného

ho systému podniku, kde sa môžu zobrazovať doplnkové informácie o objektoch (napr. evidenčné číslo, dostupnosť na sklade či zodpovedná osoba).

- Možnosť pripraviť si a natréňovať postup dopravy a montáže s ohľadom na rozmer zariadenia a dostupný priestor.
- Tréning obsluhy technológie bez potreby pobytu priamo v prevádzke.
- Rozšírené možnosti riadenie procesu montáže a kontrola kvality, test presnosti a meranie
- Tréning požiarnej ochrany, zväračský simulátor, tréning na vysokozdvižnom vozíku, tréning bezpečnostných jednotiek.
- Možnosť prípravy efektných prezentácií a podkladov pre budúcu reklamnú, resp. investičnú kampaň.

Všetky tieto aspekty môžu priniesť úspory, ktorých výška však závisí od mnohých činiteľov. Okrem už spomínaných riešení a systémov sú v súčasnosti dostupné aj mnohé ďalšie, či už na komerčnej alebo nekomerčnej báze. Pre projektové fázy sú pri styku so zákazníkom vhodné najmä systémy pracujúce bez značiek. Príkladom je projekt zariaďovania kuchyne (<http://www.robots.ox.ac.uk/~ajd/Movies/kitchen.mp4.avi>), prípadne projekty podobného charakteru, ktoré umožňujú zariaďovať napr. aj kancelárske alebo výrobné priestory. Pri riadení výroby je snaha o štandardizáciu AR zobrazovača na priemyselné použitie, napr. projekt Layar (<http://blog.machinecontrolonline.com/?p=279>), prípadne nové formy riadenia strojov a zariadení a tréning obsluhy a servisu predstavovaný firmou InterSense (<http://www.intersense.com>). V tomto okruhu nemožno zabudnúť ani na niektoré inovatívne postupy prezentované firmou Boeing (<http://www.boeing.com>). Veľmi veľa je aj použití technológií AR pri reklame a prezentácii. Okrem spomínaných aktivít firmy Total Immersion (Peugeot projekt) sa k tomuto trendu pridala aj firma Procter & Gamble v reklamnej kampani na produkty Always (http://www.always.com/infinity/always_infinity.jsp#/experience-the-magic). Určite by sa našlo veľa ďalších príkladov a napriek tomu, že mnohé riešenia dnes vyzerajú ešte exoticky, predznamenávajú nasadenie MR technológií v priemysle vo veľmi blízkej budúcnosti ako štandardne používaných riešení.

Záver

Výskum v tejto oblasti pomerne úspešne postupuje, hoci treba povedať, že vyžaduje naozaj pomerne veľké finančné zdroje. Preto sú tvorbou alebo vývojom komplexnejších MR systémov v našich podmienkach pomerne zložitá. V Slovenskej republike sa virtuálnej realite, resp. jej technológiám na rôznych úrovniach venuje niekoľko organizácií a firiem. Na Katedre počítačov a informatiky FEI TU v Košiciach sa sleduje problematika virtuálnej reality už niekoľko rokov [1]. Na báze skôr uvedených skutočností boli na katedre vytvorené niektoré virtualizované modely objektov [11] a buduje sa virtuálnoreálny systém PRO-LAND (využívajúci aj skôr opisované technológie MR [5], [6]) po stránke technického aj programového vybavenia.

Táto technológia dáva používateľom možnosť získať zážitok z prostredia zmiešanej reality. Toto riešenie, ako sme už uviedli, je vhodné najmä na prezentáciu dizajnerských návrhov a urbanistických či architektonických štúdií. Je ukážkou novej formy vizualizácie reálnych objektov rozšírených o virtuálne dopĺňajúce informácie. Modely možno vytvárať pomocou 3D modelovacích nástrojov, resp. priamym exportom z CAD nástrojov a zasadzovať ich do reálnej scény. Výslednú scénu zmiešanej reality možno vytvoriť pomocou niektorého zo systémov AR. Na správne umiestnenie virtuálnych modelov na scénu slúžia buď značky, alebo iné pozičné referenčné prídavné zariadenia, ktoré spolu s pohľadom na fyzický svet tvoria reálnu zložku v zmiešanom prostredí. Dokopy tvoria riešenie, ktoré prináša úplne novú formu využívania výpočtových prostriedkov a celkovo rozhrania medzi človekom a výpočtovým systémom.

Podakovanie

Tento článok vznikol za podpory grantového projektu VEGA č. 1/0646/09 „Riešenie úloh spracovania rozsiahlych grafických údajov v prostredí para-

lelných, distribuovaných a sieťových počítačových systémov“ a realizáciou projektu Centrum informačných a komunikačných technológií pre znalostné systémy (číslo projektu: 26220120020) na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- [1] SOBOTA, B., PERHÁČ, J., STRAKA, M., SZABÓ, Cs.: Aplikácie paralelných, distribuovaných a sieťových počítačových systémov na riešenie výpočtových procesov v oblasti spracovania rozsiahlych grafických údajov. Elfa Košice, 2009, 180 s. ISBN 978-80-8086-103-2.
- [2] AZUMA, R.: Tracking Requirements for Augmented Reality. Communications of the ACM Vol. 36, No. 7, 1993, pp. 50 – 51.
- [3] MILGRAM, P., KISHINO, F.: A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE Transactions on Information Systems, Vol E77-D, No.12, 1994, pp. 1 321 – 1 329.
- [4] TUCERYAN, M., GREER, D. S., et al.: Calibration Requirements and Procedures for a Monitor-Based Augmented Reality System. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 1, 1995, 3, pp. 255 – 273.
- [5] BALUN, M.: Vizualizácia modelu lokality s využitím technológií virtuálnej reality. Diplomová práca, KPI FEI TU Košice, 2009.
- [6] VARGA, M.: Vizualizácia 3D modelu s využitím technológií mixovanej reality. Bakalárska práca, KPI FEI TU Košice, 2009.
- [7] EL SHEIKH, A., THYAB AL AJEELI, A., ABU-TAIEH, E. M.: Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications. IGI Publishing, 2008. 456 p. ISBN-13: 978-1-59904-200-8.
- [8] LENOIR, T., LOWOOD, H.: Theaters of War: The Military-Entertainment Complex. Kunstakademie, Laboratorium, Bühne-Schauplätze des Wissens im 17. Jahrhundert/ Collection, Laboratory, Theater, Berlin; Walter de Gruyter Publishers, 2003.
- [9] PETZ, I., NEČAS, P.: Simulation techniques and modelling in training. ICMT 09 International conference on Military Technologies 2009 : Brno, 5.-6. May 2009, University of Defence Brno, Czech republic, 2009, pp. 482 - 485, ISBN 978-80-7231-648-9.
- [10] PORUBÄN, J., VÁCLAVÍK, P.: Separating User Interface and Domain Logic. Analele Universitatii din Oradea, Proc. 8th International Conference on Engineering of Modern Electric Systems, Oradea, May 24 – 26, University of Oradea, Romania, 2007, pp. 90 – 95, ISSN 1223-2106.
- [11] SOBOTA, B., STRAKA, M., PERHÁČ, J.: Some problems of virtual object modeling for virtual reality applications. Journal of Information, Control and Management Systems, Volume 6, No. 1, 2008, pp. 105 – 112. ISSN 1336-1716.

doc. Ing. Branislav Sobota, PhD.
Ing. Michal Balun

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra počítačov a informatiky
Letná 9, 040 20 Kosice
e-mail: branislav.sobota@tuke.sk