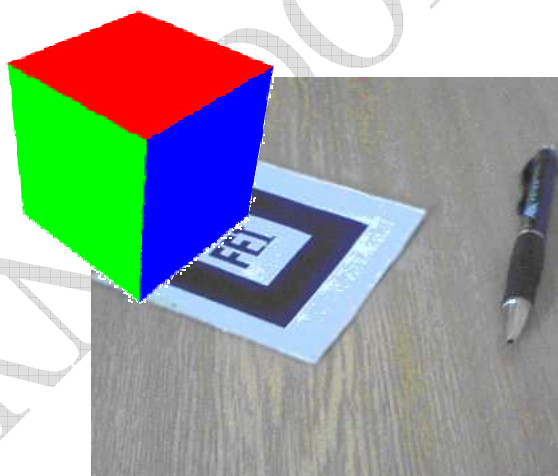


Katedra počítačov a informatiky  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Technická univerzita v Košiciach

Branislav Sobota

## Zmiešaná realita

Pomocný učebný text  
(len pre interné použitie)



# Obsah

Úvod .....	3
<b>1. Funkcia AR systému .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Typy AR a možnosti ich využitia.....</b>	<b>5</b>
2.1 Exteriérová (outdoor) AR.....	5
2.2 Mobilná AR .....	5
2.3 Medicínska AR .....	6
2.4 Armáda a AR .....	6
2.5 AR v navrhovaní .....	7
2.6 AR a výroba, údržba a oprava .....	7
2.7 Výučba a AR.....	8
<b>3. Niektoré AR systémy .....</b>	<b>8</b>
3.1 D'Fusion Studio.....	8
3.2 Metaio.....	9
3.3 ARTag .....	9
3.4 BuildAR.....	9
3.5 AR-media Plugin pre Google SketchUp .....	10
3.6 ARToolkit.....	10
<b>4. Práca s AR aplikáciou.....</b>	<b>11</b>
<b>5. Využitie AR v priemysle .....</b>	<b>12</b>
<b>Záver .....</b>	<b>13</b>
<b>Literatúra.....</b>	<b>13</b>
<b>Ďalšie zdroje.....</b>	<b>14</b>

*Tento učebný text je určený ako interný rozširujúci pomocný učebný text pre predmet Systémy virtuálnej reality. Text obsahuje základný opis virtuálno-reálnych systémov a grafických architektúr.*

Text neprešiel celkovou gramatickou, štylistickou a formátovacou úpravou

## Úvod

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

Virtuálna realita (ďalej VR), pojem, ktorý je v súčasnosti často skloňovaný. Virtuálno-reálny systém predstavuje interaktívny počítačový systém, vytvárajúci ilúziu v danom čase neexistujúceho len syntetizovaného priestoru alebo ešte presnejšie môžeme hovoriť o tzv. dokonalej simulácii v prostredí tesného spojenia človek-výpočtový systém [1]. Virtuálna realita aj keď už má zopár rokov za sebou, predsa je možné povedať, že k jej dokonalému nasadeniu ešte niečo bráni a to najmä: cena, pohodlnosť, pomerne zložitý popisový prostriedky rozhraní [10] a pre komplexné pokrytie všetkých podsystémov systému VR aj výpočtový výkon súčasných počítačov.

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

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

Podľa [2] zmiešaná realita

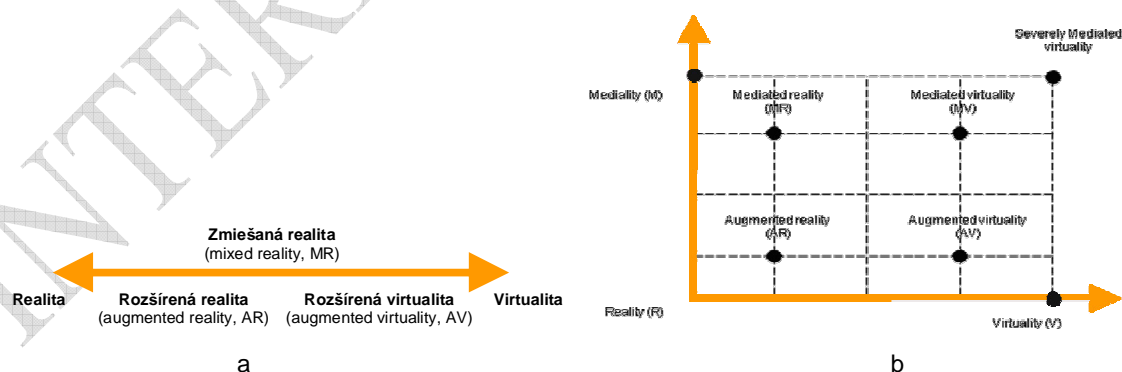
- kombinuje reálne a virtuálne,
- je interaktívna,
- prebieha v reálnom čase,
- je registrovaná v troch dimenziách.

Podľa [3] zmiešaná realita môže vzniknúť využitím aspoň jednej z nasledujúcich technológií: rozšírená realita (augmented reality, ďalej AR) a rozšírená virtualita (augmented virtuality, ďalej AV). Z dôvodu častejšieho používania anglických názvov technológií, budú aj skratky používané v tomto článku odvodené od anglických pomenovaní týchto technológií.

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

Rozšírená virtualita (AV) je podobná technológia ako AR. Na rozdiel od AR, pri AV ide 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 integrované do systému AV. Je umožnená manipulácia ako s virtuálnymi, tak aj reálnymi objektmi v scéne a to všetko v reálnom čase.

Oba tieto systémy sú si dosť podobné a oba spadajú, ako už bolo uvedené, pod pojem takzvanej zmiešanej reality (MR). Zmiešaná realita obsahuje ako rozšírenú realitu (AR), tak isto aj rozšírenú virtualitu (AV). Je to systém, ktorý sa snaží spojiť svet reálny a svet virtuálny 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.1a [3].

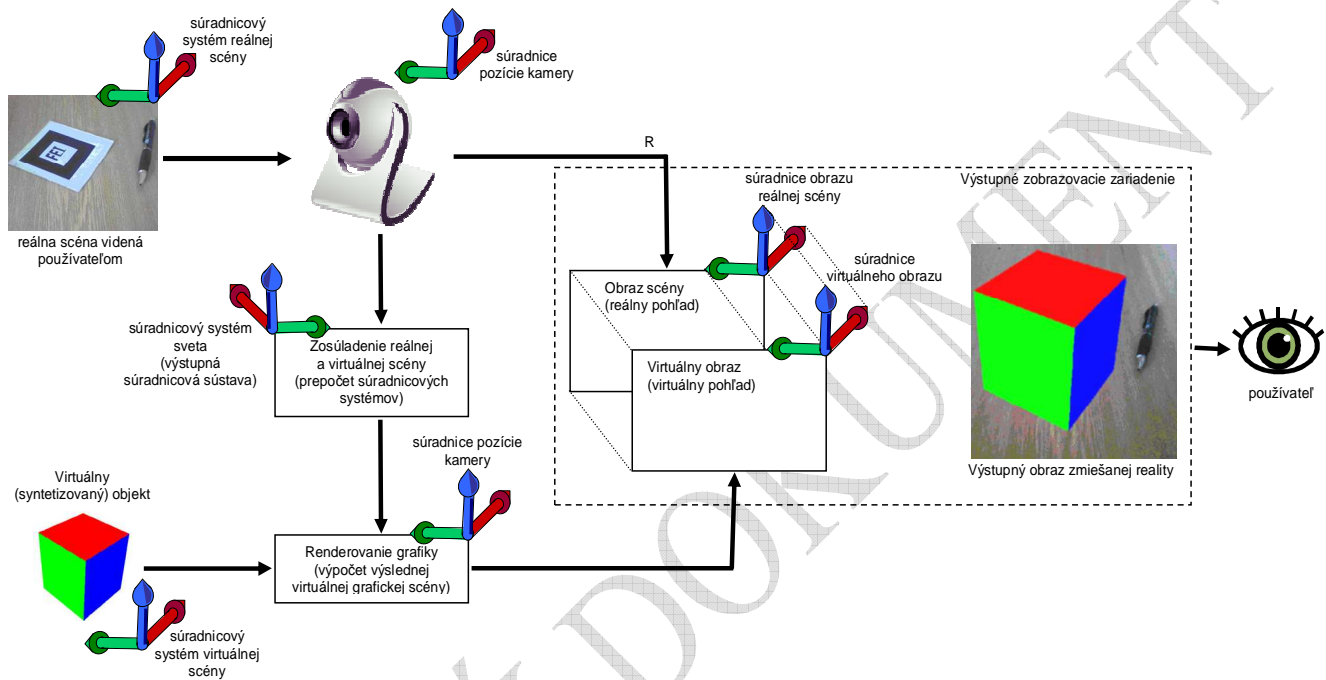


Obr.1 Milgramov prechod medzi reálnym a virtuálnym a Mannova klasifikácia systémov zmiešanej reality

Pri Mannovej klasifikácii (Obr.1b) je klasifikačný priestor rozšírený o *medialitu*. Myslí sa medialita vo forme sprostredkovania. Sprostredkovanie z hľadiska tejto technológie je rozšírený pojem zahrňujúci aj isté prvky prenosu zviditeľnenia (vizualizácie) do iného formátu t.j. transformáciu objektov do „mediálnej“ podoby. V tejto súvislosti je potrebné ešte uviesť pojem mediácia. *Mediácia* je chápaná ako proces prevádzania (transformácie) údajov v rámci vytvárania resp. presunu objektov zahrňujúci aj množinu transformácií umožňujúcich transport údajov na zviditeľnenie (vizualizáciu). Celkovo potom medialita je chápaná ako *interaktívne rozhranie t.j. prostredie styku rozdielnych svetov. Jedná sa teda o mieru možného prepojenia medzi heterogénnymi svetmi, v ktorých sú využívané rozdielne formy sprostredkovania (zviditeľnenia, vizualizácie).*

## 1. Funkcia AR systému

Štandardný systém virtuálnej reality sa snaží úplne ponoriť používateľa do počítačom generovaného prostredia. Toto prostredie je udržiavané systémom, o ktorého zobrazovanú časť sa stará výpočtový systém s grafickým systémom renderujúcim virtuálny svet [1]. Ak má byť vnorenie efektívne, musí sa používateľova myseľ a niekedy aj telo stotožniť so zobrazeným prostredím. To vyžaduje, aby zmeny a pohyby uskutočnené používateľom v reálnom svete korešpondovali s primeranými zmenami v poskytovanom virtuálnom svete. Pretože sa pritom používateľ pozerá na virtuálny svet, neexistuje prirodzené prepojenie týchto dvoch svetov, a preto prepojenie musí byť vytvorené [2]. Systém zmiešanej reality môže byť považovaný za definitívne imersívny systém. Používateľ už nemôže byť viac vnorený do reálneho sveta. Úlohou teraz je previazať virtuálny obraz s tým, čo používateľ vidí. Táto previazanosť je najkritickejšia práve pri systémoch AR, pretože sme oveľa viac citlivejší na vizuálne nepresnosti ako pri systémoch štandardnej virtuálnej reality [4]. Obrázok Obr.2 ukazuje previazanie zobrazovaných plôch, ktoré sa musí vykonať v systémoch zmiešanej reality.



Obr.2 Previazanie zobrazovaných obrazov v systémoch zmiešanej reality

Kamera vykoná perspektívne premietnutie reálneho 3D sveta do obrazu v 2D rovine. Vnútrné (ohnisková vzdialenosť a zakrivenie šošovky) a vonkajšie (pozícia, poloha a nastavenie) parametre zariadenia presne určujú, čo je zobrazované do tohoto obrazu. Generovanie virtuálneho obrazu je realizované pomocou štandardného počítačového grafického systému (napr. na báze OpenGL). Virtuálne objekty sú modelované v odvodenom obraze. Grafický systém vyžaduje informácie o obraze skutočnej scény, aby v nej mohol korektne vykresliť namodelované objekty. Tieto dáta sú použité na kontrolu virtuálnej kamery, ktorá je použitá na vygenerovanie obrazu virtuálnych objektov namodelovaných v scéne. Tento obraz je potom zlúčený s obrazom reálnej scény a tak sa vytvorí výstupný obraz zmiešanej reality na výstupnom zobrazovacom zariadení.

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

- systémy s priamym pohľadom (optical see-through) - používateľ vidí očami priamo skutočný reálny svet doplnený o počítačom generované objekty. Tieto systémy spravidla pracujú s HMD s polopriepustnými displejmi. Potom na Obr. 2 nie je realizované 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 je zobrazená používateľovi 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 sú počas behu rozpoznávané a nahradené virtuálnymi objektmi.
- systémy bez značiek (markerless systems) - vyhodnocovanie a vkladanie je bez značiek, avšak sú potrebné iné doplnkové informácie napr. rozpoznávanie 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 naďalej získava čoraz viac priaznivcov. Preniká aj do odvetví a sfér, kde by sme ju iba veľmi ťažko očakávali. Niektoré z typov a možností jej využitia si rozoberieme v nasledujúcom.

### 2.1 Exteriérová (outdoor) AR

Nová hlavná oblasť súčasného výskumu je využitie AR v exteriéri. Pomocou systému GPS a orientačných senzorov je možné využívať AR aj v exteriéri. Tak isto je k tomu potrebný aj špeciálny "backpack computing systems" (akýsi rupsakový počítač). Jeden s prvých projektov bol systém MARS (Mobile Augmented Reality Systems) vyvíjaný Stevenom Feinerom na Columbia University (<http://graphics.cs.columbia.edu/projects/mars/mars.html>).

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 umožnili tvorcovia z University of South Australia 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-inertiálny orientačný senzor, bežný ovládač v tvare zbrane a štandardný notebook (vo forme spomínaného rupsakového počítača, ktorý nosí hráč na chrbáte). ARQuake je prvá plne funkčná AR herná aplikácia pre vonkajšie použitie. Hra sa nikdy nestala komerčnou, existuje iba v štádiu prototypu, avšak je veľmi významná v oblasti AR a bola inšpiráciou pre ďalšie novšie projekty.



Obr.3 Komponenty systému ARQuake a pohľad používateľa

### 2.2 Mobilná AR

Mobile Augmented Reality alebo aj "mobile AR", je kombinácia AR technológie a výpočtovej technológie pre mobilné telefóny. Aplikácie pre mobilné telefóny sú schopné využívať obe technológie "marker" aj „markerless“ pre videotracking 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 či akcelerometera 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 pre mobilnú telefónnu AR. Aplikácia vyvíjaná v rámci tohto projektu slúži na lepšiu orientáciu v meste a to tak, že na reálne zosnímaný obraz mobilným telefónom dokreslí virtuálne objekty obsahujúce text. Text udáva vzdialenosť k najbližším rozpoznávaným orientačným bodom, alebo používateľa naviguje, aby došiel do cieľa čím kratšou cestou.



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

Ďalší projekt spadajúci 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 ale musia stiahnuť tenisový kurt zo stránky tvorca hry a vytlačiť si ho. Po nainštalovaní bezplatnej hry na mobil stačí, keď svoj fotoaparát na telefóne užívateľ nasmeruje 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 oblasť ako medicína čoraz viac presadzuje zobrazovacie technológie. Preto nie je prekvapením, že sa v poslednom čase do tejto sféry dostávajú aj prvky AR. Väčšina zobrazovacích medicínskych aplikácií sa zaoberá takzvanou "obrazom riadenou chirurgiou". Predoperačné obrazové snímkanie pacienta pomocou CT a magnetickej rezonancie podáva chirurgovi nevyhnutný obraz o pacientovej anatómii. Podľa týchto snímok je potom plánovaná celá operácia. Je vytvorená 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, ktorý sa potom dôkladne preštuduje a následne je naplánovaná operácia. AR vie byť využitá v tomto smere tak, že chirurgický tím vidí snímky CT alebo magnetickej rezonancie previazané na pacientovo telo počas výkonu operácie. Lekár je schopný presne určiť miesto, kde sa má operácia vykonať čím sa zjednoduší práca lekára a ušetrí pacienta niektorých, častokrát bolestivých, predoperačných zákrokov a vyšetrení.



Obr.6 Medicínska AR - zobrazenie snímok priamo na pacientove telo

### 2.4 Armáda a AR

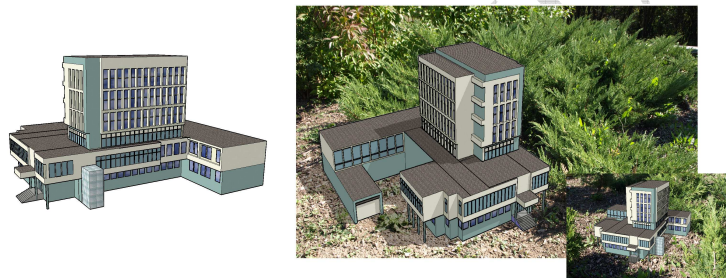
V armáde sa už dlhší čas využíva systém, kde sú pilotovi na displej v prednej časti kokpitu lietadla premietané dôležité informácie. To sa tiež dá považovať za istú formu AR. SIMNET distribuuje cvičný simulačný systém zahrňujúci všetky prvky AR [8]. Vojaci používajú helmy s pripevneným špeciálnym priehľadným displejom a špeciickým diaľkomerom. Počas cvičenia sa tak môžu vojaci pozrieť na prázdny horizont, na ktorom bude ale simulovaná napríklad helikoptéra. Takéto simulované cvičenia sú menej nákladné a často krát aj bezpečnejšie. V skutočnej bojovej situácii sú tieto displeje určené na podávanie dodatočných informácií. Vojak vidí skutočné bojové pole, no v pripevnenom displeji sú mu podávané dodatočné rozširujúce informácie, napríklad informácie o skrytých nepriateľoch, ktorých on sám nemôže vidieť, ale boli spozorovaní iným vojakom, alebo zariadením. Oproti klasickej výzbroji a výstroji je pridané GPS, rádiové spojenie, displej, pripevnený 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. Isté prvky využíva aj Armáda SR (systém MILES2000 (<http://www.tesslcs.com>)) vo svojom výcviku, najmä pri simulačných cvičeniach [9].



Obr.7 Vojská aplikácia AR – súčasti výstroja

## 2.5 AR v navrhovaní

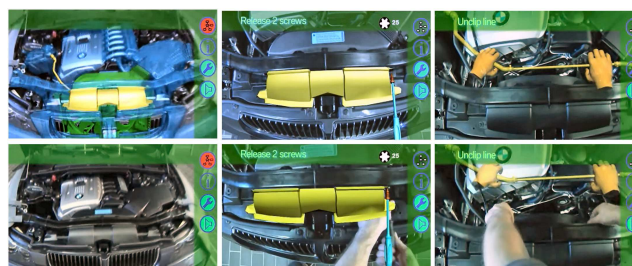
V súčasnosti je bežné, že na komplexných projektoch pre zákazníka už nepracuje iba jeden človek, ale viacerí a často krát sa stáva, že na projekte sa podieľajú dokonca celé tímy dizajnérov. Projekt je rozdelený na viac častí, ktoré sú rozdelené medzi tímy. Niekedy sa môže stať, že klient chce vidieť už hotový prototyp, alebo v akom štádiu je daný projekt. Ak návrh ešte nie je hotový, alebo sú hotové iba jeho časti, mohol by nastať problém. Tu AR prichádza s riešením tohto problému. Ak by konferenčná miestnosť bola vybavená AR systémom, je možné prototyp alebo jeho časti virtualizovať. Klienti by tak mohli preskúmať prototyp rovnako ako aj 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 tento účel 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 napr. priamo zasadený do reálneho sveta a prechádzať sa v jeho reálnom okolí. A to všetkom predtým, 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 neobvyklým prvkom, súčiastkou, pracovným postupom, alebo ak treba opraviť niečo, s čím sa ešte nestretol, nastane pravdepodobne zdĺhavé hľadanie v manuáloch. Tomuto predídeme, ak nainštalujeme do výroby, údržby, alebo opravy 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 pracovný postup, či už tým, že ho upozorní na to, ktorý diel kam patrí, upozorní ho na jeho natočenie, alebo na ňom uvidí popis jednotlivých dielov. Podobné už fungujúce systémy môžeme nájsť aj v iných odvetviach, napríklad v armáde. Armáda vyvinula vestu s bezdrôtovým pripojením a spolu so zobrazovacím zariadením tvoria komplet, ktorý sa využíva pri oprave. Personálu bezdrôtové spojenie vesty umožňuje stiahnuť si potrebné manuály a obrázky opravovaného zariadenia alebo vybavenia. Zobrazovacie zariadenie potom dovoľuje si tieto manuály preštudovať aj v reálnom čase, pri samotnej práci. Budúca verzia tohto systému má rozpoznať tieto obrázky a priamo zobrazí pracovný postup, ktorý oprava vyžaduje. Ďalším z mnoho príkladov je firma BMW ([http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented\\_reality\\_workshop\\_1.html](http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented_reality_workshop_1.html)). Výskumníci firmy BMW vyvinuli AR systém, ktorý učí a pomáha pracovníkom servisu hľadať a opravovať prípadné poruchy vozidla. Ukážky z toho, čo vidí pracovník servisu pri oprave sú na obrázku Obr.9.



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

## 2.7 Výučba a AR

Podobne ako v iných oblastiach, tak isto aj v školstve si nové technológie hľadajú uplatnenie. A práve školské prostredie by malo tieto nové metódy, ktoré sú často krát na pôde školy vynájdené a zdokonaľované, podporovať. V budúcnosti by sa práve systémy ako 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/>). Je to projekt, ktorý má pomôcť vylepšiť vyučovanie chémie a biológie v školách za pomoci rozšírenej reality. Študenti by sa v budúcnosti mohli pomocou tohto projektu učiť skladať molekuly v 3D priestore z atómov-loptičiek, počítačovo nahradených v reálnom čase za 3D modely zvolených prvkov. V biológii napríklad môžeme sledovať 3D model zažívacieho ústrojenstva tak, ako ho poznáme z klasickej biológie. Rozdiel je však v tom, že by sa mohli farebne odlíšiť, vysvietiť alebo zobraziť dodatočné informácie, napríklad časti žalúdka, o ktorej sa práve učí. V rámci tohto projektu bolo skonštruované zariadenie zvané Spinnstube. Je to flexibilné, robustné a cenovo prístupné zariadenie obsahujúce ako zobrazovacie zariadenie, tak aj 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 informácie premietajúce sa na zrkadlo. Pomocou Spinnstube tak môžu študenti interaktívne pracovať s trojrozmernými výukovými materiálmi, aby sa tak názornou a experimentálnou metódou výuky umocnilo ich komplexné porozumenie daného procesu. Žiaci si tak osvoja nielen príslušné vedecké znalosti, ale zlepšia sa aj ich schopnosti tímovej spolupráce a prezentácie. Budú sa môcť učiť metódou „learning by doing“, čiže praktickou výukou. 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. K týmto expertom patria experti z oblasti pedagogiky a didaktiky, ale aj školy z niekoľkých európskych zemí.



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

## 3. Niektoré AR systémy

Po opise typov AR si v tejto kapitole uvedieme niektoré dostupné AR systémy, či už komerčného ale „freeware“ charakteru. Ako teda už bolo uvedené pre vytvorenie dojmu zmiešanej reality a pre ponorenie užívateľa do nej, je potrebné v model vložiť do virtuálnej scény. Na tento účel bolo už vytvorených niekoľko systémov. Sú vytvorené pre komerčné účely, najmä na prezentačné účely, 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 veľmi vysokou kvalitou, s využitím jednoduchého kódu a zabezpečením takého obsahu aby sa výborne prezentovali používateľove predstavy. Tento systém je „markerless“ a teda umožňuje prácu s 2D aj 3D objektmi bez potreby špecializovaných značiek. D'Fusion je zložený 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 používaním tohto systému skraca čas a znižuje náklady na vývoj použitím komfortného grafického rozhrania a skriptovacieho jazyka (Lua). Na rozpoznávanie nemusia byť použité špeciálne značky, ale napr. existujúce produkty. Výslednú aplikáciu stačí vytvoriť raz a potom je ju možné už prezentovať prakticky na ľubovoľnej rozšírenej platforme (osobný počítač, systém domácej zábavy či mobilné zariadenie). Okrem už uvedeného systém umožňuje resp. poskytuje:

- definovať vlastnú scénu, reakciu a interakciu a to všetko riadiť pomocou skriptovacieho jazyka Lua.
- pomocou finalizačného nástroja zabudovaného do AutoDesk Maya aplikácie možnosť vytvárať, prezerat' a exportovať 3D obsah do vizualičných programov pracujúcich v reálnom čase.
- optimalizáciu pre kalibráciu kamier a senzorov
- vysokovýkonné rendrovacie (vykresľovacie) jadro umožňujúce plynulé zmiešavanie virtuálneho a reálneho.
- otvorené programové rozhranie umožňujúce ďalším programátor vytváranie zásuvných modulov (plugin) pre niektoré špecifické úlohy
- robustný sledovací a rozpoznávací systém 2D/3D objektov/cielov pracujúci so šiestimi stupňami voľnosti a so zabudovaným mechanizmom na detekciu tvárí.





Obr.11 Ukážka prostredia D'Fusion Studia

### 3.2 Metaio

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

### 3.3 ARTag

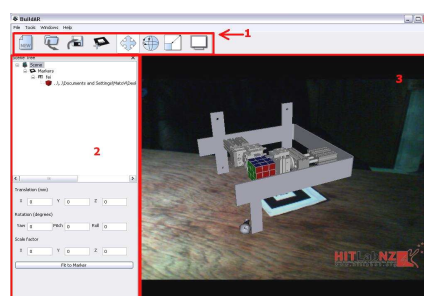
ARTag je systém pre AR, pomocou ktorého sa virtuálne objekty, hry a animácie zobrazujú v reálnom svete a dejú sa v reálnom čase. ARTag používa značky "markers", ktoré sú priradené objektom alebo v prostredí a umožňujú algoritmom počítačového videnia vypočítať pozíciu kamery v reálnom svete a priradiť 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 užívateľ postaví pred plátno, na ktoré je premietaný jeho obraz snímaný kamerou. Tento obraz je však rozšírený o virtuálne objekty, ktoré dopĺňujú jeho reálny obraz. Správne umiestnenie objektov v 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 rozoznávanie značiek. Využíva metódu digitálneho kódovania značiek namiesto korelácie používanou systémom ARToolKit. Táto metóda dosahuje skoro nulového výskytu nesprávneho rozpoznania značky alebo vzájomnej zámery značiek. ARToolKit je rýchlejší pri menšom počte značiek a najmä ak je spustený vo svojom predvolenom polovičnom nastavení a ARTag v plnom rozlíšení. V prípade, že je potrebné použiť väčší počet značiek, doba výpočtu ARToolKit rastie, pretože algoritmus sa sústreďuje na rozpoznanie 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 súčasnej dobe pozastavený. Taktiež nie je možné získať žiadne ďalšie potrebné údaje a podklady. Jediným dostupným zdrojom ostáva voľne stiahnutelné 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](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 je dodávaná s dvomi značkami predgenerovanými značkami (markermi), ďalšie je možné dodefinovať. Program umožňuje v jednej scéne rozlišovať viac značiek a následne zobrazovať 3D modely v reálnom svete. Ďalej BuildAR umožňuje:

- možnosť vytvorenia vlastných značiek a následne použitie,
- pridávať na scény 3D objekty vo formáte Wavefront Object File (.OBJ),
- meniť pozíciu 3D objektu vzhľadom k značke, meniť orientáciu a veľkosť objektu,
- možnosť uloženia scény a neskôršie načítanie scény t.j. načítanie scény, ktorej odpovedá značka s priradeným objektom.

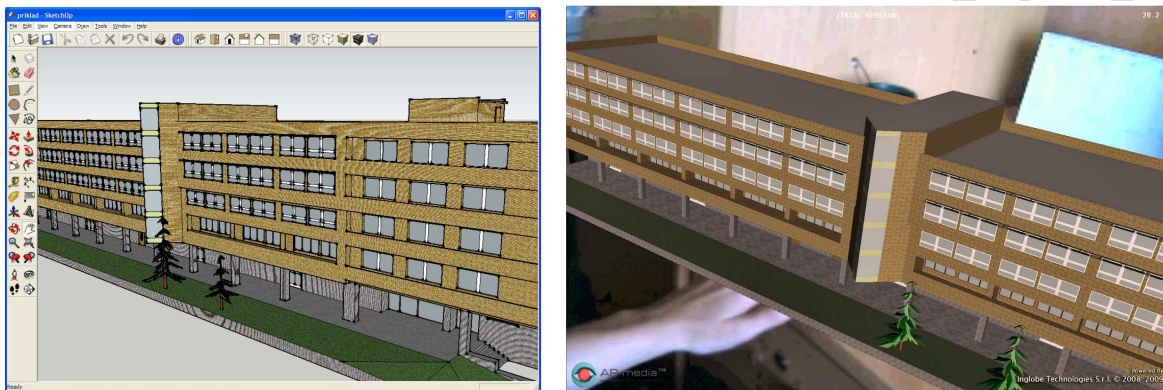
BuildAR používateľské rozhranie je rozdelené na tri časti: panel nástrojov (1), okno so zoznamom použitých značiek (2) a samotná AR scéna (3). Kamera potom sníma video v reálnom čase a premieta ho v tomto okne. Aplikácia rozpoznáva značku z reálneho sveta a po jej detekcii priradí značke 3D model. Rozdelenie je zobrazené na obrázku Obr.12.



Obr.12 Prostredie aplikácie BuildAR

### 3.5 AR-media Plugin pre Google SketchUp

AR media plugin ([http://www.inglobetechnologies.com/en/products/arplugin\\_su/info.php](http://www.inglobetechnologies.com/en/products/arplugin_su/info.php)) pre SketchUp je dostupné rozšírenie pre program Google SketchUp, v ktorom je možné vytvárať 3D modely najmä 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 je namodelovaný objekt zobrazovaný priamo na stole používateľa. To umožňuje detailnejšie, pozornejšie a zaujímavejšie štúdium zobrazeného modelu. Všetko, čo je potrebné pre túto vizualizáciu, je webkamera, 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, 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, USB 2.0 webová kamera s 30FPS a 640x480 rozlíšením. V programovom vybavení je potrebný Microsoft Windows® XP/Vista, s aktuálnymi video ovládačmi a Google SketchUp™ 6 alebo novší. Plugin je možné získať v dvoch verziách, a to vo verzii Trial a v registrovanej verzii. Trial verzia umožňuje skúmať rozšírenú realitu v programe Google SketchUp™ počas obmedzenej doby 30 sekúnd (opakovane). Počas tejto doby je stále zobrazované logo firmy Inglobe Technologies s.r.l. Registrovaná verzia nemá časové obmedzenie a nezobrazuje ani logo firmy. Navyše umožňuje používateľom upraviť si výstupnú obrazovku o ich správy a ponúka ďalšie funkcionality. Registrovaná verzia je ale spoplatnená a ponúkaná v troch možnostiach registrácie: profesionálna verzia, verzia pre študentov a verzia pre výuku. Rozdiel je v cene za produkt a možnosti komerčného využitia produktu. AR-media plugin a jeho výstup v Trial neregistrovanej verzii zobrazuje Obr.13.



Obr.13 Ukážka funkcie pluginu AR-media

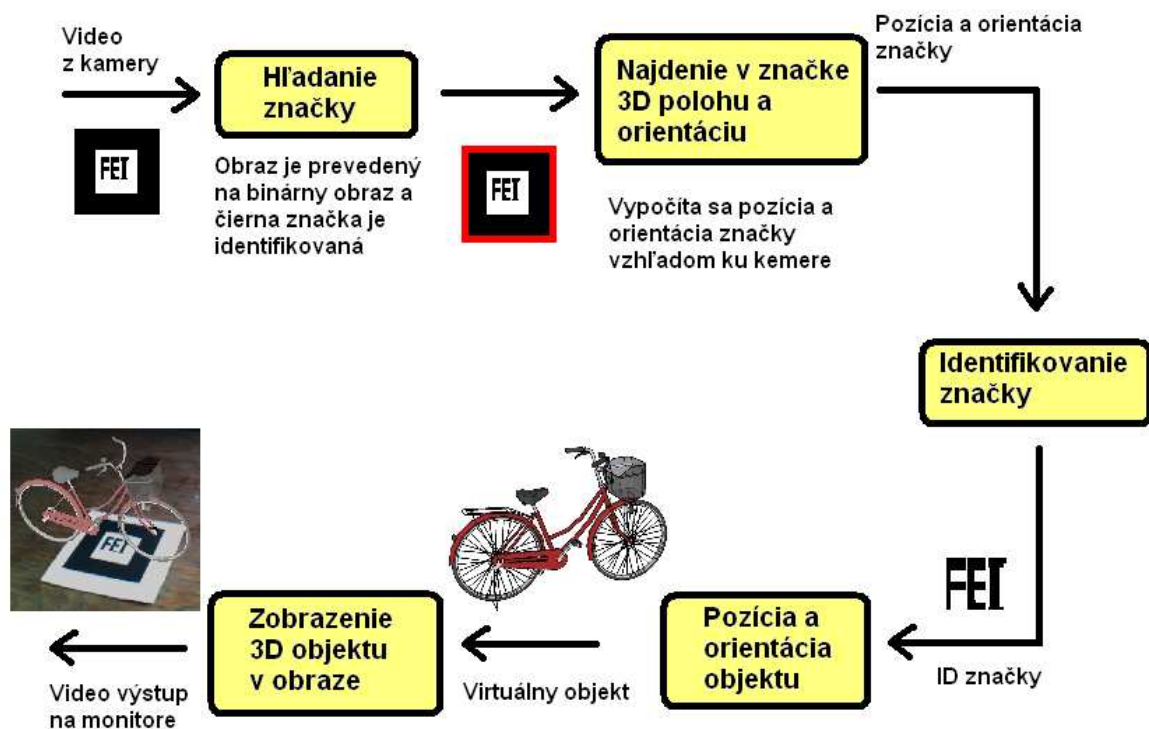
### 3.6 ARToolkit

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

Niektoré ďalšie možnosti ARToolKit-u sú nasledovné:

- jednoduché prostredie pre vytvorenie AR aplikácií
- multiplatformové knižnice (Windows, Linux, MAC OS, SGI)
- prekrýva 3D virtuálny objekt 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
- 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 nie komerčné využitie

ARToolKit bol vyvinutý doktorom Hirokazu Kato a podporovaný HIT Lab (Human Interface Technology Laboratory) na University of Washington, HIT Lab NZ na University of Canterbury, New Zealand a takisto aj firmou ARToolworks.Inc, Seattle.



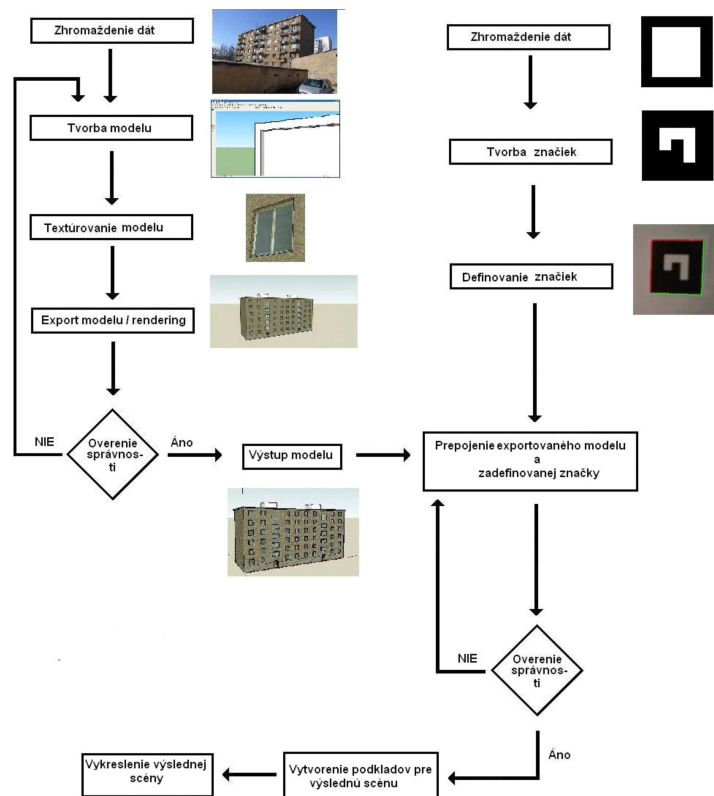
Obr.14 Princíp práce aplikácie na báze ARtoolkit

#### 4. Práca s AR aplikáciou

Pri práci s AR aplikáciou v princípe používateľ prechádza niekoľkými fázami. Prvou je príprava virtuálnych objektov (modelov). Toto 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.). Treťou fázou je výber, vytvorenie alebo prípadné rozvrhnutie značiek (markerov). Ďalšou fázou je zapojenie potrebných periférnych zariadení a spustenie aplikácie AR, nakalibrovanie, registrácia značiek a ich priradenie k objektom (object-marker relation). Poslednou fázou je už vlastné zobrazovanie zmiešanej reality. Prechod treťou fázou je závislý od toho, či sa jedná o AR systém pracujúci so značkami alebo bez nich. Ak systém pracuje bez značiek potom vo štvrtnej fáze sa priradenie objektov k značkám samozrejme neuskutočňuje.

Jedným z problémov v tejto metodológii je návrh značiek pre modely a ich veľkosť. Na rozpoznanie značky totiž má vplyv okrem jej komplexnosti a zložitosti aj rozlíšenie kamery a vzdialenosť, z ktorej je značka snímaná. V praxi platí: čím je jednoduchšia značka, tým lepšie sa dá rozpoznať z väčšej vzdialenosti. Odporúčajú sa značky, ktoré obsahujú väčšie kontrastné oblasti. Na rozpoznanie značky takisto 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. Takisto je problém pri rozpoznaní značky pri zníženom svetle, orientácii značky voči kamere. Problém nastáva aj vtedy, ak značku naklápame voči kamere, a tak je čoraz menej rozpoznateľná. Značka sa môže ťažko rozpoznať aj v prípade presvietenia, kedy je svetelný zdroj osvetľujúci značku veľmi silný a svetlo sa odráža od niektorých častí značky, čo spôsobuje problémy pri jej rozpoznaní. Samozrejme, že značka nemusí byť len vytlačená na papieri alebo napr. samolepke. Možné je použitie aj značiek viditeľných len v ultrafialovom spektre a pod.

Vytváranie výslednej scény zmiešanej reality je teda viac krokový proces. Tento proces napriek jednoduchému popisu 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, ktoré sú potrebné pre 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. Avšak výsledkom je potom vytvorenie virtuálnej scény zmiešanej reality, ktorá v sebe spája prvky reálne s prvkami virtuálnymi a dáva tak používateľovi pocit obohatenia reálneho sveta o dodatočné informácie, čím môže zvyšovať vlastne komfort jeho činnosti a otvára mu možnosti aplikovania nových, netradičných či už návrhových, overovacích alebo exekutívnych postupov alebo vytvára len nové vizuálne pocitové dojmy. Na obrázku Obr.15 je komplexne zobrazený celkový postup pri práci s AR aplikáciou [5].



Obr.15 Proces vytvárania výslednej scény zmiešanej reality

## 5. Využitie AR v priemysle

Ak je teda k dispozícii model a príslušné programové AR vybavenie je možné potom tento model „primiešať“ a vizualizovať na výstupnom zariadení. Aké je možné využitie technológií MR a kedy je vhodné ich pri priemyselných či architektonických projektoch použiť? V princípe existuje niekoľko bodov na časovej osi pre úspešné nasadenie tejto technológie. Jedným z prvých miest je ešte štádium projektovania, resp. v čase, keď sa plánuje realizovať alebo modernizovať technologická stavba. Spravidla každý má záujem ušetriť svoje vložené investície a chce predchádzať problémom s nutnými dodatočnými zmenami počas realizácie stavby, ktoré predražujú celkové náklady. Práve preto je vhodné využitie takýchto technológií už vo fáze návrhu, ktoré mu pomôžu znížiť celkové náklady. Jedným z nich je využitie modelov vytvorených priamo z projektovej dokumentácie a „zasadených“ do reálneho prostredia. Nesporne snáď najviac sa dnes tieto technológie dajú 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 zosumarizovať základné aspekty využitia týchto technológií prípadne ďalšie možnosti využitia:

- Možnosť pozrieť si výslednú technológiu ešte pred samotnou realizáciou za pomoci AR projekcie, teda možnosť „predchádzať sa“ uprostred novej technológie v prípadných 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 byť potlačené jazykové bariéry priamou manipuláciou nad virtuálnymi objektmi pri komunikácii.
- Pohľady na projekt, ktoré v reáli nie sú možné
- V kombinácii s GPS a prípadnými mobilnými zariadeniami orientácia vo výrobnom podniku alebo ako prvok rozhrania informačného systému podniku, kde môžu byť zobrazované doplnkové informácie o objektoch (napr. evidenčné číslo, dostupnosť na sklade či zodpovednú osobu).
- Možnosť pripraviť si a natréňovať postup dopravy a montáže s ohľadom na rozmer zariadenia a dostupného priestoru
- 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 vysokozdvížnom vozíku, tréning bezpečnostných jednotiek
- Možnosť prípravy efektívnych prezentácií a podkladov pre budúcu reklamnú resp. investičnú kampaň.

Všetky tieto aspekty môžu priniesť úspory, výška ktorých je ale závislá od mnohých činiteľov. Okrem už spomínaných riešení a systémov je dostupných v súčasnosti mnoho ďalších, 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 priestory alebo výrobné priestory. Pre riadenie výroby je tu snaha o štandardizáciu AR zobrazovača

pre 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 aj niektoré inovatívne postupy prezentované firmou Boeing (<http://www.boeing.com>). Veľmi veľa jej 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](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, aj keď je nutné povedať, že vyžaduje naozaj pomerne veľké finančné zdroje. Z tohto dôvodu tvorba alebo vývoj komplexnejších MR systémov v našich podmienkach je pomerne obtiažna. Z hľadiska organizácií či firiem sa v Slovenskej republike venuje virtuálnej realite resp. jej technológiám na rôznych úrovniach niekoľko. 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 virtuálno-reálny systém PROLAND (využívajúci aj skôr popisované technológie MR [5][6]) ako po stránke technického tak i programového vybavenia.

Táto technológia dáva používateľom možnosť získať zážitok z prostredia zmiešanej reality. Toto riešenie, ako už bolo uvedené, je vhodné najmä na prezentáciu dizajnerských návrhov, urbanistických a architektonických štúdií. Je ukázkou novej formy vizualizácie reálnych objektov rozšírených o virtuálne dopĺňujúce informácie. Modely je možné vytvárať pomocou 3D modelovacích nástrojov resp. priamym exportom z CAD nástrojov a zasadiť do reálnej scény. Následnú výslednú scénu zmiešanej reality je možné vytvoriť pomocou niektoré zo systémov AR. Na správne umiestnenie virtuálnych modelov v scéne 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 vo využívaní výpočtových prostriedkov a celkovo v rozhraniach človek-výpočtový systém.

## 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, ps. 180, 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. 1321-1329
- [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. 456p. ISBN-13: 978-1-59904-200-8
- [8] LENOIR, T., LOWOOD, H.: "Theaters of War: The Military-Entertainment Complex", Kunstkammer, 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] PORUBĂN, J., VĂCLAVÍK, 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

## Ďalšie zdroje

1. Hagbi, N.; Grasset, R.; Bergig, O.; Billinghamurst, M.; El-Sana, J.; , "In-Place Sketching for content authoring in Augmented Reality games," Virtual Reality Conference (VR), 2010 IEEE , vol., no., pp.91-94, 20-24 March 2010
2. Liestol, G.; , "Augmented reality and digital genre design — Situated simulations on the iPhone," Mixed and Augmented Reality - Arts, Media and Humanities, 2009. ISMAR-AMH 2009. IEEE International Symposium on , vol., no., pp.29-34, 19-22 Oct. 2009
3. Juan, C.; Beatrice, F.; Cano, J.; , "An Augmented Reality System for Learning the Interior of the Human Body," Advanced Learning Technologies, 2008. ICALT '08. Eighth IEEE International Conference on , vol., no., pp.186-188, 1-5 July 2008
4. Burke, J.W.; McNeill, M.D.J.; Charles, D.K.; Morrow, P.J.; Crosbie, J.H.; McDonough, S.M.; , "Augmented Reality Games for Upper-Limb Stroke Rehabilitation," Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), 2010 Second International
5. Lamounier, E.; Bucoli, A.; Cardoso, A.; Andrade, A.; Soares, A.; , "On the use of Augmented Reality techniques in learning and interpretation of cardiologic data," Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE , vol., no., pp.610-613, Aug. 31 2010-Sept. 4 2010
6. Blum, T.; Heining, S.M.; Kutter, O.; Navab, N.; , "Advanced training methods using an Augmented Reality ultrasound simulator," Mixed and Augmented Reality, 2009. ISMAR 2009. 8th IEEE International Symposium on , vol., no., pp.177-178, 19-22 Oct. 2009
7. Miyashita, T.; Meier, P.; Tachikawa, T.; Orlic, S.; Eble, T.; Scholz, V.; Gapel, A.; Gerl, O.; Arnaudov, S.; Lieberknecht, S.; , "An Augmented Reality museum guide," Mixed and Augmented Reality, 2008. ISMAR 2008. 7th IEEE/ACM International Symposium on , vol., no., pp.103-106, 15-18 Sept. 2008
8. Jiyoung Kang; Jung-hee Ryu; , "Augmented Reality Window: Digital reconstruction of a historical and cultural site for smart phones," Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH), 2010 IEEE International Symposium On , vol., no., pp.67-68, 13-16 Oct. 2010
9. Henderson, S.; Feiner, S.; , "Exploring the Benefits of Augmented Reality Documentation for Maintenance and Repair," Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on , vol.PP, no.99, pp.1, 0
10. Waechter, C.A.L.; Pustka, D.; Klinker, G.J.; , "Vision based people tracking for ubiquitous Augmented Reality applications," Mixed and Augmented Reality, 2009. ISMAR 2009. 8th IEEE International Symposium on , vol., no., pp.221-222, 19-22 Oct. 2009
11. Zainuddin, N.M.M.; Zaman, H.B.; Ahmad, A.; , "Developing Augmented Reality book for deaf in science: The determining factors," Information Technology (ITSim), 2010 International Symposium in , vol.1, no., pp.1-4, 15-17 June 2010
12. Sang Hwa Lee; Junyeong Choi; Jong-il Park; , "Interactive e-learning system using pattern recognition and augmented reality," Consumer Electronics, IEEE Transactions on , vol.55, no.2, pp.883-890, May 2009
13. Aw Kien Sin; Zaman, H.B.; , "Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality book-based educational tool," Information Technology (ITSim), 2010 International Symposium in , vol.1, no., pp.1-6, 15-17 June 2010
14. You, S.; Neumann, U.; , "Mobile Augmented Reality for Enhancing E-Learning and E-Business," Internet Technology and Applications, 2010 International Conference on , vol., no., pp.1-4, 20-22 Aug. 2010
15. Nguyen Quang Tung; Nguyen Thi Ngoc Vinh; Heesung Jun; , "A pipelined augmented reality system," Strategic Technologies, 2008. IFOST 2008. Third International Forum on , vol., no., pp.359-363, 23-29 June 2008
16. Papagiannis, H.; , "Augmented Reality (AR) joiners, a novel expanded cinematic form," Mixed and Augmented Reality - Arts, Media and Humanities, 2009. ISMAR-AMH 2009. IEEE International Symposium on , vol., no., pp.39-42, 19-22 Oct. 2009
17. White, S.; Feng, D.; Feiner, S.; , "Interaction and presentation techniques for shake menus in tangible augmented reality," Mixed and Augmented Reality, 2009. ISMAR 2009. 8th IEEE International Symposium on , vol., no., pp.39-48, 19-22 Oct. 2009
18. Hagbi, N.; Bergig, O.; El-Sana, J.; Billinghamurst, M.; , "Shape recognition and pose estimation for mobile augmented reality," Mixed and Augmented Reality, 2009. ISMAR 2009. 8th IEEE International Symposium on , vol., no., pp.65-71, 19-22 Oct. 2009
19. Scheggi, S.; Salvietti, G.; Prattichizzo, D.; , "Shape and weight rendering for haptic Augmented Reality," RO-MAN, 2010 IEEE , vol., no., pp.44-49, 13-15 Sept. 2010
20. Lee, I.; , "Towards Wireless Augmented Reality A Review of its Enabling Technologies," Ubiquitous Virtual Reality, 2009. ISUVR '09. International Symposium on , vol., no., pp.25-28, 8-11 July 2009
21. Xinyu Li; Dongyi Chen; Shiji Xiahou; , "Ubiquitous Augmented Reality System," Knowledge Acquisition and Modeling, 2009. KAM '09. Second International Symposium on , vol.3, no., pp.91-94, Nov. 30 2009-Dec. 1 2009

22. Hyung Min Park; Seok Han Lee; Jong Soo Choi; , "Wearable augmented reality system using gaze interaction," Mixed and Augmented Reality, 2008. ISMAR 2008. 7th IEEE/ACM International Symposium on , vol., no., pp.175-176, 15-18 Sept. 2008
23. Wen-Chao Chen; Fu-Jen Hsiao; Chung-Wei Lin; , "An automatic parallax adjustment method for stereoscopic augmented reality systems," Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2010 9th IEEE International Symposium on , vol., no., pp.215-216, 13-16 Oct. 2010
24. Sangwoo Lee; Hoiju Jung; Hyunjong Song; Shinsuk Park; , "Development of immersive augmented reality interface system for construction robotic system," Control Automation and Systems (ICCAS), 2010 International Conference on , vol., no., pp.2309-2314, 27-30 Oct. 2010
25. Li Yi-bo; Kang Shao-peng; Qiao Zhi-hua; Zhu Qiong; , "Development Actuality and Application of Registration Technology in Augmented Reality," Computational Intelligence and Design, 2008. ISCID '08. International Symposium on , vol.2, no., pp.69-74, 17-18 Oct. 2008
26. Oda, O.; Feiner, S.; , "Interference avoidance in multi-user hand-held augmented reality," Mixed and Augmented Reality, 2009. ISMAR 2009. 8th IEEE International Symposium on , vol., no., pp.13-22, 19-22 Oct. 2009
27. Changhun Chae; Kwanghee Ko; , "Introduction of Physics Simulation in Augmented Reality," Ubiquitous Virtual Reality, 2008. ISUVR 2008. International Symposium on , vol., no., pp.37-40, 10-13 July 2008
28. Perritaz, D.; Salzmann, C.; Gillet, D.; , "Quality of experience for adaptation in augmented reality," Systems, Man and Cybernetics, 2009. SMC 2009. IEEE International Conference on , vol., no., pp.888-893, 11-14 Oct. 2009