

Využívanie Open Source nástrojov pri aplikácii rozšírenej reality v technológii montáže (1)

Tento článok opisuje aplikačnú oblasť prvkov rozšírenej reality so zameraním na ich uplatnenie v procesoch montáže.

V prvej časti prináša informácie o súčasnom stave riešení v tejto oblasti a bližšie rozoberá problematiku trackingu polohy a orientácie, ako aj súčasných riešení celkového pohybu virtuálnych objektov s využitím komerčných zariadení pracujúcich na princípe markerov.

V ďalšej časti prechádza k priblíženiu inovácie riešenia vo forme využitia Open Source nástrojov na zisťovanie orientácie a polohy v reálnom pracovnom prostredí. Hlavnou časťou článku je opis novo vytvorenej aplikácie, ktorá využíva vzájomné prepojenie reálnych dát získaných z pracovnej oblasti s prvkami virtuálneho prostredia, čo predstavuje platformu pre ďalší progres v oblasti aplikácie prvkov rozšírenej reality.

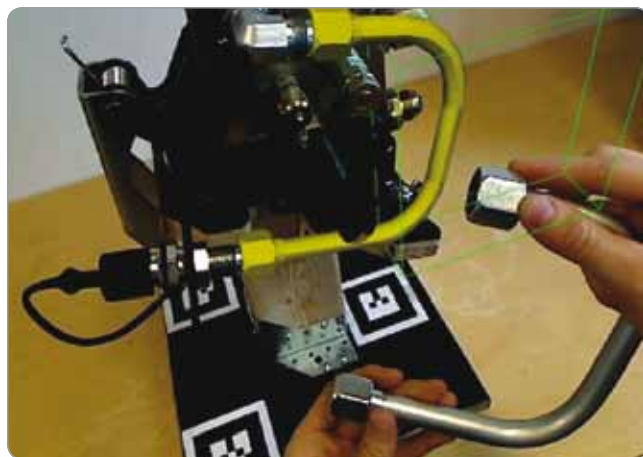
Riešenie otázok z oblasti virtuálnej reality sa na začiatku týkalo prevažne rozličných aplikácií súvisiacich s vizualizačnými aspektmi, ktoré ponúkala. Rozvíjala sa hlavne na účely prezentácií, demonštrácií a zábavného priemyslu. V posledných rokoch sa stalo samozrejmosťou, že princípy a nástroje virtuálnej reality sú zapájané v oblastiach s omnoho praktickejším účelom. Aj z pohľadu výrobných technológií je kľúčovou implementačná oblasť virtuálnej reality. Novým trendom je snaha o podporu reálnych výrobných procesov s doplnením pracovného prostredia o prvky vytvorené virtuálne – rozšírená realita (Augmented Reality – AR). Typickými oblasťami využitia rozšírenej reality vo výrobe je implementácia elementov AR na optimalizáciu pracovného prostredia strojov, zlepšenie ergonómie pracoviska, riešenie a simulácie materiálových a energetických tokov, dispozičné plánovanie, technológie spájania materiálu a ďalšie. V neposlednom rade sú nástroje vzniknuté kombináciou reálneho a virtuálneho prostredia využívané v procesoch tvorby zostáv. Takáto problematika je predmetom výskumu a vývoja v mnohých veľkých spoločnostiach. Príkladom je firma VTT (Fínsko), kde sa vývoj v oblasti nástrojov virtuálnej reality spočiatku spájal s herným priemyslom, v súčasnosti má spoločnosť vyvinutý rad vlastných riešení s využiteľnosťou v priemysle. Tento príspevok opisuje obvyklé spôsoby využitia AR v montážnych procesoch a následne prechádza k opisu krokov potrebných na vytvorenie vlastnej aplikácie využívajúcej elementy AR na podporu a zvýšenie kvality montážnych celkov. Vďaka využívaniu princípov Open Source filozofie predstavuje nová opisovaná aplikácia vhodný nástroj na širšie a cenovo dostupnejšie riešenia, ktoré by boli zároveň flexibilnejšie a efektívnejšie pri riešení problémov konkrétneho používateľa [5].

Zisťovanie polohy

Ako už bolo spomenuté v predchádzajúcom texte príspevku, AR systém vytvára komplexný pohľad, kde sa virtuálne priestory prelínajú z reálnymi scénami, a zároveň ponúka základný pracovný priestor na prácu konštruktéra alebo technológa. Montážny proces obsahujúci elementárne prvky obsiahnuté vo filozofii AR poskytuje nové špeciálne nariadenie pre strojársku oblasť. Konečný montážny návrh obsahuje všetky funkčné 3D prvky aplikované v zostave bez akejkoľvek montážnej chyby. Aplikácia na podporu montážneho procesu bola vyvinutá na zlepšenie a zjednodušenie určovania presnej polohy pre montážne prvky. Vďaka svojim možnostiam, ktoré poskytuje, vytvára priestor na jej využitie v mnohých priemyselných oblastiach. Problém, ktorý musí byť riešený počas zobrazovacieho cyklu, sa skladá z dvoch častí. Prvá z nich je vysvetlenie transformačného procesu trojrozmerného prostredia do dvojrozmerného obrazu na displeji. Hlavnou úlohou druhej časti je potreba zistenia presnej polohy v reálnom základnom súradnicovom systéme všeobecného pracovného stola. Mnoho firiem používa variabilné zariadenia na sledovanie presnej polohy pracovnej plochy. Tieto techniky možno rozdeliť do týchto hlavných skupín [1, 3]:

- Motion Capture snímacie zariadenie,
- Motion Capture pomocou kamery (markers, colour),
- Laser tracking,
- snímacie zariadenie.

V procese vytvárania aplikácie na využitie prvkov rozšírenej reality je zvyčajne základným problémom riešeným už v úvodnej fáze otázka polohy a orientácie pracovnej základne, ktorú môže predstavovať povrch pracovného stola, plocha referenčného prvku pracovnej sústavy a pod. Zvyčajne sa táto problematika rieši v súvislosti so statickým charakterom pracovnej základne, čo vytvára predpoklad na využívanie rozšírenej reality pracujúcej na báze markerov v podobe čierno-bielých referenčných znakov. Príklad takéhoto spôsobu možno vidieť na obr. 1 [2].



Obr. 1 Tvorba zostavy s využitím markerov (VTT Fínsko) [9]

Druhou možnosťou je pohyblivá pracovná základňa. V týchto prípadoch sú už známymi postupmi video tracking a optical motion tracking. Video tracking predstavuje využívanie databázy známych tvarov a objektov, na základe čoho dokáže vnímať teleso zachytené videosekvenciou ako objekt s troma priestorovými charakteristickými hodnotami. Ďalšou možnosťou je optical motion tracker pre rozšírenú realitu, ktorý pracuje na báze sledovania referenčných bodov, pričom vyhodnocuje ich vzájomnú polohu na získanie predstavy o celkovej orientácii a polohe sledovaného systému. Všetky spomínané techniky využívajú prevažne komerčne založené nástroje v oblasti hardvéru aj softvéru. V ďalšej časti tejto kapitoly je opísané inovatívne riešenie problematiky zisťovania polohy a orientácie pracovnej základne s využitím princípov filozofie Open Source. Zariadenie opísané v tomto príspevku predstavuje nový variant, ktorého využitie nie je spojené s cenovo náročnými zariadeniami a prislúchajúcim softvérom. Pracovná základňa nie je statická. Umožňuje rotáciu okolo vlastnej osi a zároveň naklápanie vo všetkých smeroch trojrozmerného priestoru. Hlavná časť pracovnej plochy je umiestnená na špeciálnej gyroskopickej hlave, pričom jej naklápanie je realizované pomocou mechanizmu pracujúceho na princípe pantografu. Hlavný pohyb pantografu je ovládaný krokovými motormi riadenými softvérom v rozhraní klasického PC. Na obrázku je zobrazený tento polohovateľný pracovný stôl so súčiastkou upnutou na jeho pracovnej ploche (obr. 2) [7, 8].

Akcelerácia

Akcelerátor využíva fenomén piezoelektrického javu, čo znamená, že pri jeho pohybe je generovaný elektrický náboj úmerný mechanickému namáhaniu vzniknutému pôsobením zrýchlenia, ktoré je pohybom vyvolané. Vnútroštruktúrna elektronika senzora konvertuje vzniknutý náboj na napätie, ktorého hodnoty sú následne vyhodnocované.



Obr. 2 Polohovateľný pracovný stôl s upnutou súčiastkou

Tieto hodnoty sú zaznamenávané, vyhodnocované a ukladané v bunkách Position Array, ktoré je vstupným dátovým objektom softvérového prepočtu na vyčíslenie konkrétnej zmeny polohy zariadenia v ktorejkoľvek osi. Dáta z tohto poľa sú následne využité v aplikácii rozšírenej reality, ktorá je opísaná v ďalších kapitolách.

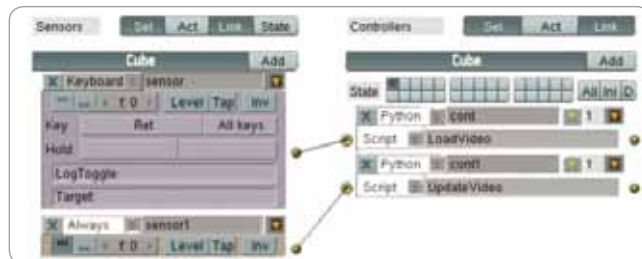
Rotácia

Pracovná základňa opísaná v predošlej časti má okrem naklápania možnosť rotačného pohybu okolo centrálnej osi zariadenia. Hodnota aktuálnej rotácie je neustále sledovaná senzorom, pričom získané údaje sa v reálnom čase prenášajú do príslušnej bunky Position Array. Výhodou riešenia je možnosť rotácie základne aj pri manuálnom zásahu používateľa, pričom voľnosť rotácie pri nastavení požadovanej polohy elektromagneticky môže byť zablokovaná.

Softvér

Pri uvažovaní o akýchkoľvek pokusoch o vytvorenie aplikácie obsahujúcej prvky rozšírenej reality je nevyhnutným predpokladom prítomnosť premostenia medzi reálnym svetom, ktorého obraz je podstatou dátového prenosu na vstupnom rozhraní, a programovým úsekom na správu virtuálnych prvkov, čo v konečnom dôsledku umožní kombináciu oboch priestorov – skutočného i toho virtuálneho. Toto premostenie je zvyčajne riešené komerčnými snímačmi a k nim prislúchajúcim komerčným softvérom na správu získaných 3D dát. V rámci postupu ponúknutého v tomto príspevku sme sa rozhodli pre Blender, čiže softvér pracujúci na princípoch filozofie Open Source, čo z neho robí flexibilnejší, širšie použiteľný a mocnejší nástroj odbúravajúci potrebu riešenia cenovej dostupnosti. Blender predstavuje univerzálny softvérový nástroj na vykresľovanie 3D počítačovej grafiky s integráciou prvkov pre animácie, riešenie pohybových sústav v súlade s fyzikálnymi zákonmi a pod.

Platformou pre Blender je programovací jazyk Python, čo umožňuje používateľovi úplne voľný prístup ku všetkým vzťahom a výpočtovým vzorcom. Celé výpočtové aj grafické prostredie môže byť prispôbené presne na mieru aplikácie, pre ktorú sa používateľ rozhodol Blender použiť. Všetky hlavné programovacie operácie sa na úrovni programovej štruktúry riešia prostredníctvom vizualizačného skriptovania (obr. 3), ktoré je založené na spájaní blokov a vytváraní slučiek, čo následne prechádza do tvorby riadiacich programových celkov tvoriacich logickú časť aplikácie.



Obr. 3 Vizualizačné skriptovanie v prostredí Blender

Reálne a virtuálne prostredie

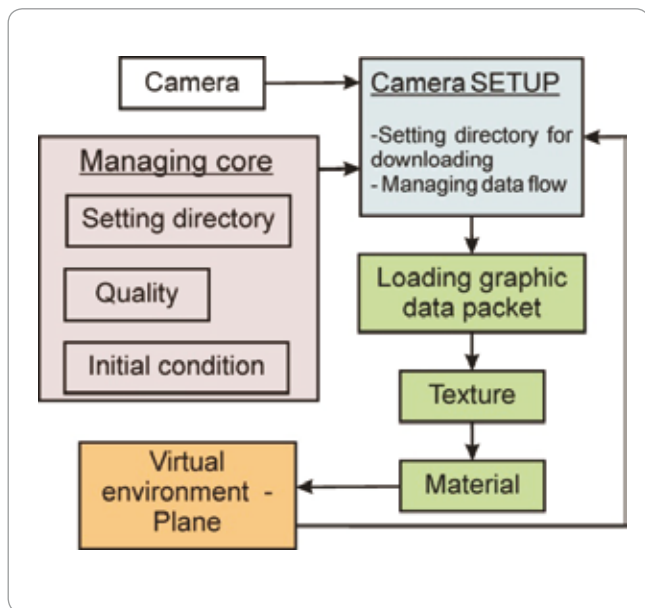
Pre prepojenie medzi reálnym video vstupom a vizualizačným jadrom aplikácie sú využívané zábery reálneho prostredia získané kamerou. Na nasledujúcom obrázku (Obr. 4) je záber z kamery doplnený virtuálnym elementom. Ten istý záber je zároveň zobrazený na užívateľskej pracovnej ploche. Na začiatku procesu je k vstupu vizualizačného jadra inicializované vstupné video zariadenie, napríklad web kamera. Po vytvorení spojenia medzi kamerou a aplikáciou kamera zachytáva snímky reality, ktoré sa vo forme obrázkových súborov ukladajú na potrebné miesto pevného disku. Tento proces neustáleho ukladania a prepisovania starých záberov je organizovaný logickou slučkou vizualizačného jadra, ktorej podstata je znázornená diagramom (Obr. 5). Každý takto uložený snímok je následne načítaný a v podobe textúry priradený na určenú plochu virtuálneho prvku.



Obr. 4 Kombinácia reálneho a virtuálneho prostredia

Ukladané a načítavané súbory sa umiestňujú na rovnakej dátovej ceste disku, čo uľahčuje proces ich kontinuálnej aktualizácie. Pri potrebnom počte opakovaní celej aktivity je v aplikácii vytvorená zjednodušená verzia reálnej video sekvencie. Kvalita a vlastnosti videa sú dané parametrami definovanými v nastaveniach aplikácie

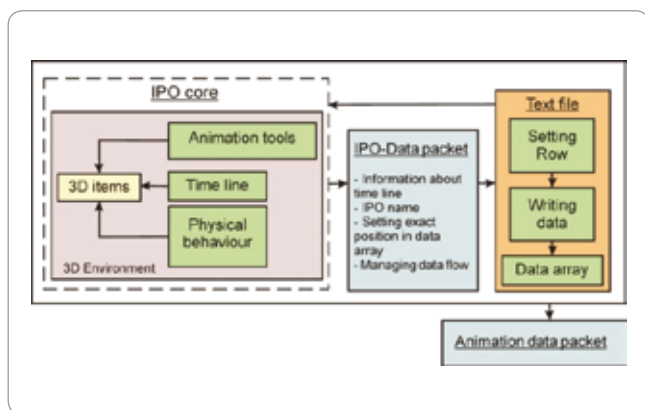
(počet záberov, rozlíšenie záberov, farebná škála, sýtosť, ostrosť, efekty...), ktoré možno podľa potreby preprogramovať.



Obr. 5 Algoritmus na tvorbu prostredia AR

IPO animácia

V procese návrhu a realizácie aplikácie poskytujúcej prvky rozšírenej reality je veľmi dôležitou funkciou animačného editovania 3D prvku, nakoľko jednotlivé objekty obsahujú jedinečnú animačnú krivku pohybu. Blender umožňuje nie len tvorbu a editáciu 3D modelov, ale poskytuje špeciálne nástroje na aplikovanie rôznorodých animačných prvkov na tieto modely. Na základe implementovania týchto elementov (IPO krivky) aplikácia dovoľuje vytvorenie zložitých vizualizačných a interaktívnych slučiek. Tento virtuálny nástroj predstavuje tlačidlami ovládanú animovanú krivku, ktorej charakteristiky sú definované časovou krivkou. Používateľ má k dispozícii prostredie, v ktorom môže popri klasických grafických a animačných nástrojoch využívať i funkcie zohľadňujúce fyzikálne vlastnosti a správanie sa podľa nich a tiež definície kolíznych hraníc v rámci virtuálneho prostredia. Nasledujúci algoritmus (obr. 6) predstavuje detailný pohľad na proces, kde sa subjektom vo virtuálnom prostredí pridávajú IPO animácie podľa dát načítavaných z IPO tabuľky uloženej na disku.



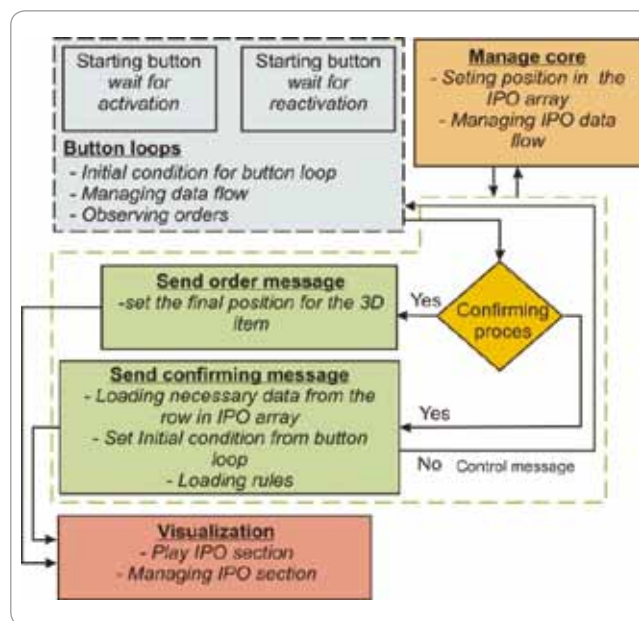
Obr. 6 Algoritmus tvorby IPO charakteristik

Importované 3D dáta sa vo virtuálnom priestore najprv správne alokujú a prispôbia pomocou transformačných nástrojov, ktoré poskytuje daná aplikácia. Pri tvorbe IPO krivky sa v rámci bežných postupov mení pozícia a základné nastavenia 3D prvkov s aplikáciou animačných operácií závislých od časovej osi. V relevantných časových odstupoch sa pripravené animačné elementy pridávajú telesu, pričom obsahujú informácie týkajúce sa časovej osi. Všetky prvky nachádzajúce sa vo virtuálnom 3D prostredí sú schopné pridelenia vlastností v súlade s fyzikálnymi zákonmi, čo značne zvyšuje dojem

vytvorenia skutočnosti. Logický script obsiahnutý v danej aplikácii zabezpečuje zápis všetkých IPO kriviek do súboru na disku, pričom medzi ním a aplikáciou je zabezpečená obojsmerná komunikácia. Tento dátový balík, ktorý je hlavným informačným zdrojom v procese aplikovania IPO kriviek počas realizácie aplikácie rozšírenej reality, zároveň poskytuje jadrú aplikácie potrebné dáta o hierarchii jednotlivých krokov v súlade s časovou osou.

Manažment animačných slučiek

Virtuálne aplikácie a aplikácie rozšírenej reality poskytujú rôzne druhy vizualizačných prvkov (animácie, vizualizačné grafické cykly, informačné prvky), na ktorých realizáciu a manažment je potrebné vytvorenie množstva väzieb a logických slučiek. Používateľ môže s ich pomocou počas aplikácie flexibilne reagovať na udalosti a javy. Po odladení umožňuje logické jadro aplikácie vytvorenie alebo akciu vizuálneho prvku v reálnom čase bez vzniku nežiaducej chyby. Nasledujúci algoritmus (obr. 7) poskytuje základný pohľad na operácie a procesy prebiehajúce v rámci vizualizačného cyklu.



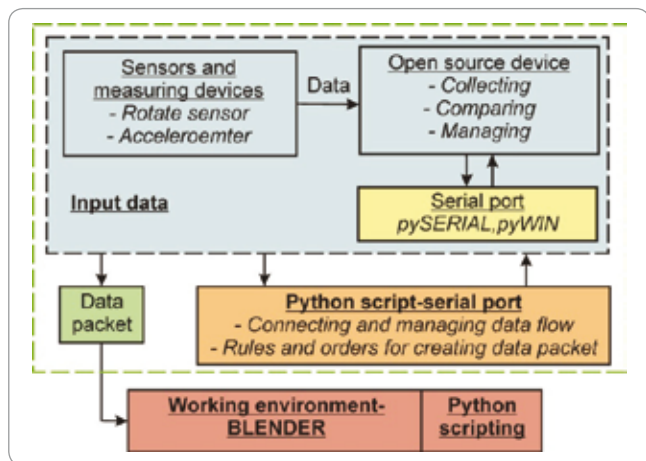
Obr. 7 Algoritmus riadenia programu na základe používateľských vstupov

Po aktivovaní radiaceho tlačidla Starting button (tlačidlo na aktiváciu aplikačných operácií) sa pomocou programového skriptovania vyššie potvrdzujúca správa s informáciou o tomto stlačení. Po inicializácii v logickom bloku potvrdzovacieho skriptu sa informácia posúva ďalej do časti zvanej riadiace a vizualizačné jadro. Pomocou vzťahov a funkčných väzieb sú vopred definované začiatkové podmienky vizualizačných blokov aplikácie. Pomocou príkazov a definovania zmeny charakteristických hodnôt dokáže používateľ nastaviť celkové správanie objektov aplikačného procesu s možnosťou pridelenia vlastností, ako initial position, final position, pohybové trajektórie, počty opakovaní vizualizačných cyklov a iné. Na základe začiatkových podmienok a po vykonaní cyklu na načítavanie a porovnávanie potvrdení jednotlivých udalostí a tlačidiel sú počas procesu načítavané informácie o naprogramovanom vizualizačnom cykle podľa súboru s uloženou tabuľkou IPO kriviek. S využitím programovej syntaxe Python je naskriptovaný proces, v ktorom sa po každom príchode potvrdzujúcej správy od Start Button inkrementuje relevantný operátor. Ten podľa nastavenia z Manage core zopakuje vizualizačnú slučku v potrebnom počte opakovaní a následne sa posunie na ďalší cyklus alebo po každej inkrementácii jeho hodnoty zmení pozíciu v dátovej tabuľke na aktiváciu IPO kriviek riadok po riadku. Celý proces je nastaviteľný tak, aby spĺňal rozličné požiadavky a aby jeho realizácia eliminovala chyby montážneho procesu.

Pozičné dáta

Táto kapitola sa zameriava na problematiku vznikajúcu pri procese vytvárania spoľahlivého programového prepojenia medzi balíkom

dát zozbieraných z pohybových snímačov a používateľským prostredím softvéru Blender. Komunikácia je založená na výmene informačných paketov sériovým kanálom a ich následným manažmentom pomocou skriptu jazyka Python. Zjednodušene sa táto schéma zobrazená a opísaná na nasledujúcom obr. 8 dá vysvetliť tak, že logický skript jazyka Python aktivuje sériový port a programová slučka následne načíta a zapíše sledovanú charakteristickú hodnotu z portu do súboru uloženého na disku. Logický skript pre prostredie Blender sústavne beží v pozadí aplikácie a neustále načítava hodnoty zapisované do súboru v predošlom kroku, pričom po vyhodnotení tohto porovnania vykonáva v prostredí Blenderu požadované akcie. Oba spomínané logické obvody (na zápis informácií do súboru a načítavanie daných hodnôt) musia byť regulované a koordinované na zabezpečenie plynulého chodu aplikácie.



Obr. 8 Schéma sériovej komunikácie s využitím vstupno-výstupných zariadení

Predchádzajúcimi časťami sa dá stručne opísať proces aplikácie zozbieraných dát do prostredia aplikácie pomocou vizualizačného skriptovania. Po načítaní a následnom stanovení základného prvku alebo hlavnej pracovnej roviny virtuálneho priestoru sa naň aplikuje príkaz Sensor type s nastavením jeho charakteristickej vlastnosti do pozície Always, čo zabezpečí neustály chod príslušného logického cyklu. Výstup tohto senzora je prepojený na Controller type obsahujúci skript vytvorený v textovom editore pomocou jazyka Python s definíciou nasledujúcich krokov v rámci hierarchickej logickej slučky. Posledným prvkom v tejto slučke je Actuator nastavený na vlastnosť Constraint-Orientation, kde je premennou veličinou zvolená os z otáčania. Zmenou polohy orientácie hlavnej pracovnej dosky alebo základného prvku sa dáta zo snímačov prenášajú a ukladajú do dátového balíka na disku. Spracúvanie a manažment týchto informácií a následne vykonávané naprogramované akcie umožňujú zmeny virtuálneho prostredia v závislosti od zistených zmien reálnych veličín.

V druhej časti článku na konkrétnom príklade vysvetlíme postupnosť vytvárania novej aplikácie rozšírenej reality na podporu realizácie montážnych celkov a uvedieme aj možnosti ďalšieho rozvoja a rozšírenia aplikačných možností vyvinutého systému.

Podakovanie

Uvedený výskum bol podporený Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu SR, projekt VEGA č. 1/0032/12, KEGA č. 002TUKE-4/2012 a ITMS projekt 26220220125.



Literatúra

- [1] Ong, S. K. – Nee, A. Y. C. (2004). Virtual and Augmented Reality Applications in Manufacturing. Springer-Verlag, ISBN 1-85233-796-6, London.
- [2] Vallino, J. – Kutulakos, K. N. (2001). Augmenting reality using affine object representations. Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality. Barfield W. and Caudell T. (Ed.), p. 157-182, Lawrence Erlbaum Assoc. Publ., Mahwah, ISBN 0-8058-2901-6.
- [3] Ong, S. K. – Pang, Y. – Nee, A. Y. C. Augmented Reality Aided Assembly Design and Planning, Annals of the CIRP Vol. 56/1/2007, Innovation in Manufacturing Systems and Technology, Singapore-MIT Alliance, Singapore, Mechanical Engineering Department, National University of Singapore, Singapore.
- [4] Marcinčin, J. N. – Barna, J. Visualisation Technologies in the Process of Making Composite Structures. In: Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, Vol. 14, No. 1, University of Zenica, 2010, pp. 365-369, ISSN 1840-4944. TAVEL, P. 2007. Modeling and Simulation Design. AK Peters Ltd., Natick, MA.
- [5] Marcinčin, J. N. – Barna, J. CA Systems Implementation Options in the Design Process of Composite Parts. In: Proceedings of the 10th International Scientific Conference „New Ways in Manufacturing Technologies“, FVT TU, Prešov, 2010, p. 417-422, ISBN 978-80-553-0441-0.
- [6] Kočiško, M. – Janák, M. (2008) Creation Method of Visual Disassembly Procedure. Journal CA Systems in Production Planning, Vol. 9, No. 1, pp. 37-39, ISSN 1335-3799.
- [7] Marcinčin, J. N. – Barna, J. – Marcinčinová, L. N. – Fečová, V.: Principles of Product Assembly Visualization by Augmented Reality Usage. In: Annals of DAAAM for 2011 and Proceeding of the 22nd International DAAAM symposium. pp. 1049-1050, Viena 2011
- [8] Nováková-Marcinčinová, L. – Fečová, V.: Special applications of rapid prototyping technologies. In: AEI '2011: International conference on applied electrical engineering and informatics, Košice: TU, 2011, pp. 95-99. - ISBN 978-80-553-0740-4.
- [9] <http://www.vtt.fi/>

prof. Ing. Jozef Novák Marcinčin, PhD.
 jozef.marcincin@tuke.sk
 Technická univerzita v Košiciach
 Fakulta výrobných technológií
 Katedra výrobných technológií
 Bayerova 1, 08001 Prešov
 +421 517 723 012

Ing. Jozef Barna
 jozef.barna@tuke.sk

Ing. Miroslav Janák, PhD.
 miroslav.janak@gmail.com
 Technická univerzita v Košiciach
 Fakulta výrobných technológií
 Katedra výrobných technológií
 Štúrova 31, 08001 Prešov