

Oldřich KODYM*

VYUŽITÍ VIRTUÁLNÍ REALITY PRO ŘÍZENÍ HLUBINNÉHO DOLU

USAGE OF VIRTUAL REALITY IN CONTROL OF THE UNDERGROUND MINING

Abstrakt

Článek se zabývá jednotlivými kroky, které je nutno realizovat pro využití prostředků virtuální reality v monitorování a řízení technologického procesu hlubinného dolu i v dalších oblastech spojených s těžbou. Řeší koncepci datové základny pro prezentaci technologické scény, způsob možného propojení s reálným procesem a integraci simulačních modelů.

Abstract

The article deals with the single steps which must be realized for utilization of the virtual reality means in monitoring and control of technological process of an underground mine and also in another activities connected with mining. It solves the conception of the data base for presentation of technological scene, the way of possible interconnection with the real process and integration of simulation models.

Key words: underground mine, control, virtual reality, technological process, model.

Úvod

Na Institutu ekonomiky a systému řízení se dlouhodobě pracuje na návrhu inteligentního dolu. Byla provedena analýza typických součástí hlubinného technologického procesu jak výrobních subsystémů tak i subsystémů technického zabezpečení výroby. Na základě prezentace jednotlivých subsystémů jako síťové struktury byly navrženy základní datové struktury a související skupiny aplikací.

Analýza technologického procesu

Východiskem analýzy systému je správná volba druhu systému - hledisko, podle kterého je systém na daném objektu vytvořen. Při analýze se vychází ze základního rozdělení prvků systému: pasivní - tvoří strukturu systému a aktivní - tvoří vlastnosti systému.

Každý prvek systému lze zařadit do jedné z následujících skupin:

Tab. 1: Rozdělení prvků systému

skupina	funkce	realizace
dopravní	dopravují	dopravní cesty
akumulační	uchovávají a skladují	zásobníky, sklady
transformační	mění vlastnosti	převodníky

Pro technologický proces dolu platí, že každý prvek lze zařadit do jedné z výše uvedených skupin (nebo jejich kombinací).

Výrobní proces (hlubinného) dolu je rozdělen na dva základní podsystémy - podsystém výrobní a podsystém technického zabezpečení výroby.

* Dr. Ing., Institut ekonomiky a systémů řízení, HGF VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15,
708 33 Ostrava-Poruba, e-mail: oldrich.kodym@vsb.cz

Hlavní vstupní i výstupní veličinou výrobního subsystému je uhlí, resp. těžená hornina a hlušina. Subsystém technického zabezpečení výroby se stýká s okolím jednotlivými energetickými a materiálovými vazbami a tyto vazby zprostředkovává pro výrobní subsystém. Okolí systému hlubinného dolu tvoří na jedné straně příroda a na straně druhé dodavatelé a odběratelé. Vazba na přírodu je u hlubinného dolu ve srovnání s jinými výrobními procesy enormně významná, protože podmínky pro provoz vytvořené přírodou jsou poznávány teprve během tohoto provozu. Je to jednoznačně náhodná složka, známá pouze přibližně z předchozího průzkumu. Je neřiditelná. Ostatní vstupní veličiny jsou říditelné a mohou být vědomě udržovány v potřebných mezích.

Energetické a materiálové zdroje na povrchu jsou s výstupními prvky důlního systému (opět na povrchu) spojeny sítí vytvořenou důlními díly. Protože všechna důlní díla jsou větrána, aby se všude mohl pohybovat člověk, můžeme vyvodit, že obecnou strukturu všech sítí v dole tvoří důlní větrná síť. Důlní větrná síť je tedy základem sítí:

- rozvodu elektrické energie,
- rozvodu stlačeného vzduchu,
- rozvodu důlních větrů,
- rozvodu vody,
- rozvodu (resp. svodu) degazovaného plynu,
- dopravy těžené horniny,
- dopravy materiálu,
- rozvodu tepla (obsaženého v důlních větrech).

Jestliže je struktura všech důlních sítí dána větrní sítí dolu, můžeme konstatovat, že technologický proces hlubinného dolu je ve skutečnosti tvořen pouze sítěmi. Je to vlastně několik sítí vytvořených na základě zvolené rozlišovací úrovně, které sdílejí po částech společnou topologii, a které dopravují a vzájemně si předávají různé formy energie. Ze systémového hlediska jsou tyto dopravní sítě složeny se tří typů prvků:

- dopravního,
- akumulárního,
- transformačního.

Analyzujeme-li takto sestavený model technologického procesu hlubinného dolu, je vidět, že opravdu každý subsystém lze prezentovat dopravní sítí, jejímiž vstupní a výstupní body jsou transformační prvky, ve kterých se vzájemně přeměňují energie a předávají se jiným médiím.

Samotný proces rozpojování horniny je poněkud složitější, ale veškeré následující operace jsou již řešeny dopravním systémem, ve kterém se uhlí dodává kinetická energie a ta se opět přeměňuje v teplo nebo v energii potenciální.

Obecná struktura důlní sítě je založena na struktuře sítě větrní. Čerstvé větry jsou vedeny od úvodní jámy k pracovištím, kde jsou „spotřebovány“ a odcházejí výdušnými díly k výdušné jámě. Jakoby uprostřed sítě jsou umístěná důlní pracoviště, jako poruby a předky a také dílny, remizy lokomotiv a pod. Ze strana (jedné nebo obou) vstupují do větrní sítě již dříve zmíněné rozvody energií a materiálu a opět vystupují s výjimkou energie elektrické a stlačeného vzduchu, která se v dole spotřebovává (přeměňuje se na jiný druh energie) na výstupní straně.

Mimo to, co do dolu vstupuje, vystupuje to hlavní - vlastní produkce, tj. těžená hornina a degazovaný plyn. Větry, voda a materiál jsou „opotřebené“. Uvedená struktura větrní sítě je základem struktury ostatních sítí. Ostatní sítě mohou být tvořeny větší nebo menší částí této sítě.

Rozvod elektrické energie se prakticky zásadně vede po úvodních větvích větrní sítě a končí na spotřebičích. Spotřebiče jsou nejen na konci větví, tzn. na pracovištích, ale i v důlních dílech na potřebných místech. Prakticky stejný charakter sítě má tlakovzdušná síť, ale proti elektrické je vedena zčásti i po výdušných chodbách. Jak elektrická tak i tlakovzdušná síť končí spotřebičem, kde se dodaná energie přeměňuje obvykle na mechanickou práci a teplo. U stlačeného vzduchu navíc zůstává objem spotřebovaného vzduchu, který musí být odveden větrním proudem. Vodovodní síť má jiný charakter než tlakovzdušná, protože voda, která byla spotřebována a není odváděna těžným materiálem je odváděna téměř stejnou cestou zpět k jámě s tím, že v určitých místech se jí musí dodávat energie (čerpadlo). Prakticky stejný charakter má doprava materiálu, i když v tomto případě jde o neparаметrickou síť. Dopravní síť těžných hmot je vedena obvykle po vtažné straně větrní sítě a teprve před předáním svislé dopravě je materiál převeden do výdušné jámy. Degazační síť je podobná síti elektrické, ale je vedena po výdušné straně. Spojení posledních dvou sítí vznikne síť, kterou se těží uhlí a degazovaný plyn z hlubinného dolu. Elektrická síť a rozvod stlačeného vzduchu zásobují důlní provoz

energií a vodovodní síť, doprava materiálu a větrání slouží k pomocným činnostem a opotřebované se vrací na povrch, kde se upraví a částečně se znovu použijí v technologickém procesu.

V předchozí části bylo uvedeno, že výchozím pro popis jednotlivých subsystémů je struktura větrní sítě. Ta určuje jednoznačně základ topologie každé dílné sítě a současně s přiřazenými měřickými informacemi jejich skutečný prostorový průběh. Jde tedy o provázaný popis dvou subsystémů – větrání a důlní měřictví. Pro základní popis topologie jsou zcela dostatečné souřadnice význačných bodů – křížů a odboček a jejich vzájemné propojení chodbami. Pro detailní popis obecného subsystému to je však nedostatečné. Důlní díla jsou vedena v konkrétním směru s definovaným úklonem. Tyto doplňkové informace jsou náplní informací měřických a jsou představovány odměřenými polygony v jednotlivých dílech.

Takto doplněné informace umožňují následně přesně lokalizovat libovolný objekt nebo aktivitu v libovolném důlním díle. Tyto informace jsou rovněž využívány pro vizualizaci příslušných částí důlní technologické scény. Zpětně ve vlastním subsystému větrání umožní úplnou definici objektů tohoto subsystému.

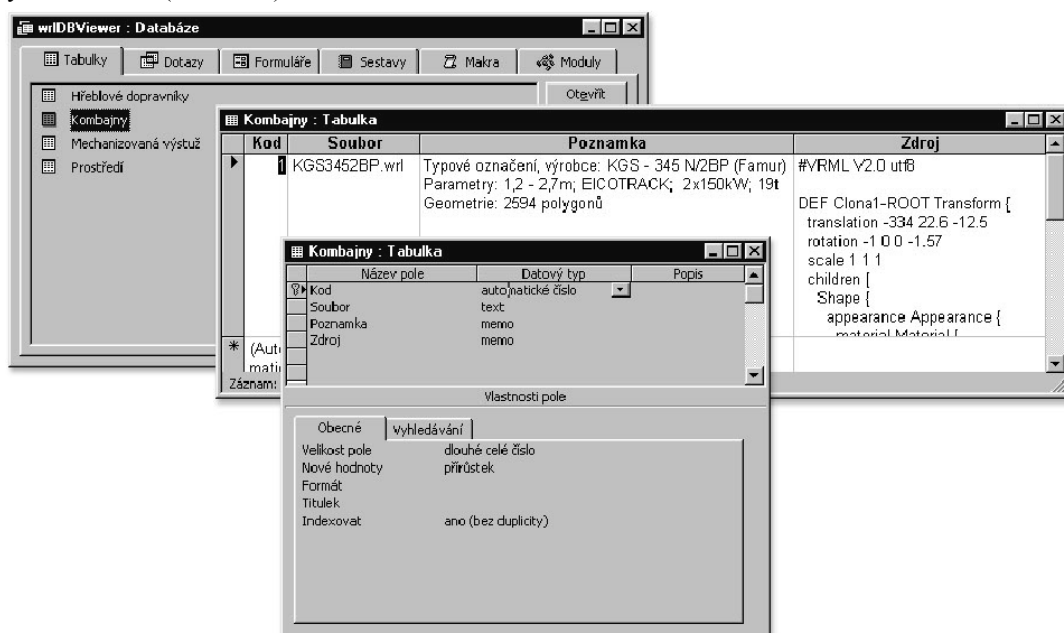
Databáze

Koncepce uložení geometrie vytvořených modelů v relační databázi mohla být zvolena buď rozložením struktury veškerých uzlů zakotvených daným modelem (transformace, souřadnice vrcholů, materiály atd.) a jejím následným uložením tak, aby bylo možno provést zpětnou jednoznačnou agregaci nebo uchování modelů jako monolitických bloků dat geometrie po jednotlivých celistvých prvcích (technologických celcích). První z uvedených možností předpokládá komplexní návrh databázové struktury pokrývající všechny možnosti syntaxe jazyka VRML. Takto lze zajistit optimální vazbu na scénu, klade však vysoké nároky na návrh a implementaci obslužných algoritmů s implementovanou plnou analýzou VRML kódu a jeho mapování do databáze.

Pro vlastní řešení byl zvolen kompromisní přístup se zaměřením na struktury schopné následného mapování do hierarchie souborového systému. To umožní aplikaci jednoduše exportovat obsah vytvořené scény v podobě „šablonovitého“ VRML zdroje obsahujícího pouze odkazy a transformace vložené z databáze do scény modelů. Pro uložení vlastního popisu geometrie (textu) se předpokládá ANSI SQL typ CLOB s omezením, které přináší jeho konkrétní implementace v prostředí MS Access (typ Memo). Jeho omezený rozsah je postačující pro uchování samotné geometrie, přináší však problémy s připojováním textur.

Samozřejmě existuje možnost realizovat VRML scény v běžném textovém editoru. Tento postup se však při komplexnějších scénách stává nepřehledným a neefektivním. Nicméně byl použit pro úvodní jednoduché neinteraktivní scény.

Databáze je složena z jednotlivých tabulek pro definici určitých prvků technologického celku [3] (dobyvací kombajny, posuvné výztuže, pásové dopravníky atd.). Tyto pak obsahují konkrétní geometrii jednotlivých modelů i s možností popisu (výrobce, typ, charakteristické a provozní parametry atd.) i dalších přidávaných informací (viz obr. 1).



Obr. 1: Databázové tabulky

Aplikace je vytvořena pomocí Visual C++ a MFC. Pro začlenění VRML prohlížeče byla použita COM technologie. K propojení s databází bylo využito rozhraní ODBC, API sjednocující metodologii propojení uživatelské aplikace s databází bez závislosti na jejím výrobci i fyzickém umístění.

Během vytváření prázdné scény je vytvořen seskupovací uzel. Každý nový objekt je při vkládání do scény nejprve vygenerován ze zdrojového textu v databázi pomocí EAI funkce (Browser::createVrmlFromString), následně je zapouzdřena pomocí vstupní události (addChild) do transformačního uzlu (Transform), jehož reference je uložena v seznamu používaných uzlů pro případnou pozdější modifikaci. Takto transformovaný objekt je konečně začleněn do scény jako prvek seskupovacího uzlu. Podobným postupem jsou do scény zařazeny jednotlivé pohledy (CameraPosition). Jejich poloha – souřadnice posunutí a orientace jsou zjišťovány nestandardně pomocí rezervovaného (a nedokumentovaného) rozhraní IUCPReserved.

Aplikační okno je rozděleno na zobrazovací prvek (komponenta VRML prohlížeče) a ovládací panel, který je dále rozdělen na dvě části: Databáze a Scéna.

Databáze je uživateli prezentována ve tvaru hierarchické stromové struktury, kde každá větev představuje tabulku (v tomto případě druh technologického celku) a jednotlivé listy pak její položky (vlastní geometrii modelu). Označení položky má za následek zobrazení příslušného popisu a aktivaci tlačítka Vložit. K dispozici je také editační pole umožňující změnu původního názvu geometrie vkládané do scény. Toto je výhodné pro odlišení více vkládaných objektů stejného typu – několik hřeblových dopravníků, sekce mechanizované výztuže apod.

Vizualizace vs. Virtuální realita

VR je relativně novým softwarovým, ale i hardwarovým prostředkem, který dovoluje vytvořit třírozměrnou scénu (3D scénu) a vložit člověka do tohoto umělého světa [4].

Se zvyšováním výkonu počítačů se začal vyvíjet software, který umožnil vytvářet na obrazovce počítače dvou a třírozměrné zobrazení známých předmětů reálného světa. Protože člověk zná tento reálný svět tak i u třírozměrného zobrazení na ploché obrazovce si dovede třetí rozměr domyslet, aby tak ve svém mozku vytvořil obraz třírozměrné scény.

Současným zobrazením dvou obrazů snímaných dvěma kamerami vzdálených od sebe na vzdálenost očí a vhodnými brýlemi vznikne u pozorovatele třírozměrný vjem pozorované scény. To však nemá s virtuální realitou nic společného.

Pokrok ve vidění třírozměrného světa udělaly speciální „brýle“ (Head Mounted Display). Místo skel je před každé oko umístěna obrazovka prezentující obraz snímaný kamerou, přičemž dvě samostatné kamery jsou stejně jako v předchozím případě upevněny vedle sebe ve vzdálenosti očí. Proto předchozímu to má tu přednost, že pokud snímáme pohyb hlavy nebo dokonce jen očí, tak se programově mění i obraz a pozorovatel má dojem, že je uprostřed třírozměrného světa. Protože obraz, který pozorovatel vidí je generován programově, může být vytvořen i svět umělý, který ve skutečnosti neexistuje tzn. virtuální svět, tedy virtuální realita (VR). Zde je obraz generován přímo počítačem.

Čtvrtý rozměr je další možnost takto vytvořeného světa. Protože podle předchozího vytváříme detail virtuálního světa, můžeme poměrně snadno měnit i časovou osu jednotlivých předmětů jako např. růže se budou rozvíjet, tak jablko na vedlejším stromě se bude vyvíjet opačně tzn. od zralého plodu až ke květu a pupenu. Směr i rychlost běhu času tedy můžeme řídit jak pro celý virtuální svět, tak i pro jednotlivé objekty nebo jejich skupiny.

Pohyb pozorovatele ve virtuálním světě. Protože VS vytváříme programově tak můžeme prostorem samozřejmě pohybovat do různých směrů a tak pozorovatel může pohybovat různými směry a to na základě vhodného povelu. Můžeme vytvořit průhledné nebo neprůhledné stěny nebo prostory nebo neprůhledné stěny nebo prostory apod.

Vytvořený VS můžeme poměrně snadno doplnit o prostorový zvuk, kde zdroj můžeme vázat na některý třeba i pohybující se předmět. Pak již pro účastníka VS nestačí pouze brýle a snímač pohybu hlavy, ale tento komplet musíme doplnit sluchátky tzn. vytvořit helmu, pomocí které může vzniknout poměrně dokonalý vjem uměle vytvořeného světa. Je nutné podotknout, že v takovémto případě z hlediska řízení nemá velký význam pouze kopírovat svět skutečný a skutečně vytvořený svět umělý.

Datasuit nebo Exoskelet je „skafandr“, který je upraven tak, že můžeme volně pohybovat rukama i nohama. Pak pomocí snímačů kloubů se snímá pohyb končetin i prstů a pomocí řízení hydrauliky v kloubových mechanismech a hydraulických válcích se vyvolává odpor proti pohybu. Takto můžeme vytvořit téměř dokonalý vjem chůze, manipulace s lehkými nebo těžkými předměty, sednout si na virtuální židli, kopnout do virtuálního kamene apod.



Obr. 2: Virtuální scéna ražení dlouhého důlního díla

Zatímco v předchozím je možno pohybovat se a pozorovat VS zrakem a sluchem, tak není možné takto realizovat vjem hmatový. To umožní z velké části takové rukavice – Dataglove. Rukavice s pneumatickými polštářky, které změnou tlaku uvnitř vytvářejí pocit odporu a vhodnými snímači mechanických hloubkových mechanismů se snímá poloha prstů. Takto lze poměrně dokonale vyvolat v prstech v určité poloze potřebný odpor a vyvolat tak vjem uchopení virtuálního předmětu.

Pohybovat se s využitím pohybů nohou a nebo manipulovat s předměty pomocí pohybu rukou je poměrně složitá věc, ale přesto je to již teď možné využitím datového obleku a vhodného trajleru, který při zajištění 6 stupňů volnosti dokáže určit nejen pozici, ale i orientaci v prostoru.

Závěrem této části tedy můžeme upřesnit zásadní rozdíl mezi pozorováním skutečného světa pozorovatelem, který je mimo skutečný svět tzn. např. pozorování stereoprojekce a mezi pozorovatelem, který se pomocí vhodným pomůcek (HMD, Dataglove, Datasuit, Exoskelet) ocitne uprostřed programově vytvořeného světa, kde se může pohybovat, řídit mechanismy, manipulovat s předměty a dokonce pozorovat věci s proměnným časem, který se může měnit u různých částí jinak. Tzn., že čas ve virtuálním světě neubíhá pro všechny předměty stejně jako ve světě skutečném.

Nyní se můžeme zamyslet, jaký vliv může mít takto vytvořený nebo vytvářený svět pro hornictví. Já jsem přesvědčen, že téměř zásadní. Jsem přesvědčen, že je to jeden ze dvou moderních technických prostředků mající vliv na další vývoj hornictví [2].

Simulační model dobývacího kombajnu

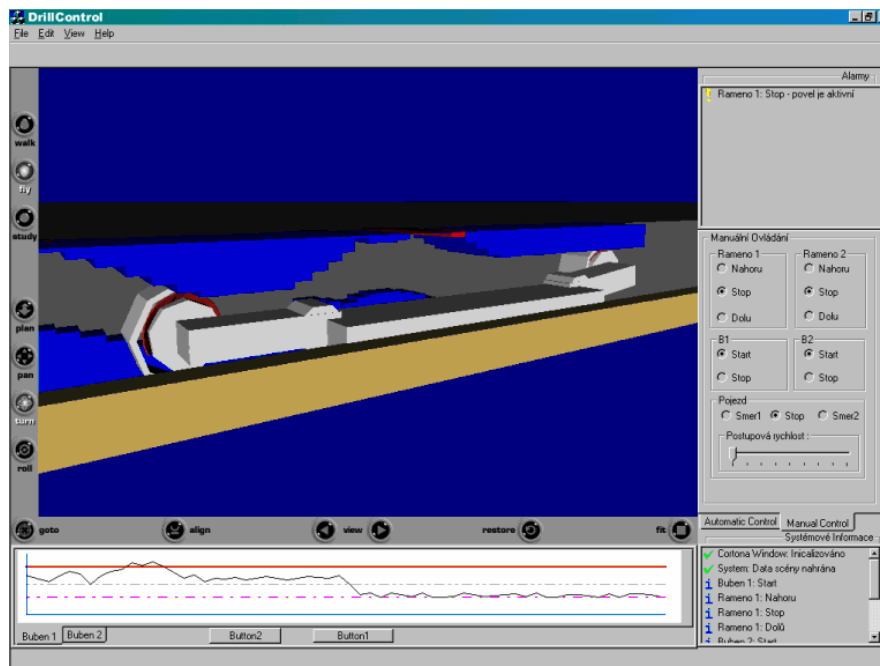
Pro řízení technologického procesu dobývání uhlí pomocí dobývacího kombajnu prostředky technologie virtuální reality byl realizován model. Jsou zde využívány vlastnosti statické a především dynamické VRML scény v souladu se specifikací VRML97. Stěžejním prvkem je aplikace DrillControl, která umožňuje interaktivní řízení dobývacího kombajnu v porubu se sledováním alarmových a systémových zpráv a také trendů zatížení obou pohonů dobývacích bubnů v reálném čase [1].

Jako prohlížeč byl zvolen produkt Cortona. Jedná se o produkt firmy ParallelGraphics. Je navržen na základě technologie komponent, která umožňuje vytváření širokého spektra aplikací podporující zobrazování

třírozměrné grafiky – od jednoduchých úloh až po komplexní víceuživatelské internetové aplikace. Tento prohlížeč umožňuje dosáhnout vysoké interaktivní synchronizace objektů ve zobrazované scéně, takže dokáže všem uživatelům registrovat okamžitě jakékoliv změny jednotlivými uživateli provedené. Díky této optimalizaci Cortona poskytuje schopnost vizualizace VRML scén obsahujících velké množství objektů.

Stěžejní částí systému je aplikace DrillControl. Tato aplikace umožňuje interaktivně ovládat technologický proces dobývání uhlí dobývacím kombajnem. Dále pak vytváří pomocí vstupních dat virtuální model průběhu řezu v čelbě.

Po inicializaci aplikace jsou načtena data statických a dynamických modelů technologické scény. Po úspěšném vykonání této části je aplikace připravena zahájit svou činnost. Aplikace pracuje ve dvou režimech:



Obr. 3: Simulační model dobývacího kombajnu

Režim manuálního řízení: Pomocí ovládacího rozhraní uživatel ovládá postupovou rychlost a poloh obou dobývacích orgánů kombajnu. Tento proces je interaktivně zobrazován v okně začleněného VRML prohlížeče. Z porubu také přicházejí informace o zatížení obou pohonů dobývacích orgánů. Takto je zajištěna zpětná vazba řízení dobývacího procesu.

Režim automatického řízení: V tomto režimu se uživatel přímo nepodílí na řízení dobývacího procesu, ale působí pouze jako kontrolní prvek s pravomocí havarijního zastavení celého procesu. Řídící algoritmy jsou implementovány takto: sleduje se hodnota zatížení obou pohonů dobývacích orgánů. Jestliže tato hodnota překročí mez normálního zatížení při dobývání, je postupně snižována dobývací rychlost. Jestliže hodnota zatížení výrazně vzroste (což signalizuje, že daný dobývací buben zasáhl nadložní nebo podložní vrstvy a tedy překročil rozhraní uhlí – hornina) dochází ke změně polohy dobývacího orgánu.

Dále pak aplikace modeluje pomocí hodnot polohy dobývacích orgánů tvar řezu, který kombajn v čelbě vykonal. Modrou barvou jsou zobrazeny úseky, kde zatížení pohonů dobývacích bubnů bylo pod nastavenou hranici, červenou barvou jsou označeny úseky, kde došlo k výraznému přetížení.

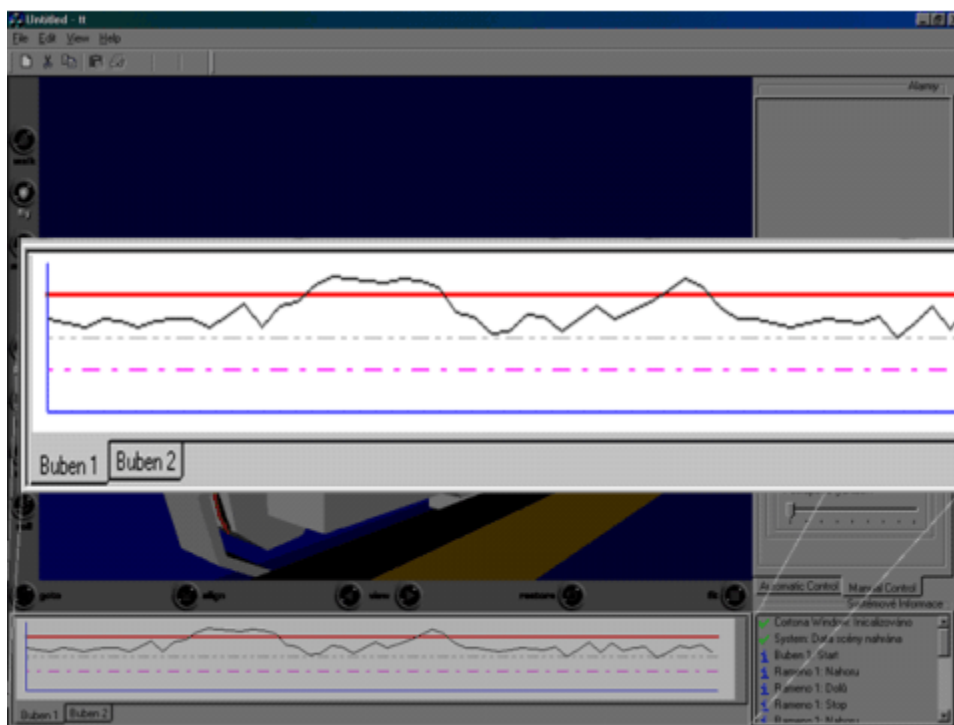
Model se skládá z pěti na sobě závislých funkčních částí.

V okně VRML prohlížeče této části modelu dochází k zobrazování scény daného technologického procesu. Ve scéně se můžeme volně pohybovat pomocí ovládacích prvků VRML prohlížeče nebo lze zobrazovat předem definované pohledy pomocí „skrytých kamer“.

Ovládací prvky prohlížeče jsou umístěny na levém a spodním okraji. V pořadí proti směru hodinových ručiček to jsou:

- Walk – při aktivaci tohoto tlačítka se prohlížeč přepne do režimu chůze.
- Fly – Aktivace této volby indikuje přepnutí do módu létání.

- Study – Dalším módem je mód průzkumu. V tomto stavu se nelze volně pohybovat scénou, lze se jen volně otáčet, přibližovat a vzdalovat se od středu zkoumaného objektu.
- Plan – Ovládací tlačítko pohybu před a vzad.
- Pan – Při aktivaci této volby se pohybujeme scénou nahoru, dolů, doleva a doprava v rovině kolmé na aktuální osu kamery/pohledu.
- Turn – Tento ovládací prvek umožňuje rotaci kolem daného bodu otáčení.
- Roll – Otáčení scény kolem osy kamery.
- Goto – po aktivaci tlačítka lze vybrat objekt, na který se poté kamera nastaví.
- Align – tato volba nastaví natočení kamery tak, aby bylo shodné s natočením dané scény.
- View – při kliku na toto tlačítko se zobrazí menu, ve kterém jsou uvedeny všechny definované kamery. Při zvolení položky (=kamery) z tohoto menu prohlížeč automaticky přepne do pohledu definovaného danou kamerou. Po stranách tohoto tlačítka jsou šipky, které přepínají aktivní kameru podle řazení v seznamu kamer.
- Restore – při aktivaci této volby se prohlížeč přepne do pohledu kamery, která byla naposledy zvolena. Tato volba je užitečná v případě, kdy dojde k „zabloudění“ ve scéně.
- Fit – posledním tlačítkem je volba, která nastaví pohled na aktuální scén tak, aby byly viditelné všechny objekty, které jsou ve scéně definovány.



Obr. 4: Graf historie průběhu hodnot

Další součástí aplikace je ovládací panel, s jehož pomocí interaktivně ovládáme celý technologický proces. Jako zpětná vazba slouží okno VRML prohlížeče. Ovládací panel je jiným prostředkem, kterým může operátor zasahovat do probíhajícího procesu. Ovládací prvky VRML prohlížeče slouží pouze pro modifikaci zobrazení, ne však pro modifikaci parametrů daného technologického procesu.

Panel manuálního ovládání slouží k manuálnímu ovládání dobývacího kombajnu. Má následující ovládací prvky:

- Ovládání ramena 1 a 2 – tato skupina ovládacích prvků umožňuje ovládání jednotlivých ramen nahoru a dolů a také zastavení těchto pohybů tlačítkem stop.
- Ovládání otáčení bubnu 1 a 2 – zde umožňují ovládací prvky řídit otáčení dobývacích bubnů a to v obou směrech. I zde je tlačítko stop pro zastavení otáčení.
- Pojezd kombajnu – tyto ovládací prvky zajišťují řízení pojezdu kombajnu po hřeblovém dopravníku v obou směrech a také je zde možno nastavit rychlost tohoto pojezdu.
- Přestavení štítů dobývacích bubnů.

Pro kontrolu nad automatickým provozem slouží pouze dva ovládací prvky: Start automatického režimu a Zastavení automatického režimu.

V grafech historie průběhu hodnot jsou zobrazována data zatížení pohonů dobývacích bubnů. Ve spodní části jsou umístěny ovládací prvky pro přepínání mezi zobrazováním ztížení a teploty bubnu číslo 1 a bubnu číslo 2.

V grafu jsou vyznačeny specifické meze zatížení a to tímto způsobem

- Fialová čerchovaná čára – hodnota zatížení zvoleného pohonu dobývacího bubnu naprázdno.
- Černá čárkovaná čára – hodnota zatížení dobývacího bubnu při řezu v uhlí.
- Červená plná čára – hodnota zatížení dobývacího bubnu při řezu v průvodních horninách.

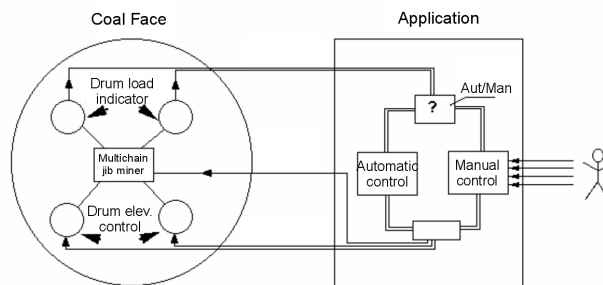
Okno seznamu alarmových a systémových zpráv informuje operátora o alarmech a varováních souvisejících se stavem daného technologického procesu. Označení zpráv je následující: Červený vykřičník – označuje alarmové hlášení; Žlutý vykřičník – označuje varovné hlášení; Modrý vykřičník – označuje konec alarmového stavu.

Jako příklad činnosti systému alarmových zpráv může posloužit následující situace. Jestliže se operátor pokusí zastavit dobývací buben, který již v daném okamžiku stojí, je vygenerováno varovné hlášení. Dojde-li ke zvýšení teploty pohonu dobývacího bubnu, vypíše se alarmové hlášení. Jestliže se tato teplota navrátí do provozních mezí, je systémem generováno hlášení o pominutí alarmového stavu.

Programová implementace

Celý model byl rozdělen do samostatných částí, které spolu komunikují prostřednictvím definovaných rozhraní. Vyvinutá aplikace byla realizována v prostředí Visual C++ a aplikačním frameworku MFC. Zde jsou realizovány jednak funkce zjednodušeného modelu a rovněž jeho ovládání. Tato aplikace využívá přes rozhraní COM (Component Object Model) dynamickou instanci prohlížeče Cortona jako zobrazovací prvek. Tato část umožňuje procházet virtuální 3D scénou a zobrazovat její jednotlivé detaily. Manipulace s obsahem zobrazované scény je prováděna prostřednictvím rozhraní COM-EAI (External Authoring Interface).

Blokové schéma na obrázku 5 znázorňuje základní princip a datové toky aplikace. Jsou zde uvedeny datové toky mezi zjednodušeným modelem technologie a 3D virtuální scénou a také způsob interakce obsluhy, uživatele s celým systémem.



Obr. 5: Blokové schéma simulačního modelu

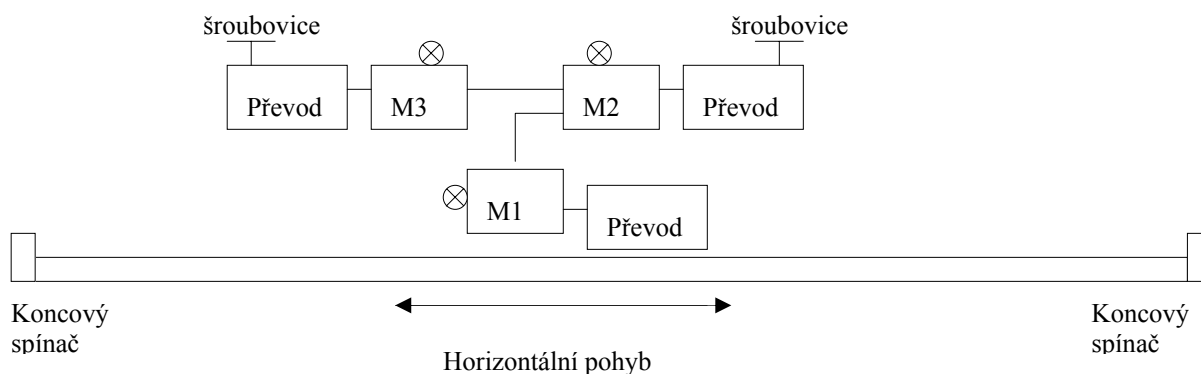
Reálný model a virtuální scéna

Reálný model kombajnu je sestaven ze stavebnice Fischertechnik Schulprogramm. Jako vzor posloužil kombajn KSW 475/2BPH. Je to úzkopokosový dvouramenný dobývací kombajn, který se pohybuje po porubovém dopravníku v bezřetězovém systému typu Eicotrack. Je určen pro dvoupokosové dobývání a nakládání rubaniny v důlním díle.

Při stavbě tohoto modelu byly použity tyto součástky: tři motorky, minipřevodovka, která je připevněna k motoru č.1 a převádí rotační pohyb motoru na horizontální pohyb kombajnu po hřeblovém dopravníku. Na motoru č.1 je upevněna první žárovečka, která signalizuje pohyb kombajnu. Motorky č.2 a č.3 jsou umístěny nad motorkem č.1 a jsou jimi poháněny přes další minipřevodovky rozpojovací orgány, které jsou zastoupeny šroubovici. Na motorcích č.2 a č.3 jsou taky umístěny další dvě signalizační žárovečky, kterými je signalizován pohyb rozpojovacích orgánů. Motorky jsou spolu spojeny dvěma lištami o délce 9 cm. Motorek č.1 je spojen s motorkem č.2 pomocí dvou stavebních bloků. Hřeblový dopravník je sestaven z osmi stavebních bloků na kterých jsou umístěny dvě ozubené lišty. K základní podložce je dopravník upevněn pomocí tří stavebních

bloků. Na obou koncích dopravníku se nacházejí koncové spínače. K základní podložce je upevněn pomocí dvou stavebních bloků i ovládací panel se čtyřmi tlačítky.

Motorcem č.1. je umožněn horizontální pohyb po hřeblovém dopravníku. Při pohybu kombajnu svítí na kombajnu světelná signalizace. Motorčky č.2 a č.3 je umožněn rotační pohyb rozpojovacích orgánů. Při pohybu obou rozpojovacích orgánů svítí světelná signalizace. U modelu je namontován ovládací panel, který umožňuje ruční ovládní modelu. Po stisknutí tlačítka č.1. se kombajn pohybuje směrem doleva. Po stisknutí tlačítka č.2. se kombajn pohybuje směrem doprava. Tlačítkem č.3. se zablokuje jak chod kombajnu, tak i pohyb rozpojovacích orgánů, takže tohle tlačítko slouží pro celkové zastavení kombajnu. Tlačítkem č.4. je umožněno dálkové ovládní modelu z počítače. Model kombajnu je napojený na malý programovatelný automat SLC 500. Pomocí tohoto automatu může být model kombajnu řízen.



Obr. 6: Schématický nákres modelu kombajnu

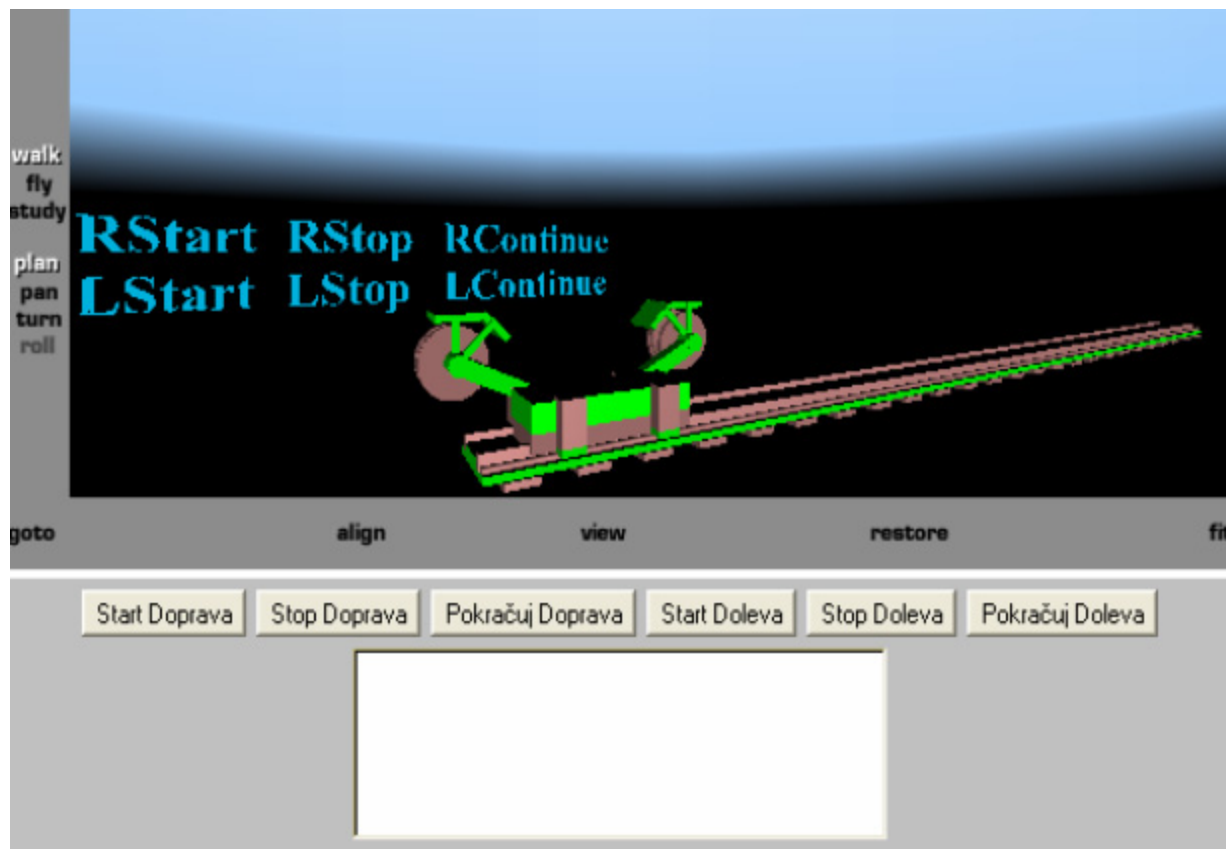
Pro komunikaci s externím světem slouží ve VRML události. Událost může být vyvolána několika způsoby a to přímo uživatelem, např. jeho polohou ve virtuálním prostoru, jeho činností (kliknutím myši, nárazem do objektu) nebo jiným dějem závislým na čase či jiných parametrech. K tomu je definováno několik speciálních objektů v podobě senzorů, které při vhodném nastavení událost vyvolávají nebo přijmou. Aby model událostí nebyl omezen pouze na jednoduché, dvou či vícestavové chování sensorických uzlů, obsahuje VRML ještě podporu pro vkládání uživatelských programů v jazycích ECMAScript a Java. Uzel Script, který toto rozšíření umožňuje, je ovšem uzavřený vůči okolí v prostředí VRML prohlížeče. Znamená to, že veškerá činnost programu je omezena na interakci s virtuálním světem, který ho ve své definici obsahuje. Mohlo by se zdát, že toto omezení není nijak závažné a není třeba se jím zabývat. Problém nastane ve chvíli, kdy je třeba vytvořit vazbu mezi virtuálním světem a nějakou vnější aplikací, která stojí mimo vlastní VRML prohlížeč. Tyto aplikace nemohou přes standardní prostředky obsažené ve VRML dosáhnout na zobrazovanou scénu a nějak ji ovlivnit (změnit vlastnost virtuálních objektů, polohu a natočení avatara, přidat do scény další objekt apod.)

Poskytnout standardní řešení komunikace VRML světa s okolím se snaží pracovní skupina při VRML konsorciu, tzv. VRML-EAI Working Group . Zkratka EAI značí anglicky External Authoring Interface, tedy volně přeloženo „rozhraní pro vnější práci/komunikaci“. Rozhraní EAI si klade za cíl poskytnout standardní model přístupu externím aplikacím k systému zobrazování VRML, k uzlům a událostem ve VRML scéně, s využitím stávajícího modelu VRML událostí, aniž by bylo nutné nějak zasahovat do samotné specifikace VRML97. Virtuální svět je přes rozhraní EAI ovlivňován z programovacího jazyka Java. Tento zásah je umožněn pomocí knihoven příslušného programovacího jazyka, což v Javě představují importované balíky jednotlivých tříd.

Pro ovládní VRML scény byl naprogramován Java applet ve vývojovém prostředí Microsoft Visual J++ 6.0. Tento applet je společně s VRML prohlížečem zabudován do těla WWW stránky.

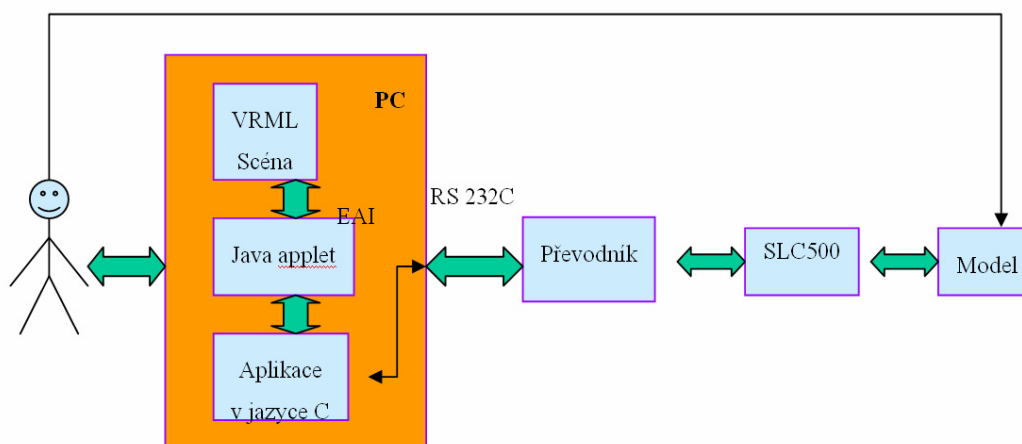
Pohyb kombajnu je řízen pomocí linků (RStart, RStop, RContinue, LStart, LStop, LContinue) ve VRML, které využívají touchsensoru (čidla), ze kterého je při dotyku vyslána událost touchTime (doba dotyku). Do timesensoru (časovače), který celou dynamickou akci řídí je tato událost předána. Timesensor tak přijímá události startTime a stopTime, kterými je pohyb kombajnu ovlivňován.

Na obrázku 7 je pod virtuální scénou zobrazen Java applet, ve kterém se nachází šest tlačítek, kterými může uživatel ovlivňovat VRML scénu přes rozhraní EAI a za využití speciálních uzlů Script. V appletu je textové pole, kde se zobrazuje posloupnost vykonávaných příkazů.



Obr. 7: Řízení VRML scény a modelu z Java appletu

Problém s chybějícími časovými údaji bez použití touchsensorů byl vyřešen přidáním čtyř pomocných časovačů do virtuální scény. Dva pro každý směr pohybu (CAS1, PRERUSCAS – pohyb doprava) a (LCAS1, LPRERUSCAS – pohyb doleva). V každém je nastaveno enabled FALSE, což znamená zakázání práce časovače do doby, než se změní hodnota na TRUE.



Obr. 8: Propojení modelu s VRML scénou

Při stisknutí jednotlivých tlačítek Start Doprava, Stop Doprava, Start Doleva, Stop Doleva dochází přes rozhraní EAI v pomocných časovačích ke změně hodnoty v enabled na TRUE. Když dojde ke změně této hodnoty je vyslána událost časového typu cycleTime do uzlů script PRERUSENI, LPRERUSENI což jsou logické uzly celé dynamické akce. Z uzlů script jsou vysílány události, které zahajují, nebo zastavují práci hlavních časovačů CASOVAC, LCASOVAC. Tyto časovače ovlivňují pohyb kombajnu ve virtuální scéně.

Po stisku tlačítek Pokračuj Doprava, Pokračuj Doleva je přes rozhraní EAI předána hodnota TRUE do funkcí set_pokracuj v logických uzlech script PRERUSENI, LPRERUSENI. Funkce set_pokracuj zajišťuje pokračování dynamické akce z místa posledního zastavení. Reálný model může být řízen buď ručně pomocí ovládacího panelu přímo u modelu, nebo, přes celkové propojení znázorněné na obrázku.

Závěr

Cílem práce bylo naznačit možnosti využití technologie virtuální reality pro řízení technologického procesu, konkrétně hlubinného dobývání uhlí dobývacím kombajnem. V aplikaci jsou využity nejen statické a dynamické vlastnosti jazyka VRML, ale také interaktivní vytváření nových 3D objektů – modelování průběhu řezu v pílři a obousměrná interakce s modelem.

Nejprve bylo třeba vymodelovat statické a dynamické modely virtuální scény. K tomuto účelu byl použit modelář 3DSMax, který má kvalitní export finální scény ve formátu VRML. Dále byl do aplikace začleněn VRML prohlížeč. Model byl naprogramován v jazyce C++ v prostředí MFC. K začlenění prohlížeče byla využita technologie COM a EAI. Z důvodu, že jazyk VRML je navržen s maximální obecností, jsou některé přímé přístupy do scény značně komplikované. Jako řešení tohoto problému byly implementovány účelové třídy, které tuto činnost zásadně zjednodušily.

Pro realizaci takového systému je zapotřebí dobře vybavený počítač, neboť veškerá 3D vizualizace je prováděna v reálném čase, což vyžaduje jak vysoký výpočetní výkon tak i vysoký výkon grafického subsystému.

Úspěšnou realizací jak simulačního tak i reálného modelu byly ověřeny základní postupy pro implementaci této technologie do inteligentního modelu dolu.

Použité zkratky

ANSI	American National Standards institute	ODBC	Open database Connectivity
API	Application Programming Interface	OLE	Object Linking and Embedding
ASP	Active Server Pages	SQL	Structured Query Language
CLOB	Character Long Object	VM	Virtual Machine
COM	Component Object Model	VRML	Virtual Reality Modeling Language
EAI	External Authoring Interface	W3C	World Wide Web Consortium
GUI	Graphical User Interface	X3D	Extensible 3D
HTML	Hypertext Markup Language	XML	Extensive Markup Language
JDBC	Java Database Connectivity		

Literatura

- [1] Vacula, V.: Zobrazení aktuálního stavu ve VRML scéně. *Diplomová práce, VŠB-TUO, 2002.*
- [2] Kodym, O.: Usage of Virtual Reality in Control and Monitoring of the Underground Technological Process. *Proceedings of the Eleventh International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection 2002. 126. 469-474. 2002. Bouzov, Ostrava, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. 80-248-0127-2.*
- [3] Vzorek, P.: Řízení modelu z virtuální technologiické scény. *Diplomová práce, VŠB-TUO, 2003.*
- [4] Kodym, O.: VRML Environment for Visualization of Model of Underground Technological Process. *World Mining Kongres, New Delhi, India, 2003.*

Summary

The analysis of the underground mine technological process was carried out. This analysis was generalized into such an extent that it can be applied on any underground mine – both the coal and the ore one as well, res. the other ones. The result of this analysis is the description of technological process as the partial network both the technological one as well as of the technical ensuring of production. The usage of the same description in various networks brings the basic advantages in algorithms of the information processing in single subsystems and also the unification of the data storage and the access to them.

The basic database of fundamental technical equipment of underground mine for their displaying in the virtual scene was realized. Into this database both the mining technological units (continuous miner, plough) and the driving technological units (drilling car and others) were included. An integral part of the database are also the further equipment units, especially the transport ones – conveyors, etc. Also the displaying of mine workings from the shaft landing through the crosscuts up to the working place itself is planned. An integral part of the solution is also the displaying of branches and christmas trees. The workings can be displayed with the full equipment (power networks and others).

For visualization tasks the VRML (Virtual Reality Modeling Language) was selected which enables to describe the scene by text file. The corresponding explorer is for disposal for more platforms and also for more operation systems and it belongs into the freeware group. This enables the displaying of the 3D scene on the client's computer without further purchase costs. This environment „Low-end VR“ can be extended very widely. For more perfect perceiving it is possible to realize the projected VR when the 3D scene is projected into the environment of the observer frequently in a panning way. Still higher effect can be achieved with the help of special technical means (HMD – head mounted display) when it is possible to realize the so called absorbing VR.

In the VRML environment the simulation model of continuous miner was realized which simulates the basic operational parameters and enables the simple control. The visualization as well as control are realized directly in the VRML environment. The continuous miner is visualized during the simulation continuously and all functions of the 3D scene for setting up of the observer's view can be utilized.

The further step was the realization of physical model of continuous miner and its interconnection with the virtual model corresponding to it. This physical model can be controlled either directly from the panel of PLC computer or from the virtual scene where the virtual control elements are for disposal.

The explorer of the virtual scenes realized enables the user to make use of all functions: passage through the scene, rotation with the scene, detection of collisions, interaction with the objects defined, displaying of pre-defined views and others. The main limiting element, in the time being, is the computer capacity, especially of its graphical subsystem which limits the number of objects, res. extent of details which can be displayed on the scene. The intensity of perception will be substantially increased by utilization of special technical means for the scene presentation.

Recenzent: Prof. Dr. RNDr. Lubomír Smutný, VŠB-TU Ostrava