
POČÍTAČOVÉ MODELOVANIE INTELIGENTNÝCH BUDOV

Alexandra Šlezárová, Igor Hantuch, Stanislav Števo

Ústav riadenia a priemyselnej informatiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky

Slovenská technická univerzita

Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, Slovak Republic

Tel.: +421 2 60291111 Fax: +421 2 60291111

e-mail: {alexandra.slezarova, igor.hantuch, stanislav.stevo} @ stuba.sk

ABSTRAKT

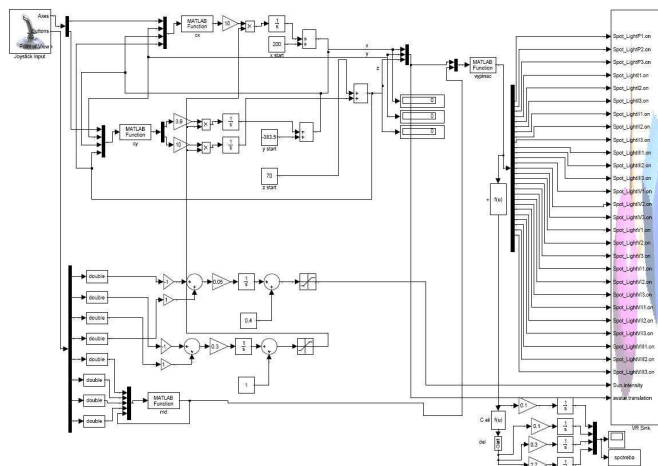
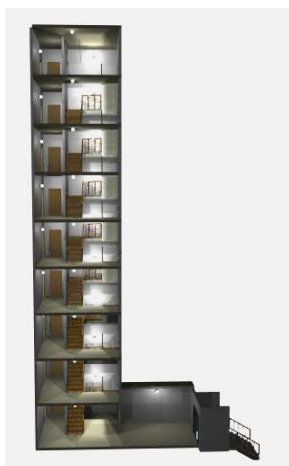
Článok sa zaoberá problematikou inteligentných budov a možnosti ich 3D modelovania vo virtuálnej realite ako SW podporu pri ich projektovaní.

Experiment E1 na simuláciu osvetlenia má za úlohu preukázať funkčnosť vytvoreného modelu a určiť energetickú bilanciu jednotlivých variantov osvetlenia. Výsledky simulácie odpovedali predpokladom, teda energeticky najmenej náročný bol variant osvetlenia kedy sa zapína tá žiarovka, kde je prítomný „avatar“ – bod resp. pohybujúca sa postava vo virtuálnej realite cez ktorý sa akoby pozeráme. Pre nami definovaný systém sme dosiahli viac ako 90 % úspory el. energie. Taktiež experiment preukázal, že na základe merania cez pohyb avatra je možná simulácia a modelovanie procesu v reálnom čase, založené na princípoch udalostných dynamických systémov.

Experiment E2 na simuláciu vykurovania ukazuje ako pomocou genetického algoritmu (optimalizačná metóda) a tepelných dejov návrh optimálneho vykurovacieho systému podľa zvoleného kritéria. Navrhnuté systémy vykurovania v porovnaní s reálnym riešením vykazujú vždy lepšie výsledky v rámci zvolených kritérií, t.j. či už v rámci kompaktnosti rozmerov alebo dosiahnutia tepelnej pohody.

SIMULÁCIA OSVETLENIA – E1

Z dôvodu množstva výhod je simulácia realizovaná v produkte Matlab [2], resp. simulačnom programe Simulink. Základným kameňom VR toolbox-u je blok - VR Sink do ktorého je vložený VRML objekt (získaný z 3D MAX Studia – zjednodušením modelu vytvoreného v ArchiCADe obr. 1 vľavo). Keďže simulujeme činžiak s ôsmimi poschodiami a prízemím (na jednom poschodí sú tri svetlá) budeme mať v tomto bloku 27 vstupov. Ďalším a najdôležitejším vstupom je pozícia avatara, resp. pozícia objektu, s ktorým sa bude pri simulácii hýbať. Model sme rozšírili ešte o jeden vstup (Sun – predstavuje osvietenie modelu), teda máme celkovo 29 vstupov do bloku VR Sink. (Obr. 1 vpravo)

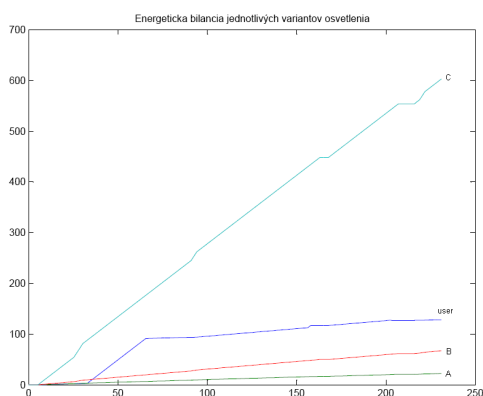


Obr. č. 1 3D model chodieb činžiaku (vľavo), schéma simulácie osvetlenia vo VR (vpravo)

Zadefinovali sme 3 režimy (módy) osvetlenia :

- A – vždy je zapnutá len tá žiarovka, kde sa nachádza avatar
- B – zapnuté je celé poschodie, resp. poschodie kde je avatar
- C – zapnuté sú všetky svetlá (klasický systém)

Výsledok simulácie



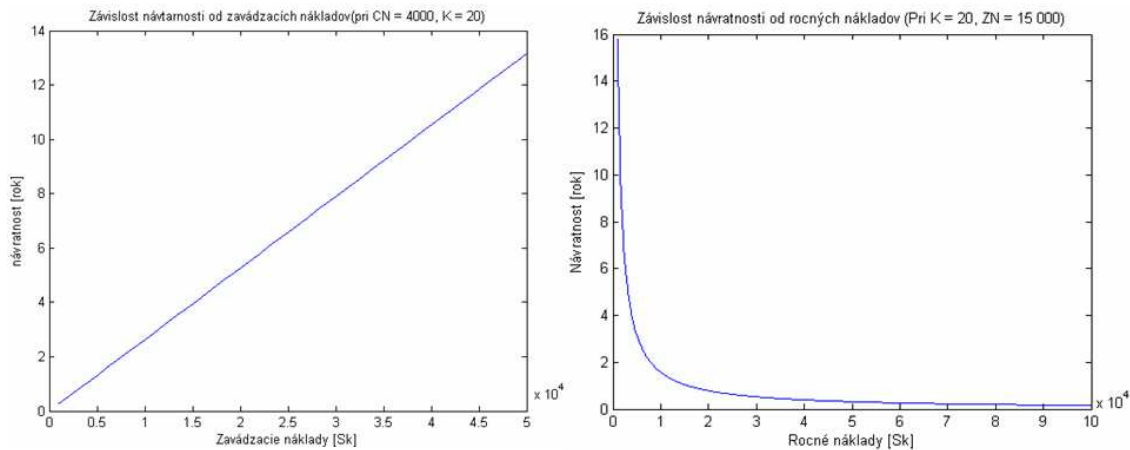
Pri simulácii sa teda môžeme prechádzať po virtuálnom dome. Počas tohto prechádzania sa automaticky vyhodnocujú (energetická náročnosť) varianty osvetlení A, B, C a variant užívateľa (pretože má možnosť zapínať – vypínať svetlá, meniť režimy osvetlení). Teda výsledok simulácie demonštruje graf obr. 2, z ktorého je zrejماً energetická náročnosť jednotlivých variantov.

Obr. č.2 Energetická náročnosť jednotlivých variantov osvetlenia

Návratnosť

Ak poznáme celoročné prevádzkové náklady „starého“ systému (CN_{old}), celkové náklady na zavedenie nového systému (ZN) a pomer energetickej náročnosti K ($K=E_{old}/E_{New}$) ľahko určíme návratnosť podľa :

$$Návratnosť = \frac{ZN \cdot K}{CN_{old} \cdot (K - 1)} \quad (1.1)$$



Obr. 3 Závislosť návratnosti od zavádzacích nákladov pri $CN_{old} = 4000$, $K = 20$ (vľavo)
návratnosti od ročných nákladov pri $ZN = 15000$, $K = 20$ (vpravo)

SIMULÁCIA VYKUROVANIA – E2

Pomocou genetického algoritmu (univerzálna numerická prehľadávajúca – optimalizačná metóda [3]) hľadáme optimálne rozmery vykurovacích telies daného objektu. Matematické modelovanie fyzikálnych procesov (v rámci vykurovania) využíva 3D model objektu, ktorý je verifikovaný a kalibrovaný podľa reálneho objektu. 3D model objektu je vytvorený v programe CATIA V5 ([4]) a simulácia tepelných dejov v Comsol Multiphysics [5].

Vo zvolenom objekte je 7 vykurovacích telies. Predpokladajme, že vzdialenosť každého radiátora od steny je pevne zvolená, resp. nepredstavuje stupeň voľnosti v procese návrhu. Čo do umiestnenia sú stupne voľnosti uvažované len ako pozície (umiestnenie) radiátorov vždy len v jednom smere (popri stene danej miestnosti). Ďalší stupeň voľnosti predstavuje typ a rozmer radiátora. Jednotlivé rozsahy uvádza tab. 10.1 (pre prípad konštrukčnej dĺžky 60 cm)

Kvalita riešenia je daná zhodou výsledkov simulácie a predpísaného kritéria, resp. zhodou teplôt v meraných bodoch a predpísanej teploty v jednotlivých miestnostiach (viď. tab. 6.1), teda v obývacích miestnostiach $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($TOI = 293\text{K}$), chodbe $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($TCH = 289\text{K}$) a kúpeľni $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($TK = 297\text{K}$) podľa vzťahu 10.1, kde parameter β určuje aký dôraz sa bude klásť pre dosiahnutie riešenia s minimálnymi konštrukčnými rozmermi.

Fitness je určená podľa vzťahu:

$$Fit(i) = \sum_{s=1}^m \left(\sum_{k=1}^{n(s)} b_u |\theta_s(k,s) - \theta_p(s)| + \beta \cdot \sum_{k=1}^{n(s)} b_o |\theta_s(k,s) - \theta_p(s)| \right) \quad (1.2)$$

b_o, b_u	Boolovské koeficienty > 1 ak je nasledujúci výraz > 1
θ_p	Požadovaná teplota v miestnosti
$\theta_s(k,s)$	Teplota v bode k v miestnosti s
θ_{avr}	Priemerná teplota miestnosti

Genetický algoritmu našiel optimálny návrh (rozmery a umiestnenie) vykurovacieho systému podľa kritéria dosiahnutia predpísanej teploty v miestnosti. Kvalitatívne je toto riešenie v porovnaní s reálom veľmi podobné. Ako je vidieť z obr. 3 rozloženie teplôt sa veľmi nelíši, pričom riešenie vykazuje mierne horšie výsledky z hľadiska homogenity teplôt v miestnostiach. Hodnota fitness najlepšieho riešenia GA bola 52,336 pričom ak vyhodnotíme rovnakým spôsobom reálne riešenie dostaneme hodnoty 49,767. Je zrejmé, že podľa pevne zvoleného kritéria dosiahnutia teplôt v miestnosti je z tohto pohľadu reálne riešenie predimenzované.

Tab. 1 Porovnanie reálneho a novo navrhnutého riešenia

	GA Variant A				Reálne riešenie			
	typ [6]	výška	dĺžka	pozícia	typ	výška	dĺžka	pozícia
Rad. 1	22K	50	60	0.265	21K	60	80	0.3
Rad. 2	33K	60	100	0.846	22K	60	130	0.8
Rad. 3	22K	60	60	0.336	22K	60	60	0.15
Rad. 4	22K	60	80	0.725	22K	60	90	0.74
Rad. 5	33K	50	70	0.657	22K	60	70	0.61
Rad. 6	22K	60	80	0.289	22K	60	90	0.32
Rad. 7	22K	60	80	0.618	22K	60	90	0.63

ZÁVER

Vytvorením SW nástrojov pre podporu simulácie a návrhu vo virtuálnej realite sa vniesla nová kvalita do projektovania IB, kde pomocou nich bude možné zvýšiť efektivitu projektantov. Zavedením možnosti spätnej väzby – vizualizácia projektu + modelovanie a ich následná modifikácia významne zvýši a umožní optimalizáciu v procese projektovania. Takto vytvorený projekt zabezpečí vyššiu hodnotu vytvoreného diela.

Experiment 1 ukázal, že najvýhodnejšie z pohľadu spotreby elektrickej energie je použitie variantu osvetlenia pri ktorom je vždy zapnutá len tá žiarovka, kde sa nachádza človek (z pohľadu simulácie). V porovnaní s najhorším variantom môžeme dosiahnuť až 90 % úspory el. energie. Taktiež experiment preukázal, že je možné meranie procesu v reálnom čase.

Experiment 2 demonštruje návrh vykurovacieho subsystému pomocou genetického algoritmu. Pri kritériu najmenších rozmerov (fitness podľa 1.2) je nájdené riešenie kompaktnjšie na úkor tepelnej pohody (v porovnaní s reálnym riešením).

Na záver môžeme s istotou konštatovať, že zvolený prístup (procedúra genetického algoritmu s využitím prepojenia softvérových zvolených prostriedkov) je schopný kvalitne navrhnuť systém vykurovania rodinného domu pri splnení predpísaného kritéria komfortu ako aj efektívne zhodnotiť energetickú náročnosť rôznych riešení osvetlenia objektu, preto je jasné, že SW podpora je dnes už neoddeliteľnou súčasťou pri procese návrhu IB.

LITERATÚRA

- [1] Budiaková M. : *Energeticky úsporné budovy*, A-Projekt, 2003, Bratislava
- [2] Foltin. M: *Matlab*, www.spoterus.sk, 2009, ISSN 1338-0087
- [3] Sekaj I. , *Evolučné výpočty a ich využitie v praxi*, IRIS, 2005, Bratislava
- [4] Števo S.: *Catia V5*, www.spoterus.sk, 2009, ISSN 1338-0087
- [5] Comsol: *FEMLAB 3, Heat Transfer Module, Model Library*, Comsol AB., 2004
- [6] Radiátory KORAD, <http://www.usskorad.sk/>