



Modelovanie náročnosti výpočtu matematického modelu lietadla v počítačoch systému trénažera (1)

Igor Kvasnica, Peter Kvasnica

Článok sa venuje modelovaniu náročnosti výpočtu dekomponovaného informačného systému trénažera. Na to využíva poznatky teórie návrhu decentralizovaných systémov riadených počítačom. Toto modelovanie je realizované niekoľkými počítačmi, ktoré vytvárajú distribuovaný počítačový systém leteckého trénažera. Modelovanie časovej náročnosti trénažerového systému závisí od rovníc a architektúry počítačového systému. Dôležitá v článku je vlastnosť metód analýz simulácie a analytického prístupu, implementácia zodpovedajúceho výpočtu hierarchického riadenia architektúrou jedno- alebo viacprocesorovou. Modelovanie na počítačoch reálneho leteckého trénažera je dokumentované časovou úsporou, ktorá je v grafickej prezentácii dekomponovaného systému.

Úvod

V teórii riadenia systémov sú informácie o správaní systému centralizované. Hromadné zavádzanie mikroprocesorov a mikropočítačov smeruje k zavedeniu distribuovaných výpočtových systémov. Návrh a tvorba informačných systémov s distribuovanými bázami údajov sú dôležitými predpokladmi pre decentralizované rozhodovanie a riadiace systémy.

Návrh decentralizovaných počítačových systémov riadenia (DPSR) patrí do oblasti teórie riadenia a výpočtovej techniky s potrebou vykonávania riadenia systému v reálnom čase. Problémy, ktoré sa vyskytujú v teórii riadenia centralizovaných systémov, sa často prenášajú do oblasti DSR. Podobne v oblasti výpočtovej techniky nie je ucelene teoreticky fundovaná oblasť programovacích jazykov a operačných systémov na prácu v reálnom čase. Význam ďalšej úvahy spočíva v použití opísaného DPSR v aplikácii leteckého trénažera. Činnosť systémov a podsystémov lietadla je modelovaná programovými modulmi, ktoré vytvárajú z hľadiska riadenia systém s požadovanými vlastnosťami. V nasledujúcej analýze dominuje výpočtová technika ako realizačný nástroj podporujúci prácu s matematickými modelmi.

1. Úloha decentralizácie riadiaceho systému

Nech M je množina $M = \{M_1, \dots, M_m\}$ modulov, ktoré vykonávajú operácie potrebné na dosiahnutie želaného modelovaného riadenia informačného systému, ďalej nech je špecifikovaná množina riadenia funkcií $F = \{f_1, \dots, f_f\}$. Predpokladajme, že môžeme DPSR definovať ako riadiaci systém, ktorého množina modulov M je distribuovaná na množinu výpočtových prostriedkov $C = \{C_1, \dots, C_m\}$.

Teória riadenia zložitých systémov uvádza podľa [1], [8], že póly riaditeľného lineárneho systému môžeme vyberať podľa želaných predstáv a realizovať pomocou stavovej teórie spätnej väzby.

Rozmiestnenie pólov charakteristickej rovnice je definované determinantom matice uzatvoreného obvodu – systému, ktoré možno vykonať pre decentralizované riadenie podľa nasledujúcej metodiky [9].

Máme systém:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \sum_{i=1}^N \mathbf{B}_i \mathbf{u}_i(t) \quad (1)$$

$$\mathbf{y}_i(t) = \mathbf{C}_i \mathbf{x}(t) \quad (2)$$

$i = 1, 2, \dots, N$ sú indexy vstupov (1) a výstupov (2) jednotlivých riadiacich systémov.

Pri splnení podmienok riaditeľnosti a pozorovateľnosti informačného systému trenážera \mathbf{C}_i , \mathbf{B}_i , \mathbf{A}_i je pre niektoré „ i “ problém jednoduchý. Zaujímavý je prípad, keď je systém (1) riadený pomocou všetkých modelovaných lokálnych riadení $\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_N$ a nie jedným z riadení \mathbf{u}_i .

Pre zložky vektora riadenia platí rovnica:

$$\dot{\mathbf{u}}(t) = \mathbf{M}\mathbf{z}(t) + \mathbf{F}\mathbf{y}(t) + \mathbf{G}\mathbf{v}(t) \quad (3)$$

Máme špecifický prípad, keď $\mathbf{M}_i = 0$ a $\mathbf{G}_i = 0$. V rovnici riadenia tak vzniká potreba určiť matice $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \dots, \mathbf{F}_N$ tak, aby po dosadení za \mathbf{u}_i v rovnici (1) platila rovnica:

$$\mathbf{A}_F = \mathbf{A} + \sum_{i=1}^N \mathbf{B}_i \mathbf{F}_i \mathbf{C}_i \quad (4)$$

ktorá má želané vlastné hodnoty. O problematike sa bližšie zmieňuje [8].

1.1 Konceptia riadiacich modulov trenážera

Riešme prípad s potrebou práve jedného modelovaného riadenia v každom výpočtovom podsysteme leteckého trenážera. Pri návrhu koncepcie takéhoto systému vyjdeme zo zloženia výpočtových prostriedkov leteckého trenážera.

Systém leteckého trenážera je z hľadiska výpočtových prostriedkov tvorený technickým vybavením, ktoré uvádza tab. 1.

2. Matematický model trenážera

Modelovanie vlastností trenážera z matematických modelov je jednou z najdôležitejších činností pri jeho výstavbe.

Na počítači možno riešiť niektoré úlohy z kinematiky, ako aj z dynamiky trenážerov. Pri úlohách z kinematiky hmotného bodu ide najmä o zložené pohyby. Podstata riešenia úloh tohto typu je v tom, že sa na počítači modelujú rovnice jednotlivých zložiek pohybu a spočítaním

meno počítača	typ procesora, pracovná frekvencia, pamäť RAM
riadiaci	Intel Pentium III, 1 700 MHz, 256 MB RAM
hostiteľský	Intel Pentium III, 1 000 MHz, 512 MB RAM
kabína	Intel Pentium III, 1 100 MHz, 512 MB RAM
generátor obrazu	RISC procesor R10000, 220 MHz, 1 024 MB RAM

Tab.1 Počítače v zostave trenážera

vzniká výsledný pohyb. Fyzikálny problém grafickej konštrukcie trajektórie zloženého pohybu sa nahradí matematickým problémom, a to zisťovaním priebehu matematickej funkcie. Metódami súčasnej numerickej matematiky a počítačovej grafiky je to riešiteľná úloha.

Vďaka matematickému modelovaniu a počítačovej simulácii sa pomocou počítača úspešne riešia aj niektoré úlohy z dynamiky hmotného bodu (naše riešenie analýzy dynamiky pohybu lietadla možno redukovat na spomenutý problém).

Matematický model spomenutých úloh predstavuje sústava obyčajných diferenciálnych rovníc. V súčasnosti možno na výpočet použiť dva rozdielne prístupy. Prvý spočíva v analytickom riešení matematického modelu (sústavy diferenciálnych rovníc) metódami matematickej analýzy, v druhom prípade zveríme riešenie matematického modelu výpočtovej technike.

Podľa súčasných matematických poznatkov možno analyticky riešiť iba malú časť diferenciálnych rovníc. Ide predovšetkým o metódu neurčitých koeficientov, metódu postupných aproximácií, ako aj metódu Taylorovho rozvoja, ktorá sa dá súčasne použiť aj pri numerickom riešení diferenciálnych rovníc.

Analytický spôsob riešenia takýchto rovníc matematika doteraz nepozná, a preto spomenutú sústavu rovníc možno riešiť iba približnými metódami, najmä metódami numerickej matematiky, najvhodnejšie so súčasným využitím metód počítačovej grafiky.

Podstatu algoritmu na numerické riešenie diferenciálnych rovníc n -tého rádu možno zhrnúť v nasledujúcom texte.

Začiatočnú úlohu pre diferenciálnu rovnicu n -tého rádu možno definovať takto:

Nech je daná diferenciálna rovnicu n -tého rádu v tvare

$$y^{(n)} = f(x, y, y', \dots, y^{(n-1)}) \quad (5)$$

Úlohou jej riešenia je nájsť funkciu

$$y = y(x) \quad (6)$$

vyhovujúcu Cauchyho začiatočným podmienkam

$$y(x_0) = y_0 \quad y'(x_0) = y'_0, \dots, y^{(n-1)}(x_0) = y_0^{(n-1)} \quad (7)$$

kde

$$y_0 \quad y'_0, \dots, y_0^{(n-1)}(x_0) = y_0^{(n-1)} \quad (8)$$

sú zadané konštanty.

Na numerické riešenie diferenciálnej rovnice vyššieho rádu využívame metódy používané pri riešení sústavy diferenciálnych rovníc 1. rádu, a preto zadanú diferenciálnu rovnicu n -tého rádu vhodnými substitúciami prevádzame na sústavu diferenciálnych rovníc 1. rádu

$$\begin{aligned} y_1 &= y' \\ y_2 &= y'' = y'' \\ &\dots \\ y_{n-1} &= y^{(n-1)} = y_{(n-2)}' \end{aligned} \quad (9)$$

Uvedené substitúcie už vlastne tvoria sústavu diferenciálnych rovníc. Spomenutú sústavu ešte doplníme o zadanú diferenciálnu rovnicu s dosadenými premennými y_1, \dots, y_{n-1} a takto novokreovanú sústavu upravíme na normovaný tvar.

$$\begin{aligned} y' &= y_1 \\ y_1' &= y_2 \\ &\dots \\ y_{n-2}' &= y_{n-1} \\ y_{n-1}' &= f(x, y, y_1, \dots, y_{n-1}) \end{aligned} \quad (10)$$

Na riešenie sústavy (10) možno ďalej použiť ľubovoľnú numerickú metódu na riešenie diferenciálnych rovníc 1. rádu.

Modelovanie a simulácia prakticky priamo závisia od dostupnosti vhodného simulačného nástroja spolu s výkonným technickým vybavením



počítača. Vybrať vhodný simulačný nástroj a nástroj na analýzu údajov, ktoré sú dostupné, podporované viacerými operačnými systémami a vývojom, je náročné.

Dôraz sa kladie na to, či ide o filozofiu otvorených zdrojových kódov (open source) alebo voľne šíriteľného kódu (free software) pre požadované úlohy, samozrejme, každá má výhody aj nevýhody. Úlohu možno riešiť (počítačom PC) v programovom (softvérovom) prostredí Matlab, Scilab, Femlab. Sú-stredíme pozornosť na technické vybavenie počítačov.

V nasledujúcej časti si povieme o výpočtovej náročnosti hierarchického riadenia, modelovacích aspektoch a o modelovaní časovej náročnosti výpočtu jedno- a viacprocesorového systému.

Literatúra

[1] BLAKELOCK, J. H.: Automatic control of aircraft and Missiles, Second Edition, John Wiley & Sons. Inc.: New York, 1991, ISBN 0-471-50651-6.

[2] HANULIAK, I.: Paralelné počítače a algoritmy. Košice: Elfa 1999, ISBN 80-88964-05-9.

[3] WATKINS, CH., STEPHEN R. MARENKA: Virtual Reality ExCursions, with programs in C, AP Professional: Boston, 1995, s. 63, ISBN 0-12-737-865-0.

[4] IRLAND, M.: Simulation of the CIGALE Network, Dep. Comp. Sci., University of Waterloo, Waterloo, Ontario, WVNG Tech. Rep. E-32, January 1975, Canada

[5] KLEINROCK, L.: Queueing Systems, Volume 2, Computer applications, John Wiley & Sons. Inc., New York, USA, 1976, s. 598, ISBN 0-471-49111-X.

[6] SAATY, T. L.: Elements of Queueing Theory with Application, McGraw – Hill Inc.: New York, USA, 1961, ISBN 0-486-64553-3. Elementy teorii obsluzivaniya i ee prilozheniya, preklad z anglichtiny, Sovetskoe radio, Moskava, 1965.

[7] ROLFE, J. M., STAPLES, K. J.: Flight Simulation, Cambridge University Press: Cambridge, 1986, s. 42, ISBN 0-521-35751-9.

[8] SARNOVSKÝ, J., DZURNÁKOVÁ, Z., HLADKÝ, V., JADLOVSKÁ, A., LIGUŠ, J.: Multiagentové hybridné riadenie zložitých systémov. Košice: Elfa 1999, ISBN 80-88964-10-5.

[9] SARNOVSKÝ, J. a kolektív: Riadenie zložitých systémov. Bratislava: Alfa 1992, ISBN 80-05-00945-3.

Pokračovanie v budúcom čísle.

Ing. Igor Kvasnica, PhD.

Krajský úrad životného prostredia
Hviezdoslavova 3
911 01 Trenčín

48

Ing. Peter Kvasnica, PhD.

Trenčianska univerzita A. Dubčeka v Trenčíne
Centrum informačných technológií
Študentská 2
911 50 Trenčín
Tel.: 032/740 01 04
e-mail: kvasnica@tnuni.sk