

Modelovanie náročnosti výpočtu matematického modelu lietadla v počítačoch systému trenažéra (3)

5. Modelovanie časovej náročnosti výpočtu viacprocesorového systému

Časový zisk môžeme zabezpečiť aj modelovaním výpočtov na viacprocesorovom systéme. Prístup k predikovaným trajektóriám π a β procesormi podsystémov môže mať dve formy:

1. všetky trajektórie π a β možno uchovávať v spoločnej oblasti pamäte,
2. podmnožina π a β používaná podsystémami sa sprístupňuje oddelene.

V prvom robia prípade jednotlivé procesory podsystémov opakované prístupy k spoločným trajektóriám π a β . Ak použijeme spoločnú zbernicu na prenos týchto údajov, spôsobí to určité čakacie časy. Efekt tohto času reprezentuje parameter ω_1 pre každý procesor tak, že čas pre iteráciu pre i -tý podsystém je $(t_i + t_{ji})(1 + \omega_1 P)$, kde P je počet procesorov. Čas výpočtu na koordináciu určuje parameter ω_2 , čiže tento čas je $t_{Jg,i}(1 + \omega_2 P)$ aj podľa [9]. Potom celkový čas modelovania je:

$$T_{sm} = \left\{ \left\{ \frac{1}{P} \sum_{i=1}^N (t_i + t_{ji})(1 + \omega_1 P) n_i^a + t_{Jg,i}(1 + \omega_2 P) \right\} + t_g \right\} I_g + t_\beta \left\} I_\beta \quad (22)$$

V porovnaní s jedným centrálnym procesorom členy t_i , t_{ji} vzrastli, ale celková suma klesne delením počtom procesorov P .

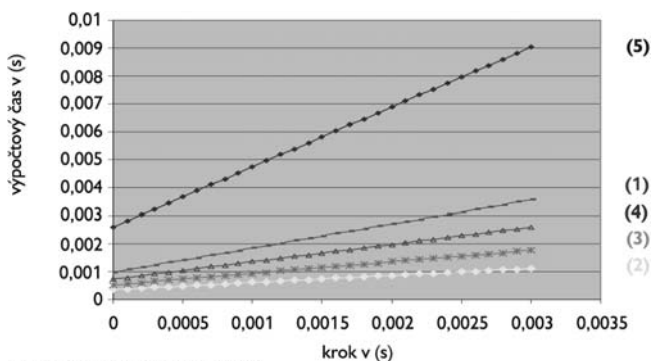
V druhom prípade každý procesor pre jednotlivé podsystémy má svoje vlastné kópie podmnožín π a β trajektórií. To vedie k ďalšiemu kroku v algoritme, ktorým je vybratie všetkých týchto kópií z lokálnych pamätí. Celkový čas na vybratie má dve zložky: počítanie nových trajektórií predstavuje výpočtový čas t_{gc} a uchovanie týchto trajektórií v lokálnych pamätiach výpočtový čas $t_{gs,p}$. Podobne $t_{\beta c}$ a $t_{\beta s,p}$ sú výpočtové časy pre β trajektórie. Celkový čas modelovania potom je:

$$T_{mm} = \left\{ \left\{ \frac{1}{P} \sum_{i=1}^N (t_i + t_{ji}) n_i^a + t_{Jg,i} \right\} + t_{gc} + \sum_{i=1}^N t_{gs,p} \right\} I_g + t_\beta + \sum_{i=1}^N t_{\beta s,p} \left\} I_\beta \quad (23)$$

Máme viac ako jeden podsystém na jeden procesor dekomponovaného komplexu leteckého trenažéra, ktorý je rozdelený na N nerovnakých podsystémov $n_1 \neq n_2 \neq \dots \neq n_N$, $t_1 \neq t_2 \neq \dots \neq t_N$. Pre modelovanie výpočtového času platí vzťah z rovnice (22).

Pre výpočtový čas v prípade dvojprocesorového systému použijeme označenia ako pri jednoprocessorovom systéme s týmito doplňujúcimi označeniami [9]: ω_1 – čakací čas na prenos údajov, ω_2 – výpočtový čas na koordináciu, P – počet procesorov podsystému.

Časová závislosť podsystémov, t. j. porovnanie rýchlosti výpočtov medzi podsystémami počítača je pri dvojprocesorovej metóde: $t_2 = 0,59 \times t_1$, $t_3 = 0,65 \times t_1$, $t_4 = 0,8 \times t_1$. Pre 4 podsystémy leteckého trenažéra sme zvolili tieto hodnoty premenných: $t_{ji} = 0$, $t_{Jg,i} = 0,0001$ s, $t_g = 0$, $t_\beta = 0$, $n_1 = 1,3$, $n_2 = 0,7$, $n_3 = 0,9$, $n_4 = 1,1$, $a = 2$, $I_g = 2$, $I_\beta = 2$, $\omega_1 = 0,01$, $\omega_2 = 0,06$, $P = 2$. Pre prvý podsystém n_1 dostávame rovnicu pre modelovú časovú náročnosť v tvare:



nedekomponovaný systém Or (5)
dekomponované podsystémy $n_1 - (1)$, $n_2 - (2)$, $n_3 - (3)$, $n_4 - (4)$

Obr.2 Časové modelovanie na dvojprocesorovom systéme

$$T_{sm} = \left\{ \left\{ \frac{1}{P} \sum_{i=1}^4 (t_i + t_{ji})(1 + \omega_1 P) n_i^a + t_{Jg,i}(1 + \omega_2 P) \right\} + t_g \right\} I_g + t_\beta \left\} I_\beta = \left\{ \left\{ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 ((0,1+0)(1+0,01 \cdot 2) \cdot 1,69 + 0,1 \cdot (1+0,06 \cdot 2)) \right\} + 2 \right\} + 2 \cdot 10^{-3} \quad (24)$$

Podobne odvodíme výrazy pre zostávajúce tri dekomponované podsystémy so stavovými veličinami. Keď meníme hodnoty integračného kroku t_1 z intervalu $\langle 0,0001 \div 0,003 \rangle$ s krokom $0,0001$ s, dosadíme ich do rovnice (16) na výpočet časovej náročnosti dekomponovaného dvojprocesorového systému, dostaneme časové závislosti modelovaného času pôvodného a nových podsystémov. Časový zisk dekomponovaných dvojprocesorových podsystémov oproti pôvodnému potom vidíme z grafických závislostí na obr. 2. Na vodorovnej osi je znázornený krok integrácie výpočtu v sekundách a na zvislej osi sú zobrazené výpočtové časy na dekomponovaných výpočtových systémoch trenažéra. Z grafických závislostí na obr. 2 plynie, že najmenší výpočtový čas je potrebný na dekomponovanom podsystéme n_2 – najrýchlejší(2), väčší je na podsystéme n_3 (3), za ním nasleduje podsystém n_4 (4) a najväčší výpočtový čas je na podsystéme n_1 – najpomalší (1), nedekomponovaný systém Or (5).

Z modelovania výpočtu časovej náročnosti jednoprocessorového a dvojprocesorového systému vyplýva, že:

1. integráciu veličín na dekomponovaných podsystémoch treba upravovať podľa jednotného času komplexu trenažéra,
2. z praxe pri synchronizácii integračného času medzi podsystémami vyplýva, že je to úloha veľmi náročná na výpočtový výkon,
3. efekt dekompozície výpočtového systému sa synchronizáciou po sieti v zložitejších prípadoch eliminuje,
4. z absolútneho porovnania modelovaných veličín oboch metód výpočtov vyplýva, že časová náročnosť výpočtov na dvojprocesorových podsystémoch je rýchlejšia takmer o 40 % ako na jednoprocessorových.

Efektívnym a účelným sa javí riešiť výpočty matematických modelov v jednoprocessorovom a dvojprocesorovom systéme na najrýchlejšom počítači v zostave (v uvádzanom prípade systém n_2). Výsledky treba distribuovať po sieti k ďalším počítačom, kde pracujú doplnkové programové aplikácie. Týmto postupom je zachovaný časový zisk proti nedekomponovanému systému z pôvodného riešenia.

Záver

Modelovanie časovej náročnosti dekomponovaných podsystémov leteckého trenažéra v tvare matematického zápisu bolo vykonané podľa rovníc 19, resp. 22 na počítači pomocou knižnic simulačného programového vybavenia Simulink v prostredí MATLAB-u. V analýze úlohy sa uvažovalo s jednoprocessorovou a dvojprocesorovou architektúrou dekomponovaného systému. Vstupné parametre pre modelovanie dekomponovaných podsystémov leteckého trenažéra sú stacionárne, nemenné počas výpočtu, preto sú príčinou istých prijateľných skreslení dosiahnutých výsledkov. Z výsledkov získaných simulovaním časovej náročnosti dvojprocesorovej architektúry vyplýva, že modelovanie podsystémov je náročnejšie a menej presné. Uvedenú metódu možno použiť aj pri iných modelovaných konfiguráciách trenažéra lietadla podľa [3] a [7] (literatúra bola uvedená v 2. časti tohto seriálu). Potom treba vhodným spôsobom spresniť a upraviť opis matematického zápisu na výpočet modelovania časovej náročnosti riadenia dekomponovaných podsystémov na počítačoch v leteckom trenažéri.

Ing. Igor Kvasnica, PhD.
Ing. Peter Kvasnica, PhD.

e-mail: kvasnica@tnuni.sk