

АВТОМАТИКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

УДК 519.876.5

В. М. Дубовой, д. т. н., проф.;

О. Д. Никитенко, бакалавр

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІЧНОЇ МОДЕЛІ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Під час проектування підсистем керування інформаційно-обчислювальних систем (ІОС) постає проблема синтезу системи керування ІОС, яка забезпечить оптимальний розподіл операцій на паралельні і послідовні. Для розв'язання задачі вводиться отримана на основі операторної моделі вартісна функція, яка є критерієм оптимальності. Запропонований підхід дозволяє здійснювати оптимізацію ІОС в умовах комбінованої стохастичної і нечіткої невизначеності на основі алгоритмічної моделі.

Інформаційно-обчислювальні системи (ІОС) — це широкий клас систем, до яких належать системи вимірювання, контролю, керування, діагностики тощо, в яких обробка результатів здійснюється з використанням комп'ютерних обчислень.

Сучасні інформаційно-обчислювальні системи (ІОС) є складним комплексом програмно-апаратних засобів. Використання інтелектуальних сенсорів надає ІОС розподіленого характеру. Керування такими системами здійснюється за допомогою мереж комп'ютерів та контролерів. Під час проектування підсистем керування ІОС постає проблема синтезу системи керування ІОС, яка забезпечить оптимальний розподіл операцій на паралельні і послідовні. Прикладом таких ІОС є система контролю та керування тепловим пунктом мікрорайону міста, яка здійснює контроль температури, тиску і витрат холодної, гарячої води, теплоносія системи опалення та керування цими параметрами для забезпечення належних умов проживання мешканців при мінімізації витрат ресурсів.

Процеси в ІОС в умовах невизначеності пов'язані з необхідністю отримання та виконання операцій над функціями, які характеризують невизначеність даних: функцією щільності ймовірності для стохастичних даних [1], функцією належності для нечітких даних [2], узагальнюючою функцією у випадку комбінованої невизначеності [3]. Більшість з цих операцій може здійснюватися як послідовно, так і паралельно. Послідовне виконання пов'язане з витратами часу, паралельне — з додатковими апаратними витратами. Тому *актуальною* є задача оптимізації розпаралелювання процесів в ІОС в умовах невизначеності.

Постановка задачі

Відома структура ІОС і алгоритм обробки даних. Необхідно знайти оптимальний розподіл операцій на паралельні і послідовні, а також на ті, що реалізуються апаратно і програмно.

Розглянемо алгоритм та структуру ІОС контролю та керування тепловим пунктом (СККТП). Структурна схема СККТП показана на рис. 1. Типовий тепловий пункт обслуговує 6 будинків. Забезпечення мешканців гарячою водою та теплом здійснюється за допомогою двох бойлерів (теплообмінників). ІОС здійснює облік води і тепла по кожному вводу, облік втрат води і тепла, контроль аварійних ситуацій, програмне керування параметрами споживання. Керування здійснюється за допомогою регуляторів тиску.

© В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко, 2005

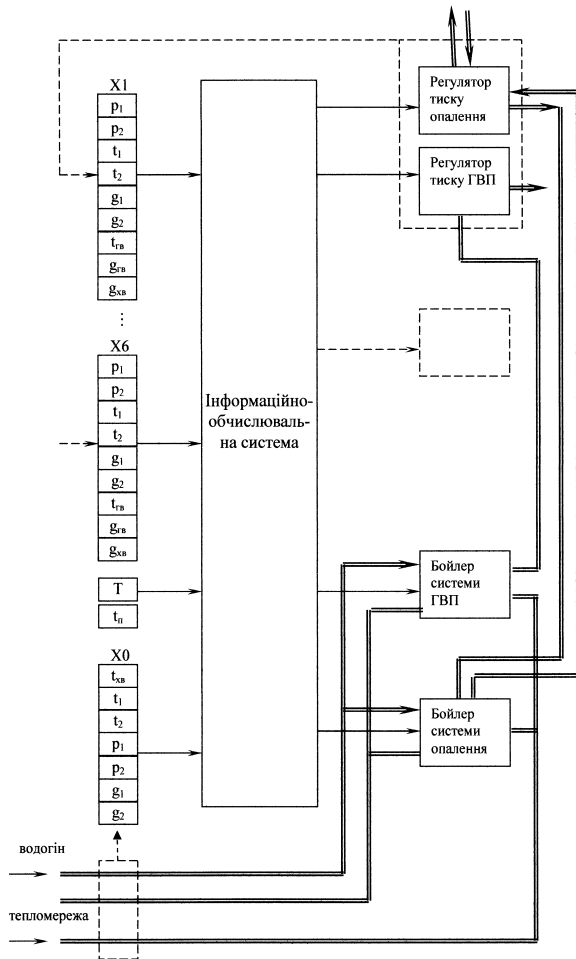


Рис. 1. Система контролю та керування тепловим пунктом

Для забезпечення обліку і керування система контролює по кожному вводу у будинок параметри: P_1 — тиск у вхідному трубопроводі системи опалення; P_2 — тиск у зворотному трубопроводі системи опалення; t_1 — температуру у вхідному трубопроводі системи опалення; t_2 — температуру у зворотному трубопроводі системи опалення; g_1 — витрати теплоносія у вхідному трубопроводі системи опалення; g_2 — витрати теплоносія у зворотному трубопроводі системи опалення; $t_{ГВ}$ — температуру гарячої води; $g_{ГВ}$ — витрати гарячої води; $g_{ХВ}$ — витрати холодної води. На вводи магістралей у тепловий пункт вимірюються P_1 — тиск у вхідному трубопроводі тепломережі; P_2 — тиск у зворотному трубопроводі тепломережі; t_1 — температуру у вхідному трубопроводі тепломережі; t_2 — температуру у зворотному трубопроводі тепломережі; g_1 — витрати теплоносія у вхідному трубопроводі тепломережі; g_2 — витрати теплоносія у зворотному трубопроводі тепломережі; $t_{ХВ}$ — температуру холодної води; $g_{ХВ}$ — витрати холодної води. Крім того, для забезпечення програмного керування вимірюється час за допомогою таймера T і температура повітря $t_{п}$.

Керування тепловим пунктом здійснюється на основі прогнозування параметрів тепло- і водоспоживання. Необхідність прогнозування зумовлена великою інерційністю системи. Для прогнозування використовуються як статистичні дані зміни споживання по годинах доби та днях тижня, так і експертні дані щодо зміни погодних умов.

Велика кількість контрольованих та керованих параметрів та необхідність використання невідзначених даних зумовлюють значну складність системи і доцільність розв'язання задачі оптимізації структури ІОС шляхом розпаралелювання і розподілу апаратних і програмних операцій.

Для розв'язання задачі введемо вартісну функцію, яка є критерієм оптимальності $g([P_{11}, P_{12}], [P_{21}, P_{22}])$, де P_{11} — множина послідовних операцій; P_{12} — множина паралельних операцій; P_{21} — множина апаратно реалізованих операцій; P_{22} — множина програмно реалізованих операцій. Вартісна функція повинна відповідати умовам:

- вартісна функція паралельно з'єднаних підсистем

$$g_{\text{пар}} = \sum_i g_{ci} + c_t \max_i (T_i),$$

де g_{ci} — вартість апаратних засобів i -ї підсистеми, T_i — час виконання операції i -ю підсистемою, c_t — вартість витрат часу;

- вартісна функція послідовно з'єднаних підсистем

$$g_{\text{пос}} = \sum_i g_{ci} + c_t \sum_i T_i.$$

Вираз вартісної функції отримується з алгоритмічної моделі ІОС. Алгоритмічна модель дозволяє у єдиній формі подати як програмну, так і апаратну частини ІОС [4].

Алгоритмічні моделі програмних засобів ІОС зазвичай представляються графічними схемами або записуються засобами алгоритмічних мов, як це подано у таблиці. Але для перетворення на операторну модель більш придатною є алгебраїчна форма запису.

В [7] для формалізованого опису перетворень сигналів в ІОС використовується апарат логічних

схем алгоритмів (ЛСА). В ЛСА застосовуються множини функціональних $\{A_i\}$, логічних $\{w_i\}$ операторів, а також правила послідовності виконання алгоритму в залежності від задоволення умов w_i . В ЛСА об'єднуються оператори, які визначають обмін інформаційними і службовими сигналами між функціональними блоками системи, а також перетворення цих сигналів. Основні елементи алгоритмічних моделей ІОС наведені в таблиці.

Порівняння елементів алгоритмічних моделей

Елементи алгоритмічної моделі ІОС		Операції системи алгоритмічних алгебр		Типові елементи схем програм	
Зміст	Позначення	Зміст	Позначення	Зміст	Позначення
Функціональний оператор	A_i	Оператор	\hat{y}	Функція	$F(x)$
Логічний оператор	w_i	Умова	\hat{g}	Логічний вираз (функція)	L
Перетворення сигналів	x/y	Присвоєння	—	Процес визначення значення ↓ ↓ Вибір 	$y := F(x)$
Виконання будь-якого перетворення (ЧИ)	$A_1 A_2 A_3$	—	$((A1_{a_1} \vee A2_{a_2}) \vee \vee A3) = N$	Складний оператор	case x of 1: A_1 2: A_2 3: A_3
Об'єднання перетворення	$[\cdot], \{ \cdot \}$	Множення (композиція)	$A \times B$ чи AB	Окремо визначений алгоритм 	Begin End Procedure A
Виконання алгоритму програмним шляхом		—	—	Умовний перехід 	if α then P else Q
Перенос виконання алгоритму вперед		α -диз'юнкція ($a \in \hat{g}$)	$(P_\alpha \vee Q) = N$		repeat P until α
Перенос виконання алгоритму назад		α -ітерація ($a \in \hat{g}$)	$\{P_\alpha\}$		

Для порівняння у таблиці показані також основні елементи алгоритмічної алгебри Глушкова [8].

З аналізу табл. видно, що алгоритмічні моделі як апаратної, так і програмної частини ІОС, можуть бути представлені у алгебраїчній формі. Алгебраїчна форма моделі дозволяє здійснити перехід до узагальненої операторної моделі, яка враховує невизначеність початкових даних, вхідних впливів та структурних змін системи [3]. Для відображення в алгоритмічній моделі операцій над функціями невизначеності введені означення операторів перетворення функцій [3].

Алгоритмічна модель є зручним формальним поданням ІОС за умови повної визначеності характеристик як даних, так і операторів. В умовах невизначеності подання операторів повинно відображати перетворення функцій, які описують невизначеність.

Так, наприклад, в системі контролю та керування тепловим пунктом прогнозоване споживання гарячої води може задаватися залежністю середнього значення від часу доби та дня тижня. Але інформативнішим є подання цієї невизначеної величини у вигляді закону розподілу ймовірності. Ще один невизначений параметр — прогнозована температура зовнішнього повітря, може задаватися експертною оцінкою очікуваного значення протягом доби, але достовірнішим є подання у вигляді функції належності нечітко визначеного параметра. В результаті процедури обчислення керуючих впливів пов'язані з необхідністю перетворень функцій, що описують невизначеність.



Рис. 2. Алгоритм ІОС

Укрупнений алгоритм роботи ІОС зображений на рис. 2.

Перетворення функцій невизначеності можуть бути представлені за допомогою узагальнюючих функцій і визначених для них операторних перетворень. Система узагальнюючих функцій складається з правил утворення формул, правил переходу від формальних систем чітких чисел, випадкових величин, нечітких чисел до системи узагальнюючих функцій і назад. Для узагальнюючої функції визначені також правила узагальнення математичних операцій. Всі операції поділені на три групи: нелінійні унарні, нелінійні бінарні, інтегро-диференціальні. За основу визначення цих операцій прийнятий операторний метод перетворення законів розподілу ймовірностей, що використовує інтегральні оператори

$$\beta_Y(y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \dots \int_{-\infty}^{+\infty} \beta_X(\bar{x}) \psi(\bar{x}, y, F, Q) d\bar{x}, \quad (1)$$

де ψ — ядро оператора, яке задовольняє умову

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(\bar{x}, y, F, Q) d\bar{x} = 1, \quad (2)$$

де F і Q — характеристики операції, яка виконується; n — кратність інтегрування, яка залежить від розмірності вектора \bar{x} і характеристик операцій F і Q .

Із кратністю інтегрування $N > 1$ результати, отримані на попередньому циклі інтегрування, використовуються в якості ядра перетворення на наступному циклі. Обчислення виконуються за схемою зображеною на рис. 3 (наведено приклад для $N = 3$), з якої видно, що функціональне перетворення виконується тільки на першому циклі N -кратного інтегрування.

Перетворення алгоритмічної моделі ІОС на операторну модель в умовах невизначеності здійснюється на основі вдосконаленого операторного методу [4].

На основі операторної моделі визначається вартісна функція. Вартісна функція використовується як критерій в задачі оптимізації структури ІОС. Ця задача є задачею дискретної оптимізації з обмеженням на час виконання розрахунків в ІОС. Оптимізація здійснюється шляхом зміни двох показників: програмна або апаратна реалізація операцій, послідовне або паралельне виконання операцій.

Можливі перетворення апаратних операцій на програмні задаються базою знань. Із заміною частини апаратних операцій на програмні до алгоритмічної моделі додаються операції інтерфейсних перетворень.

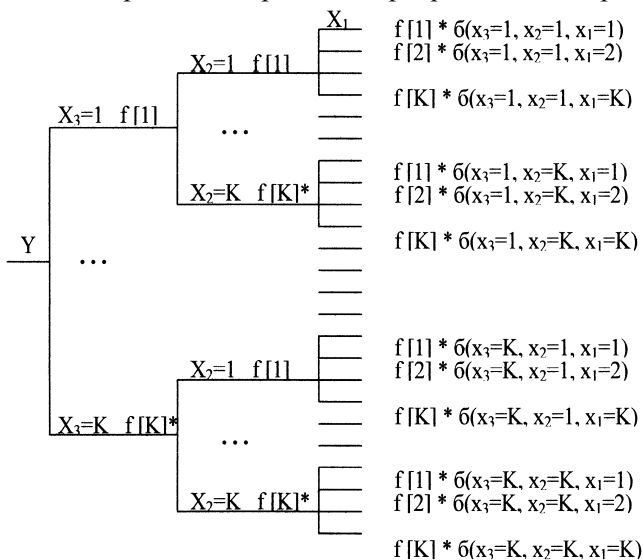


Рис. 3. Схема покрокового інтегрування

перетворень.

Процедура розпаралелювання використовує ГПС — граф перетворення сигналів і ГЗ — граф залежностей [5].

Граф залежностей — це граф, що описує залежність обчислень, представлених в алгоритмі. ГЗ може розглядатися як графічне представлення алгоритму з однократним присвоюванням.

Повний опис ГПС має включати дві частини — функціональну і структурну. Функціональний опис представляє поводження у вузлі, а структурні зв'язки — (галузі і затримки) між вузлами. Теоретично структурна частина ГПС може бути представлена кінцевим орієнтованим графом $G = \langle V, E, D(E) \rangle$. Вершини V моделюють вузли. Орієнтовані ребра E моделюють зв'язку між вузлами. Кожне ребро е

Е зв'язує вихідний порт деякого вузла з вхідним портом іншого вузла і має вагу, що дорівнює значенню затримки $D(e)$. Значення затримки визначає затримку зв'язку. Часто вхідний і вихідний порти називаються джерелом і споживачем відповідно.

ГПС має такі властивості.

1. ГПС може розглядатися як спрощений граф. Це означає, що ГПС є більш стислим представленням, ніж ГЗ.

2. ГПС специфічніший, тобто ближчий до апаратного рівня проектування.

3. У той час як у ГЗ відсутні петлі, ГПС може мати петлі, причому на кожній петлі розміщується принаймні одна затримка D .

При розпаралелюванні виконання операцій до алгоритмічної моделі додаються операції синхронізації і збирання даних, що паралельно надходять.

Методика оптимізації передбачає вибір базового варіанта ІОС з подальшим покроковим пошуком найкращого варіанта. Операції пошуку формалізуються як операції над ГПС.

Висновки

Запропонований підхід дозволяє здійснювати оптимізацію інформаційно-обчислювальних систем в умовах комбінованої стохастичної і нечіткої невизначеності на основі алгоритмічної моделі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пугачев В. С. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Наука, 1979. — 496 с.
2. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д. А. Поспелова — М.: Наука, 1986. — 312 с.
3. Глонь О. В., Дубовой В. М. Моделювання систем керування в умовах невизначеності. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. — 170 с.
4. Дубовой В. М., Никитенко О. Д. Визначення вимог до структури підсистеми керування вимірювально-обчислювальної системи // Вісник Хмельницького національного університету. — 2005. — № 4. — Ч. 1. — Т. 1 (68). — С. 115—118.
5. Кун С. Ю. Матричные процессоры на СБИС: Пер. с англ. — М.: Мир, 1991. — 672 с.
6. Дубовой В. М., Глонь О. В. Использование обобщенной вычислительной модели в интеллектуальных системах управления // Вісник Технологічного університету Поділля. — 2002. — № 3. — Т. 1 (41). — С. 122—125.
7. Цапенко М. П. Измерительные информационные системы: Структуры и алгоритмы, системотехническое проектирование. Учебн. пособие для вузов. — 2-е. изд. перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 439 с.
8. Глушков В. М., Цейтлин Г. Е., Ющенко В. М. — Алгебра. Языки. Программирование / АНУССР. Ин-т киберн. им. В. М. Глушкова. — 3 изд. — К: Наукова думка, 1989. — 376 с.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом VIII Міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2005, 24—27.10.2005 р)

Надійшла до редакції 10.11.05
Рекомендована до друку 22.11.05

Дубовой Володимир Михайлович — завідувач кафедри комп'ютерних систем управління; *Никитенко Олена Дмитрівна* — студентка Інституту магістратури, аспірантури та докторантури.

Вінницький національний технічний університет