

РОЗПОДІЛ ФУНКЦІЙ МІЖ КЕРУЮЧИМИ ПРИБОРАМИ НАВІГАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ГЕТЕРОГЕННИХ МУЛЬТИПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ ВИСОКОПОТОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

У запропонованій статті досліджуються навігаційно-комунікаційні мультипроцесорні гетерогенні системи високопоточної передачі даних. Визначається склад керуючих пристроїв у системі, їх особливості. Виконується аналіз можливостей керуючих модулів та їх взаємне порівняння. Досліджується можливість розподілу виконання основних функцій системи та пропонується метод для виконання розподілу між керуючими модулями. На основі методу можна виконувати розподіл навантаження модулів та планувати використання ресурсів при реалізації системи.

Ключові слова: гетерогенні мультипроцесорні системи, навігаційно-комунікаційні системи, FPGA, MCU, GPS/GSM.

В данной статье исследуются навигационно-коммуникационные мультипроцессорные гетерогенные системы высокочастотной передачи данных. Определяется состав управляющих устройств в системе, их особенности. Выполняется анализ возможностей управляющих модулей и их взаимное сравнение. Исследуется возможность распределения выполнения основных функций системы и предлагается метод для выполнения распределения между управляющими модулями. На основе метода можно выполнять распределение нагрузки модулей и планировать использование ресурсов при реализации системы.

Ключевые слова: гетерогенные мультипроцессорные системы, навигационно-коммуникационные системы, FPGA, MCU, GPS/GSM.

This paper investigates the navigation-communication multiprocessor heterogeneous systems visokopotokovoi data. Determined by the composition of the control devices in the system, their features. Analyzing the ability to manage modules and their mutual comparison. The possibility distribution of the core functions of the system and propose a method to perform the distribution between the control modules. Based on the method can perform load balancing modules and plan the use of resources in the implementation of the system.

Key words: heterogeneous multiprocessor systems, navigation and communication systems, FPGA, MCU, GPS/GSM.

Постановка проблеми. На сьогодні дедалі більший розвиток отримують комунікаційно-навігаційні системи, основним призначенням яких є передача та обробка логістичних даних (дані про рух транспорту, витрати пального і т. д.). І якщо для передачі та обробки простих даних достатньо ресурсів одного модуля, то з розвитком таких систем та появою необхідності високоформатної передачі даних цих ресурсів стає недостатньо. Тому для розширення функціональності до системи залучають додаткові модулі. Особливістю цього процесу є те, що застосовуються різні типи модулів. Таким чином, для управління високо форматною передачею даних використовують гетерогенні мультипроцесорні системи.

У той же час, залучення додаткових керуючих пристроїв спричиняє проблему розподілу функціонального навантаження між пристроями. Це проявляється в тому, що одразу декілька пристроїв можуть відповідати за виконання однієї з функцій, наприклад обробка зображення, або передача аудіосигналу.

Таким чином, навігаційно-комунікаційна гетерогенна мультипроцесорна система (НКГМС) є системою, у якій наявні кілька керуючих модулів, що здатні виконувати основні функції, у зв'язку з чим виникає необхідність функціонального розподілу між модулями.

Аналіз досліджень і публікацій. Розглянемо детальніше структуру НКГМС (рис. 1).

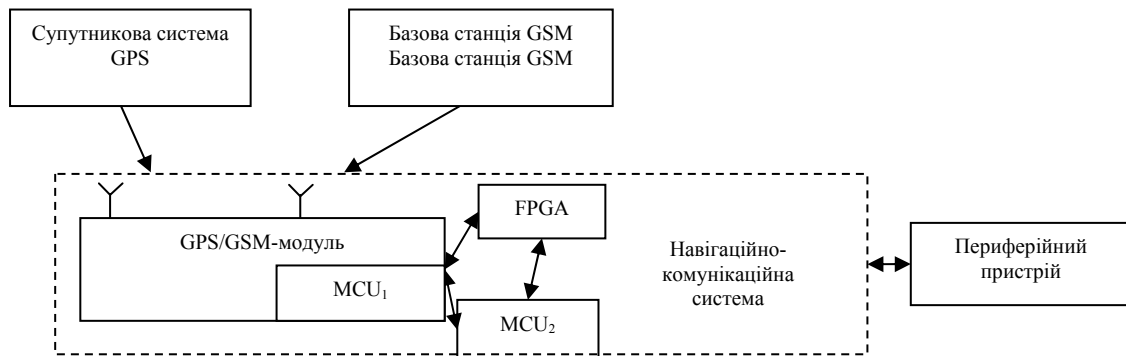


Рис. 1. Внутрішня структура та взаємозв'язки НКГМС

Із рисунка видно, що до складу НКГМС в якості керуючих пристроїв найчастіше входять MCU, FPGA, GPS/GSM-модулі [1-4]. Крім того, слід відзначити розрізнення керуючих модулів MCU у складі GPS/GSM-модуля та окремого керуючого модулю. Проте збільшення функціональних можливостей у таких системах часто проводилось простим додаванням модулів до системи з метою реалізації певної функції [2; 3]. При цьому не враховувалися можливості керуючих модулів для розподіленої реалізації цих функцій.

Метою дослідження є проведення аналізу можливостей модулів НКГМС та визначення методу розподілу функціонального навантаження для керуючих модулів з урахуванням їх особливостей.

Основна частина. До складу НКГМС входять такі керуючі пристрої: MCU, FPGA, GPS/GSM-модуль. Використання мікроконтролерів у цій сфері пояснюється тим, що за допомогою їх апаратного забезпечення є можливість вирішення різних задач. Особливістю мікроконтролерів, що орієнтовані на роботу з зображеннями, є наявність акселератора для обробки зображень, наприклад Chrom-Art Accelerator DMA2D. Це спеціальний механізм DMA, призначений для роботи з зображеннями. Він забезпечує малювання та копіювання всього або окремих частин зображення. У зв'язку з наявністю модуля роботи з зображеннями не можна не згадати про наявність інтерфейсу керування LCD-TFT-дисплеями з максимальною роздільною здатністю монітора 600x800 пікселів [6]. Тим не менш, оскільки такі

апаратні можливості присутні не у всіх контролерів, виділимо згадані контролери в окрему групу.

Для FPGA, незважаючи на гнучкість, яку вони надають, критичним фактором є кількість логічних елементів, наприклад реалізація всього двох алгоритмів для знаходження координат малювання примітивів (без виконання малювання) займає 7% логічної ємності пристрою [5]. Таким чином, реалізація більш вагомої функціональності займе значно більше ємності, що потрібно враховувати при проектуванні системи.

GPS/GSM-модуль являє собою особливий пристрій, орієнтований саме на забезпечення комунікаційних можливостей та можливостей позиціонування. За його допомогою зручніше за все реалізовувати подібні системи, завдяки наявності вбудованих AT-команд, які надають велику кількість готового функціоналу. Окрім того, вказаний у ролі прикладу модуль здатен виконувати роботу з аудіо (голос). У нових пристроях подібного типу є ще одна особливість: основою для його побудови є мікропроцесор із потужним ядром, наприклад ARM. Завдяки цьому розширюються можливості створення програмних користувацьких застосувань саме за допомогою такого модуля.

На основі проаналізованого матеріалу визначено, що розглянуті пристрої не можна безпосередньо порівнювати за визначеними ознаками. Тому для візуалізації можливостей пристроїв відносно один одного створено діаграму, на якій виділено задачі та продуктивність, яку пристрої показують під час їх розв'язання (рис. 2).

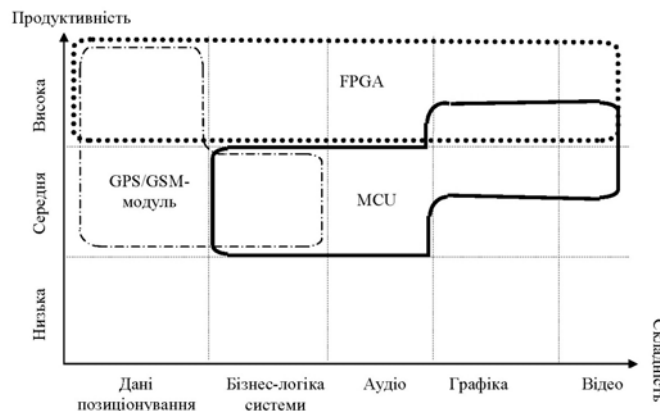


Рис. 2. Діаграма відповідності функціональності пристроїв задачам у системі

Із діаграми видно, що найкраще для виконання всіх перелічених задач підходить модуль FPGA, проте він має суттєво обмежені ресурси, тому перенесення більшої частини функціональності на зазначений модуль є проблематичним. Те ж саме можна зазначити щодо інших модулів: незважаючи на здатність покрити виконання кількох задач, слід враховувати ресурси модулів.

У зв'язку з тим, що спостерігається перетин функціональних можливостей пристроїв відповідно з

тим, які конкретні вимоги висуваються до продуктивності системи в цілому, а також неможливістю абсолютного порівняння характеристик пристроїв, використаємо апарат методу аналізу ієрархій (MAI) [8] з оцінкою альтернатив за визначеними критеріями (рис. 3). У результаті використання методу отримаємо рекомендований розподіл функціональності між пристроями, на основі якого можна визначити остаточний склад мультипроцесорної системи.

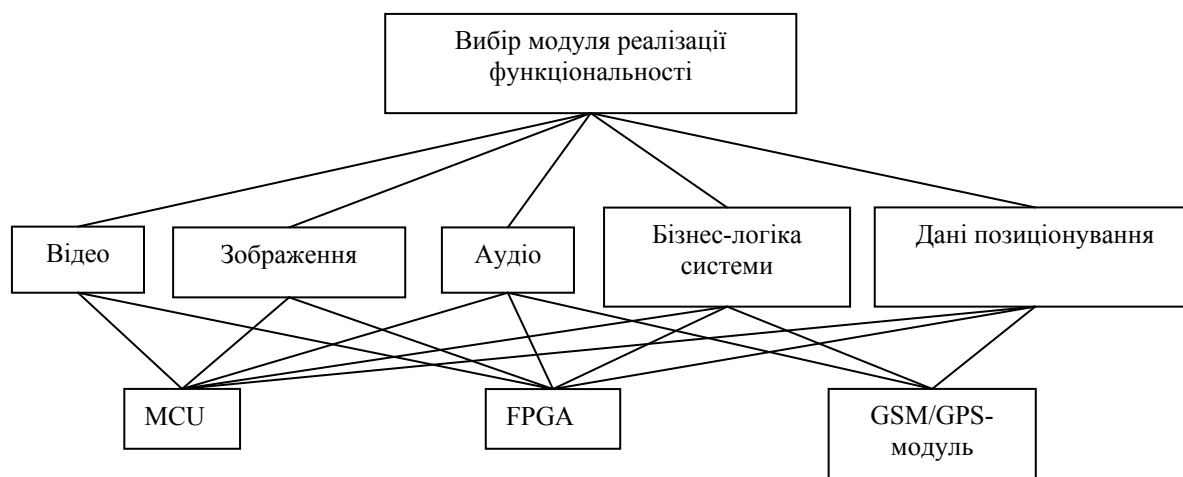


Рис. 3. Структура системи для розподілу функціональності

У цьому випадку маємо множину з 3 можливих альтернатив:

$$A = \{A_i\}; i = \overline{1, n}; n = 3, \quad (1)$$

які порівнюємо за елементами множини критеріїв:

$$K = \{K_j\}; j = \overline{1, m}; m = 5. \quad (2)$$

За кожним із критеріїв із множини K складемо обернено симетричну матрицю попарних порівнянь альтернатив для цього критерію [8] (оцінки a обираємо в діапазоні від 1 до 9, а для обернених елементів від 1 до 1/9; розмірність матриці 3x3 або 2x2, залежно від кількості альтернатив, що оцінюються за критерієм):

$$M_j = \begin{pmatrix} 1 & a_{1n-1}^j & a_{1n}^j \\ 1/a_{1n-1}^j & 1 & a_{2n}^j \\ 1/a_{1n}^j & 1/a_{2n}^j & 1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Також складемо матрицю попарних порівнянь критеріїв [8] (розмірність матриці – 5x5):

$$M_k = \begin{pmatrix} 1 & K & a_{1m} \\ M & O & M \\ 1/a_{1m} & K & 1 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Далі обчислюємо вектори пріоритетів альтернатив за кожним критерієм [8]. Елементи вектора знаходимо як відношення суми елементів рядку матриці до суми всіх елементів матриці. Позначимо e_{ij} елемент вектора пріоритетів альтернатив, знайденого для критерію K_j . За аналогією позначимо e_{kj} елементи вектора пріоритетів критеріїв, а сам вектор як X . Елементи векторів є нормованими.

Сформуємо матрицю спеціального вигляду, елементами якої є значення елементів векторів пріоритетів для кожної альтернативи. Якщо відповідні елементи відсутні, вони замінюються нулями [8]. Елементи матриці позначимо як a'_{ij} :

$$A = (a'_{ij}). \quad (5)$$

Введемо структурну матрицю L , яка є діагональною, елементами якої є відношення кількості елементів, відмінних від 0, у матриці A

для критерію K_j , до загальної кількості елементів, відмінних від 0.

Тоді пріоритети альтернатив визначаються як [8]:

$$W = ALX^T, \quad (6)$$

де W – ненормований вектор пріоритетів альтернатив;

L – структурна матриця;

X^T – вектор пріоритетів критеріїв.

Оскільки отримані значення пріоритетів не є нормованими, то введемо матрицю B [8], яка є діагональною, значення елементів на діагоналі дорівнює:

$$\left(\sum_{i=1}^n w_i \right)^{-1}. \quad (7)$$

Добуток матриць:

$$W' = WB, \quad (8)$$

де W' – нормований вектор пріоритетів альтернатив;

B – матриця нормування, що дозволяє отримати нормований вектор пріоритетів альтернатив [8]. Оскільки значення вектора пріоритетів представляють собою значення залучення конкретного модуля до реалізації конкретної функції, ці значення разом із векторами альтернатив по кожному критерію (функціональність) можна використовувати при розподілі навантаження між модулями навігаційно-комунікаційної мультипроцесорної системи.

На основі представленого алгоритму розроблено програмне забезпечення. Діаграму класів розробленого програмного забезпечення представлено на рис. 4.

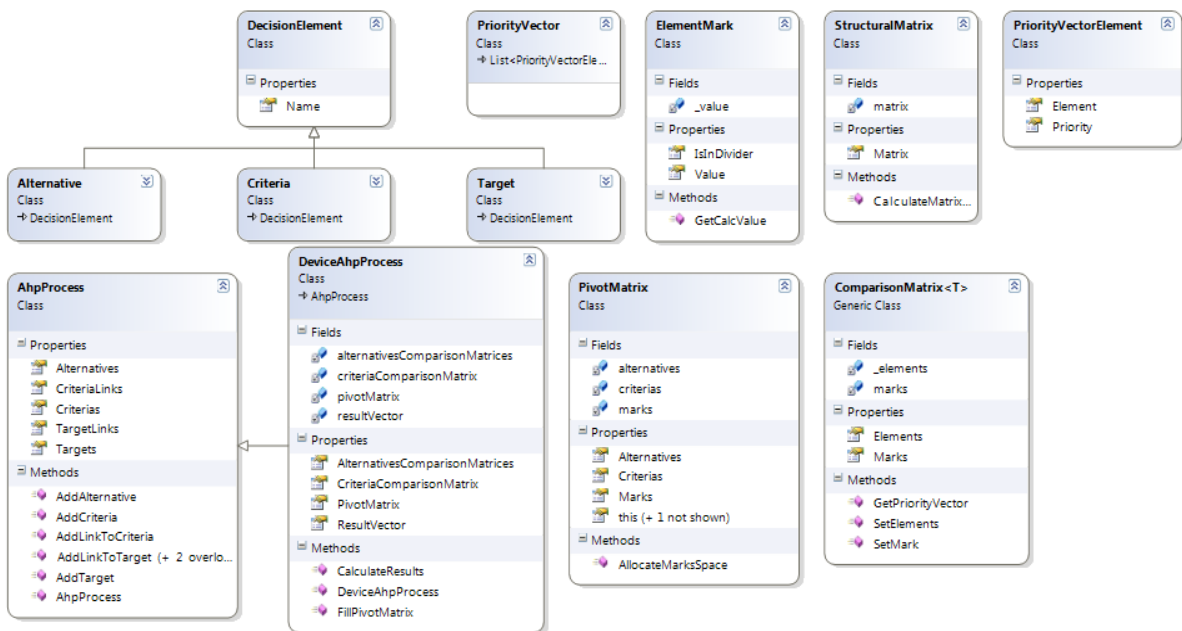


Рис. 4. Діаграма класів розробленого програмного забезпечення

У ролі конкретного прикладу керуючих модулів розглянемо такі пристрої:

- для MCU – мікроконтролери серії STM32F40x/STM32F42x [6];
- для FPGA – модуль Xilinx Spartan 6;
- для GPS/GSM-модуля – модуль SIMCOM SIM908 [7].

У результаті використання методу для вказаних пристроїв для системи функціональність щодо обробки відео та зображення покладено на FPGA (38 % від загального навантаження в системі). Такий самий відсоток загального навантаження відведено для MCU, проте при реалізації обробки зображень, роботи з аудіо та реалізацією бізнес-логіки 24 % відсотки від загального навантаження

припадає на модуль GPS/GSM, який реалізує роботу з логістичними даними.

Висновки. У результаті проведення досліджень виконано аналіз функціональності модулів, що входять до складу НКГМС. У ході проведення аналізу визначено, що модулі мають різну функціональну орієнтованість, яку не можна виміряти за абсолютною шкалою показників через відмінність у внутрішній організації пристроїв, базову архітектуру. Тому для визначення розподілу функціональності модулів запропоновано метод, який не потребує наявності таких абсолютних оцінок та може в результаті застосування надавати відсотковий значення показників використання при реалізації певної функції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мусиенко М. П. Разработка навигационных программно-аппаратных GPS/GPRS комплексов на движущихся объектах [Текст] / М. П. Мусиенко, В. И. Томенко, О. Л. Савчук, М. П. Рудь // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2007. – № 1. – С. 119–122.
2. Mohammad A. Al-Khedler Hybrid GPS-GSM Localization of Automobile Tracking System / A. Mohammad // International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT) Vol 3. – No 6. – Dec 2011. – P. 75-85.
3. Krishna P. Vamsi, An Enhanced Railway Transport System using FPGA through GPS & GSM / P. Vamsi Krishna, D. Yugandhar // International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE) Vol 2. – No 6. – January 2013.
4. Беспроводная технология передачи данных [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ukrtransmedia.com/tehnologii/>.
5. Денисов А. Применение FPGA и алгоритмов Брезенхема для повышения быстродействия в системах позиционирования / А. Денисов // Компоненты и технологии. – № 10. – 2013. – С. 96–100.
6. RM0090 Reference manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/reference_manual/DM00031020.pdf.
7. SIM908 GSM/GPRS+GPS Module [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.simcom.us/product_detail.php?cid=1&pid=38.
8. Saaty T. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process / T. Saaty // European Journal of Operational Research. – No 48. – 1990. – P. 9–26.

© Мусієнко М. П., Крайник Я. М., 2013

Дата надходження статті до редколегії 27.07.2013 р.

МУСИЄНКО Максим Павлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій і програмних систем Чорноморського державного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: сучасні інформаційні технології, системи реального часу.

КРАЙНИК Ярослав Михайлович – аспірант Чорноморського державного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: інформаційні системи реального часу.