

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНИКИ

На правах рукопису

МАРКІН ОЛЕГ МИХАЙЛОВИЧ

СПЕЦПРОЦЕСОР МОДИФІКОВАНИХ
КЕРУЮЧИХ МЕРЕЖ ПЕТРІ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ
БЕЗПЕЧНОГО РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

05.13.08 – Обчислювальні машини, системи та мережі,
елементи і пристрої обчислювальної техніки
та систем керування

Автореферат дисертації
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків — 1997

Маркін



00750926 (Т)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі електроніки машин Харківського державного технічного університету радіоелектроніки.

Науковий керівник - кандидат технічних наук, доцент
МАТЕЙЧЕНКО ВІКТОР ВАЛЕНТИНОВИЧ.

Офіційні опоненти :

1. Доктор техн. наук, професор Хаханов Володимир Іванович.
2. Кандидат техн. наук, професор Фурманов Клайд Костянтинович.

Провідна організація - Харківська державна академія залізничного транспорту, Міністерство транспорту.

Захист дисертації відбудеться "10" липеня 1997 року о "13" годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К02.25.03 в Харківському державному технічному університеті радіоелектроніки за адресою : 310726, м.Харків, проспект Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського державного технічного університету радіоелектроніки за адресою : 310726, м. Харків, проспект Леніна, 14.

Автореферат разіслано "6" червня 1997р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Безкоровайний В.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Світова практика свідчить, що апарат мереж Петрі, традиційно використовуваний як засіб моделювання систем, в останній час знаходить застосування як алгоритмічний засіб при програмуванні функцій керуючих пристроїв, які використовуються в обчислювальних системах та системах керування дискретними технологічними процесами. Цей напрямок використання мереж Петрі є новим та перспективним. Однак наявні випадки реалізації цієї інформаційної технології або мають програмний характер, або являють собою спеціалізовані апаратні пристрої, призначені для вирішення вузькоспеціальних технічних задач. Тому питання створення універсального апаратного пристрою керування, іменованого спецпроцесором модифікованих керуючих мереж Петрі (далі спецпроцесором Петрі), функціонування якого програмувалось би мовою мереж Петрі, та призначеного для вирішення широкого кола технічних задач ставиться вперше та є актуальним. Апаратно реалізований спецпроцесор Петрі має більш високу швидкість порівняно з програмною реалізацією, що дозволяє використати його для керування технологічними процесами, які протікають з підвищеною інтенсивністю, або ж для керування збільшеною кількістю технологічного обладнання.

В останній час в системах керування пересуванням рухомого складу на залізничному транспорті знаходять застосування мікропроцесорні та інші електронні керуючі системи. Задача досягнення безпечного руху на залізничному транспорті завжди була, є і буде актуальною, бо її успішне розв'язання ліквідує катастрофи та людські жертви, а також фінансові витрати на усунення їх наслідків. Тому розробка спеціалізованих апаратних засобів для вирішення цієї задачі

ІНІБ ім. В. Стефаніке
АН України

також є актуальною. Спецпроцесор Петрі представляє собою керуючий пристрій для вирішення широкого кола задач. Його застосування для організації безпечного руху на залізничному транспорті переконливо демонструє всі його переваги.

Об'єктом дослідження є мережі Петрі та технічні засоби їх реалізації як засіб керування дискретними технологічними процесами.

Ідея роботи полягає в апаратній реалізації спецпроцесора Петрі як основи нової інформаційної технології.

Метою дисертаційної роботи є розробка методів реалізації застосування апарату мереж Петрі як засобу опису алгоритмів керування дискретними технологічними процесами.

Основні задачі дослідження :

1. Визначення класу мереж Петрі, придатного для вирішення задач програмно-логічного керування дискретними технологічними процесами.
2. Розробка методів виконання типових процедур обробки інформації на мережах Петрі.
3. Розробка алгоритму функціонування спецпроцесору Петрі.
4. Розробка структури спецпроцесору.
5. Програмна реалізація спецпроцесору Петрі.
6. Макет спецпроцесору.
7. Розробка методу синтезу модифікованої керуючої мережі Петрі для вирішення прикладної технологічної задачі.
8. Розробка методів розв'язання типових задач організації безпечного руху на залізничному транспорті.

Методи дослідження базуються на елементах теорії мереж Петрі, булевої алгебри, теорії комплектів, теорії графів, теорії цифрових автоматів.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше :

1. Визначений клас модифікованих керуючих мереж Петрі для вирішення задач програмно-логічного керування дискретними технологічними процесами та досліджено його властивості.
2. Розроблено алгоритм функціонування та узагальнену матричну структуру спецпроцесору Петрі.
3. Визначено оптимальну структуру спецпроцесора.
4. Розроблені методи реалізації типових процедур обробки інформації на мережах Петрі.
5. Запропоновано метод синтезу модифікованої керуючої мережі Петрі для вирішення прикладної технологічної задачі.
6. Із застосуванням запропонованої інформаційної технології розроблені методи розв'язання типових задач організації безпечного руху на залізничному транспорті з використанням безперервних рейкових та точкових датчиків.

Теоретична цінність роботи полягає в тому, що розроблено:

1. Клас модифікованих керуючих мереж Петрі.
2. Узагальнену матричну структуру спецпроцесору Петрі.
3. Методи реалізації типових процедур обробки інформації на мережах Петрі.
4. Метод синтезу модифікованої керуючої мережі Петрі для вирішення прикладної технологічної задачі.
5. Мережеві моделі контрольованих ділянок залізничної колії з використанням точкових датчиків.

Практична значущість роботи полягає в тому, що :

1. Розроблено алгоритм функціонування спецпроцесору Петрі.
2. Визначена оптимальна структура спецпроцесору.
3. Розроблено програмну реалізацію спецпроцесору Петрі, моделюючі програми для персонального комп'ютера та пакет програм для

універсального промислового контролера МСУВТ В10.

4. Запропоновані методи зниження апаратних витрат на реалізацію спецпроцесору.
5. Визначені принципи взаємодії кількох спецпроцесорів.
6. Розроблені методи вирішення типових задач організації безпечного руху на залізничному транспорті із застосуванням запропонованої інформаційної технології при використанні безперервних рейкових та точкових датчиків.

Достовірність теоретичних результатів підтверджується результатами моделювання на ЕОМ.

Реалізація результатів роботи. По матеріалам роботи на векторну структуру спецпроцесору Петрі подано заявку на винахід. Науково-дослідним центром патентної експертизи України 19.12.96 р. прийнято рішення про видачу патента на цю структуру. Здійснено макетування спецпроцесора на базі вітчизняного універсального промислового контролера МСУВТ В10. Матеріали роботи були використані для моделювання системи електричної централізації з точковими датчиками, упровадження якої планується на станції Широкая Дніпродзержинського металургійного комбінату. Матеріали роботи використовуються у навчальному процесі на кафедрі ЕОМ у ХДТУРЕ.

Апробація роботи та публікації. Головні висновки проведених досліджень доповідались та обговорювались на школі-семінарі "Проектування автоматизованих систем контролю та керування складними об'єктами" (Туапсе, 1992р.) та на 57-ій науково-технічній конференції ХарДАЗТ (Харків, 1995г). Основні положення та результати дисертації опубліковані у 9 друкованих роботах.

На захист винесені такі положення :

1. Визначення класу модифікованих керуючих мереж Петрі.

2. Структура спецпроцесору.
3. Методи реалізації типових операцій обробки інформації на мережах Петрі.
4. Метод синтезу модифікованої керуючої мережі Петрі для вирішення прикладної технологічної задачі.
5. Мережеві моделі контрольованих ділянок залізничної колії.
6. Методи вирішення типових задач організації безпечного руху на залізничному транспорті.

Структура і об'єм дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, підрозділів, закінчення, списку літератури (92 найменування) та додатку. Об'єм дисертаційної роботи - 149 сторінок машинописного тексту, 65 малюнків, 6 таблиць.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність теми, сформульована ідея та мета дослідження, описані структура та об'єм дисертації.

В першому розділі даний огляд та аналіз методів використання апарату мереж Петрі, класів мереж Петрі та існуючих пропозицій використання мереж Петрі для вирішення задач керування, визначені основні завдання дослідження.

Другий розділ містить визначення класу модифікованих керуючих мереж Петрі, які призначені для опису алгоритмів програмно-логічного керування дискретними технологічними процесами, та представляє його властивості.

Модифікована керуюча мережа Петрі PNXY є K-безпечна узагальнена пріоритетна синхронна аналізуюча мережа Петрі, що здатна

до самомодифікації, та визначається набором елементів

$$PNXY=(P,T,I,O,SV,SF,M_0,X,Y,SP) \quad , \quad (1)$$

де $P=\{P_0, P_1, P_2, \dots, P_n\}$ - скінченна множина вершин-позицій, $n \geq 0$.
 $T=\{T_0, T_1, T_2, \dots, T_m\}$ - скінченна множина вершин-переходів, $m \geq 0$.
 Розмітка мережі $M: P \rightarrow (0,1,2,\dots,K)$ є відображення множини позицій P на множину невід'ємних цілих чисел, що визначає розподіл міток по позиціях мережі. Початкова розмітка мережі позначається M_0 .
 Розмітка довільної позиції P_i позначається символом $M(P_i)$.
 $I: T \times P \rightarrow (0,1,2,\dots,K, M(P_1), M(P_2), \dots, M(P_1), \dots, M(P_n))$ є вхідною функцією транспортних дуг, що відображує перехід T_j в комплект позицій $I(T_j)$, що зветься вхідними позиціями переходу T_j .
 $O: T \times P \rightarrow (0,1, 2, \dots, K, M(P_1), M(P_2), \dots, M(P_1), \dots, M(P_n))$ є вихідна функція транспортних дуг, що відображує перехід T_j в комплект вихідних позицій $O(T_j)$.
 $SV: T \times P \rightarrow (0,1,2,\dots, K, M(P_1), M(P_2), \dots, M(P_1), \dots, M(P_n))$ є функцією ваг аналізуючих дуг, яка відображує перехід T_j в комплект позицій $SV(T_j)$.
 $SF: T \times P \rightarrow \{<, \leq, =, >, \geq, \neq, <=>\}$ є функцією відношень аналізуючих дуг - відображенням множини $P \times T$ на множину можливих значень функції SF ; $SF_{ij}="<=>"$ відповідає відсутності аналізуючої дуги від позиції P_i до переходу T_j .

Множина позицій P ділиться на три підмножини :

$$P = P^I \cup P^V \cup P^O = \{P_0^I, P_1^I, P_2^I, \dots, P_k^I\} \cup \{P_{k+1}, P_{k+2}, \dots, P_h\} \cup \{P_{h+1}^O, P_{h+2}^O, \dots, P_n^O\}, \quad (2)$$

де $P^I = \{P_0^I, P_1^I, P_2^I, \dots, P_k^I\}$ - підмножина вхідних позицій; $P^V = \{P_{k+1}, P_{k+2}, \dots, P_h\}$ - підмножина внутрішніх позицій; $P^O = \{P_{h+1}^O, P_{h+2}^O, \dots, P_n^O\}$ - підмножина вихідних позицій. У вхідні позиції у вигляді порцій міток періодично уводиться інформація про стан датчиків об'єкту керування, а з вихідних позицій передається інформація про їх розмітку на виконавчі механізми об'єкту керування. Внутрішні позиції мережі не

беруть участі у інформаційному обміні з об'єктом керування. В позначення вхідної позиції вводиться верхній індекс I , а в позначення вихідної позиції вводиться верхній індекс O при необхідності відзначити їх функціональне призначення.

Множина X - вхідний алфавіт сигналів керування, який складається з двох підмножин:

$$X = XT \cup XP = \{X_0, X_1, \dots, X_j, \dots, X_m\} \cup \{XP_0, XP_1, \dots, XP_i, \dots, XP_k\}, \quad (3)$$

де підмножина $XT = \{X_0, X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_m\}$ об'єднує вхідні сигнали X_j від датчиків об'єкту керування, значення яких є додатковими умовами запуску відповідних переходів T_j . Підмножина $XP = \{XP_0, XP_1, XP_2, \dots, XP_i, \dots, XP_k\}$ об'єднує вхідні сигнали XP_i від датчиків об'єкту керування, значення яких в кожному такті вводу уводяться у вхідні позиції $P_0^I, P_1^I, P_2^I, \dots, P_k^I$ у вигляді відповідних порцій міток.

Множина Y - вихідний алфавіт сигналів керування, який складається також з двох підмножин:

$$Y = YT \cup YP = \{Y_0, Y_1, \dots, Y_j, \dots, Y_m\} \cup \{YP_{h+1}, YP_{h+2}, \dots, YP_i, \dots, YP_n\}, \quad (4)$$

де підмножина $YT = \{Y_0, Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_m\}$ об'єднує вихідні сигнали керування Y_j , позитивні імпульси яких генеруються автоматично при запуску відповідних переходів T_j . Підмножина $YP = \{YP_{h+1}, YP_{h+2}, \dots, YP_i, \dots, YP_n\}$ об'єднує вихідні сигнали керування YP_i , значення яких у кожному такті виводу передаються із відповідних вихідних позицій P_i^O на виконавчі механізми об'єкту керування.

Подібно вхідним та вихідним позиціям використання сигналів X_j та Y_j дозволяє використовувати кожний перехід T_j мережі як відповідно вхідний або вихідний по відношенню до об'єкту керування.

SP - специфікація, що ставить у відповідність абстрагованим сигналам множин X та Y конкретні елементи об'єкту керування.

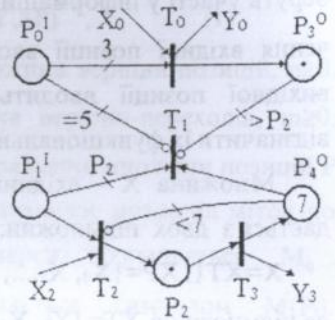
Функції I, O, SV, SF визначають топологічні зв'язки між позиціями

та переходами мережі. Ці зв'язки виражаються у формі аналізуючих та транспортних дуг. Транспортні дуги відповідають дугам, що традиційно використовуються в мережах Петрі, та є засобом пересування міток по мережі. Аналізуюча дуга - це дуга, що визначається вагою $\#(P_i, SV(T_j))$ та типом функції відношення SF_{ij} , яка реалізує деяку наперед задану логічну функцію

R_{ij} перевірки умови запуску переходу T_j , до того ж $R_{ij} = 1$, якщо між величинами $M(P_i)$ і SV_{ij} відношення SF_{ij} виявляється істинним, у протилежному випадку $R_{ij} = 0$. Значення $R_{ij} = 1$ дозволяє запуск переходу T_j , при $R_{ij} = 0$ перехід T_j не може бути запущено. Аналізуючі дуги дозволяють переходам аналізувати розмітку зв'язаних з ними позицій, але при цьому не змінюють розмітку цих позицій. Дуги цього типу завжди спрямовані тільки від позицій до переходів, а при графічному зображенні на відміну від транспортних дуг замість стрілки мають пустий кружок.

Значення функцій I, O, SV можуть бути виражені як цілочисельними константами, так і цілочисельними змінними, які можуть приймати поточне значення розмітки окремих наперед заданих позицій мережі $M(P_i)$. Визначено правило модифікації ваг дуг. Такий підхід до визначення функцій I, O, SV є засобом реалізації дуг з самомодифікованою вагою.

Графічно модифікована керуюча мережа Петрі зображується у вигляді двохдольного орієнтованого мультиграфа з дугами двох типів: транспортними та аналізуючими. У розділі визначена семантика графічного зображення модифікованої керуючої мережі Петрі (мал. 1).



Мал. 1

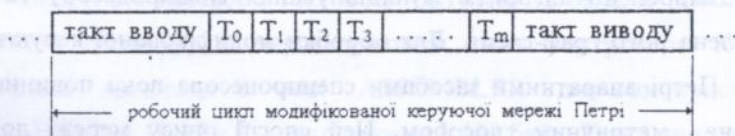
У розділі також визначено механізм пріоритетів, умови запуску переходів та алгоритм функціонування мережі.

Робочий цикл модифікованої керуючої мережі Петрі є сукупність операцій уводу даних у всі вхідні позиції, виводу даних із всіх вихідних позицій та послідовного однократного надання права на запуск та реалізацію цього права при виконанні умов запуску для всіх переходів мережі Петрі у порядку зменшення їх пріоритетів. Функціонування модифікованої керуючої мережі Петрі полягає у виконанні нескінченної послідовності робочих циклів, кожний з котрих розбивається на окремі такти (мал.2).

Відсутні будь-які обмеження на топологію модифікованої керуючої мережі Петрі.

Модифікована керуюча мережа Петрі функціонує подібно до керуючого цифрового автомату - вона сприймає від датчиків об'єкту керування множину вхідних сигналів X та виробляє у відповідь множину сигналів Y , що керують виконавчими механізмами об'єкту керування, реалізуючі при цьому керуючу функцію $F : X \rightarrow Y$, що задається керуючою мережею Петрі $P_{NXY} = (P, T, I, O, SV, SF, M_0, X, Y, SP)$. Множини сигналів X і Y відображують інформаційні зв'язки між керуючим пристроєм та об'єктом керування. Топологія керуючої мережі Петрі та її розмітка відображують алгоритмічні зв'язки в системі керування.

Розглянуті властивості модифікованих керуючих мереж Петрі.



Мал. 2

Досліджені властивості дерева досяжності цих мереж.

Модифікована керуюча мережа Петрі має властивість динамічної зміни структури мережі та параметрів окремих топологічних зв'язків між позиціями та переходами, тому вона дозволяє реалізувати алгоритми керування, що здатні до самонастройки.

Механізм модифікації ваг дуг дозволяє ефективно виконувати засобами мереж Петрі арифметико-логічні операції над нульовим невід'ємним цілочисельним аргументом, яким виступає розмітка довільної позиції мережі. Розроблені практичні способи виконання засобами пріоритетних та модифікованих керуючих мереж Петрі операцій завантаження, пересилання, копіювання, обміну, вводу, виводу, додавання, віднімання, порівняння, логічних операцій над бітами, операцій множення та ділення. Їх аналіз показує, що модифікована керуюча мережа Петрі при виконанні будь-якої операції має мінімальний розмір та мінімальний час виконання операції, що відображується потрібною кількістю робочих циклів та тактів мережі.

Засоби модифікованих керуючих мереж Петрі потенційно дозволяють виконати обчислювальну операцію будь-якої складності, тому що вони реалізують операції зсуву та додавання. Цей аспект надає апарату модифікованих керуючих мереж Петрі перевагу над апаратом цифрових автоматів, який є чисто логічним апаратом.

В третьому розділі розглянуто питання апаратної реалізації спецпроцесору.

Розроблено алгоритм функціонування спецпроцесору та представлена його граф-схема. Для обробки модифікованої керуючої мережі Петрі апаратними засобами спецпроцесора вона повинна бути задана матричним способом. Цей спосіб опису мережі дозволяє найбільш просто формалізувати алгоритм функціонування спецпроце-

сору. Наведені описові структури мережі Петрі, що використані спецпроцесором.

В розділі розроблена узагальнена структура спецпроцесору. Основними елементами цієї структури є блок зберігання поточної розмітки M та блок запуску переходів. Ці блоки зберігають інформацію про стан позицій та переходів мережі Петрі відповідно. Ця інформація в процесі функціонування спецпроцесору змінюється. Блок обчислення нової розмітки призначений для перевірки умов запуску переходу та для обчислення нової розмітки мережі у випадку, якщо ці умови виконано. Вихідною інформацією для цього є поточна розмітка мережі M , значення сигналів X_j , а також інформація про топологічні зв'язки мережі, що зберігається в блоці зберігання топології. Блок вводу призначено для уводу інформації XP_i у вхідні позиції. Інформація про розмітку вхідних позицій зберігається в блоці зберігання поточної розмітки. Блок уводу також призначений для уводу сигналів X_j . Блок виводу призначений для виводу інформації YP_i про стан вихідних позицій на виконавчі механізми об'єкту керування, а також для формування сигналів Y_j про стан вихідних переходів. Взаємодія всіх блоків спецпроцесору здійснюється під керуванням блоку синхронізації.

Виконано програмну реалізацію спецпроцесору із застосуванням мов TURBO BASIC та ASSEMBLER. На базі універсального промислового контролера МСУВТ В10 програмним методом створено макет спецпроцесора. Контролер збудовано на базі мікро-ЕОМ K1816BE31, що працює з тактовою частотою 10 Мгц. В роботі представлено структуру та характеристики цього контролера. Керуюча програма написана на мові ASSEMBLER для однокристалльної мікро-ЕОМ K1816BE31 і має довжину 699 байт. Текст програми наведено у додатку 1. Для мережі Петрі розміром 16 позицій \times 16 переходів досягнуто швидкодію 276 робочих циклів мережі в секунду.

Основним блоком, що визначає характеристики спецпроцесору в цілому та структуру інших блоків спецпроцесору, є блок обчислення нової розмітки. В роботі наведена узагальнена структура цього блоку у вигляді матриці арифметико-логічних блоків. Стовпець цієї матриці відповідає одному переходові мережі та обробляє інформацію про всі зв'язки цього переходу з усіма позиціями мережі. Строка матриці відповідає одній позиції мережі та обчислює зміну розмітки цієї позиції на протязі одного робочого циклу. Ця матрична структура дозволяє обчислити зміну розмітки мережі на протязі одного робочого циклу за один такт синхронізації спецпроцесору та є комбінаційною схемою.

Похідними від матричної структури блоку обчислення нової розмітки є векторна та елементарна структури. Векторна структура використовує замість матриці арифметико-логічних блоків лише один її стовпець. Елементарна структура використовує один арифметико-логічний блок замість їх матриці. Можливі також проміжні структури блоку обчислення нової розмітки, які відрізняються різною кількістю використаних арифметико-логічних блоків.

В розділі наведено аналіз переваг та недоліків цих структур. По співвідношенню факторів швидкодії, апаратних витрат та коефіцієнту завантаження обладнання найбільш оптимальною є векторна структура.

Розроблені детальні схеми всіх блоків спецпроцесору з векторною структурою, наведено їх опис та опис роботи спецпроцесору цього типу в цілому.

Швидкодія спецпроцесору визначається кількістю робочих циклів, виконаних на протязі однієї секунди. Тому для спецпроцесору Петрі з векторною структурою, працюючого з тактовою частотою F швидкодія V дорівнює :

$$B = F / (m + 1) , \quad (5)$$

де m - кількість переходів мережі Петрі.

Отримані оцінки швидкодії для апаратно реалізованого спецпроцесору більш, ніж на 3 порядки перевищують аналогічні оцінки швидкодії для програмно реалізованого спецпроцесору Петрі.

Розглянуто питання сумісної роботи кількох спецпроцесорів Петрі. Ця необхідність виникає при нестачі ємкості спецпроцесору по позиціях або переходах при обробці мережі Петрі великого розміру. Запропоновано два шляхи вирішення цієї проблеми. Надано аналіз їх переваг та недоліків. Каскадування кількох спецпроцесорів дозволяє обробити модифіковану керуючу мережу Петрі будь-якого скінченного розміру.

Розглянуто питання підвищення коефіцієнту використання обладнання спецпроцесору з векторною структурою, а також визначено шляхи зниження апаратних витрат на його реалізацію.

Надана порівняльна характеристика засобів обчислювальної техніки та спецпроцесора Петрі. Як альтернативні пристрої розглянуто цифрові автомати та мікропроцесорні системи. Спецпроцесор Петрі може розглядатись як один з різновидів RISK-процесорів.

Четвертий розділ присвячено прикладним питанням використання спецпроцесору.

В розділі наведено огляд та аналіз моделей, призначених для зображення процесів переміщення рухомого складу на залізничному транспорті. Моделі виконані на модифікованих керуючих мережах Петрі. Вони з різним ступенем детальності зображують процес переміщення поїздів по дільницях залізничної колії та тим самим демонструють можливість застосування апарату модифікованих керуючих мереж Петрі для опису технологічних процесів організації безпечного руху на залізничному транспорті.

Розроблена методика синтезу модифікованої керуючої мережі Петрі для вирішення прикладної задачі, яка складається з п'яти етапів :

1. Побудова графа технологічного процесу (графа керуючого процесу).
2. Уведення в граф керуючого процесу моделей ресурсів, сумісно використовуваними різними технологічними операціями та керуючими процедурами. Моделювання, аналіз та усунення критичних властивостей графа керуючого процесу, таких як тупики, зациклювання процесу, розв'язування альтернативності процедур. Побудова бесконфліктного графа керуючого процесу.
3. Побудова керуючої моделі шляхом введення в граф керуючого процесу моделей датчиків та виконавчих механізмів. Організація зв'язків з реальним об'єктом керування.
4. Доповнення при необхідності керуючої моделі арифметичними процедурами .
5. Тестування та корекція процесу керування в реальному масштабі часу з використанням апаратного спецпроцесору Петрі або його макету.

Особливістю цієї методики є те, що увесь процес проектування та визначення характеристик проводиться у термінах мови модифікованих керуючих мереж Петрі. На виході отримується керуюча мережа Петрі, здатна вирішити поставлену технологічну задачу. Перетворення цієї мережі Петрі в реальний функціонуючий пристрій керування здійснюється шляхом завантаження описових структур цієї мережі в операційні блоки спецпроцесору Петрі. Крім того, запропонована методика допускає на кожному своєму етапі проектування активне використання засобів обчислювальної техніки як засобу автоматизації, що дозволяє швидко одержати вільне від помилок рішення поставленої технологічної задачі та повинно забезпечити швидке уп-

ровадження пропонуємої інформаційної технології.

Ця запропонована методика синтезу модифікованої керуючої мережі Петрі для вирішення прикладної задачі має загальний характер та є універсальною, тобто вона може бути застосована до будь-якої предметної області.

Розроблена методика вирішення типових задач організації безпечного руху поїздів на залізничному транспорті із застосуванням безперервних рейкових та точкових датчиків, яка може бути з однаковою ефективністю застосована до рейкового розвитку будь-якого розміру та будь-якої складності. Вона дозволяє побудувати систему керування безпечним рухом поїздів на всій залізничній мережі України.

Ця методика одержана у результаті застосування викладеної вище загальної методики синтезу модифікованої керуючої мережі Петрі для вирішення прикладної задачі до конкретної предметної області та відображує кожний крок загальної методики.

У розділі наведені мережеві моделі контрольованих дільниць рейкового розвитку. Елементарна дільниця рейкового розвитку, контрольована за допомогою безперервного рейкового датчика, зображується на мережі Петрі вхідною позицією. В розділі запропоновані мережеві моделі елементарних дільниць рейкового розвитку з односпрямованим та двоспрямованим рухом, стан зайнятості яких контролюється за допомогою точкових датчиків. Рейковий розвиток любой складності складається з таких елементарних контрольованих дільниць. Тому модель рейкового розвитку із застосуванням точкових датчиків, яка є складовою частиною мережі Петрі, що керує безпечним рухом поїздів на цьому рейковому розвитку, формується у результаті композиції цих моделей елементарних дільниць. Для формалізації процедури цієї композиції розроблено метод із застосуван-

ням таблиці елементарних перемішень.

Викладений в цьому розділі матеріал дозволяє використовувати спецпроцесор Петрі для вирішення типових задач керування у обраній предметній області та підтверджує перспективність і практичну цінність всього матеріалу, викладеного в дисертаційній роботі.

В закінченні викладені висновки та основні результати роботи.

В додатку наведено пакет програм для універсального промислового контролеру МСУВТ В10.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Визначено клас модифікованих керуючих мереж Петрі, призначених для опису алгоритмів програмно-логічного керування дискретними технологічними процесами.
2. Розроблено методи виконання типових процедур обробки інформації засобами модифікованих керуючих мереж Петрі.
3. Розроблено алгоритм функціонування спецпроцесору Петрі.
4. Розроблена структура спецпроцесору.
5. Виконано програмну реалізацію спецпроцесору Петрі.
6. Виконано макетування спецпроцесору.
7. Розроблено методику синтезу керуючої мережі Петрі для розв'язання прикладної технологічної задачі.
8. Розроблено методи розв'язання типових задач організації безпечного руху на залізничному транспорті з використанням безперервних рейкових та точкових датчиків.

За матеріалами дисертації опубліковано 9 друкованих робіт (російською мовою).

1. Маркин О.М. , Мойсеенко В.И. Представление технологических процессов в транспортных системах управления сетями Петри// Управление и связь / Межв. сб. науч. тр. / Харьковский военный университет , 1996.- С.69-74
2. Маркин О.М. Преимущества процессора Петри в решении транспортных задач // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте, 1997, № 1.- С.27-29.
3. Матейченко В.В., Калинин Г.А., Маркин О.М., Запорожцев С.Ю., Гуца О.Н. Заявка на патент Украины на изобретение “ Процессор Петри” , регистрационный номер ВЗВ07435 с приоритетом от 21.12.93.
4. Маркин О.М., Матейченко В.В. Сети Петри как инструмент управления в технических системах. - Харьк. техн. ун-т радиоэлектроники.- Харьков, 1994.- Деп. в ГНТБ Украины 15.08.94, № 1626-Ук94. - 8 с.
5. Маркин О.М., Матейченко В.В. К вопросу о выборе класса сетей Петри для управления в технических системах.- Харьк. техн. ун-т радиоэлектроники.- Харьков, 1995.- Деп. в ГНТБ Украины 23.05.95. № 1246-Ук95. -19 с.
6. Маркин О.М., Матейченко В.В. Обработка информации на сетях Петри. Операции пересылки, сложения и вычитания . - Харьк. техн. ун-т радиоэлектроники. - Харьков, 1995.- Деп. в ГНТБ Украины 25.07.95, № 1877-Ук 95.- 14с
7. Маркин О.М., Матейченко В.В. Обработка информации на сетях Петри. Логические операции.- Харьк. техн. ун-т радиоэлектроники. - Харьков,1995.- Деп. в ГНТБ Украины 16.08.95, № 1954-Ук 95.- 8с.
8. Маркин О.М., Матейченко В.В. Управление технологическими процессами в условиях ГАП.// Проектирование автоматизированных систем контроля и управления сложными объектами. Школа-семинар. Туапсе,1992.- с.12-14.

9. Маркин О.М. , Мойсеенко В.И. Особенности использования сетей Петри для контроля участков пути на станции. // Тезисы докладов 57 научно-технической конференции ХарГАЗТ. Харьков, 1995 г.- С. 65-66.

Особиста участь автора в отриманні наукових результатів

Дисертаційна робота є підсумком особистої роботи автора. В роботах, написаних у співавторстві [1-8], особисто автором розроблено визначення класу модифікованих керуючих мереж Петрі, алгоритм функціонування спецпроцесору Петрі, структура спецпроцесору Петрі, методи виконання типових операцій обробки інформації на мережах Петрі, мережеві моделі контрольованих дільниць залізничної колії з використанням точкових датчиків.

АННОТАЦІЯ

Маркин О.М. Спецпроцессор модифицированных управляющих сетей Петри для организации безопасного движения на железнодорожном транспорте. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.08 - Вычислительные машины системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Харьковский государственный технический университет радиоелектроники. Харьков, 1997. Диссертацией является рукопись.

Целью работы является разработка теоретических и практических методов применения аппарата сетей Петри как средства описания алгоритмов управления дискретными технологическими процессами. Определен класс модифицированных управляющих сетей Петри.

Разработаны методы выполнения типовых процедур обработки информации средствами этого класса сетей. Разработан алгоритм функционирования и структура спецпроцессора модифицированных управляющих сетей Петри как основы новой информационной технологии. Разработана методика синтеза модифицированной управляющей сети Петри для решения прикладных технологических задач. С применением предлагаемой информационной технологии разработаны методы решения типовых задач организации безопасного движения на железнодорожном транспорте с использованием непрерывных путевых и точечных датчиков.

SUMMARY

Markin O.M. Special processor of modified controlling Petri nets for organization of safe traffic on a railway transport. The dissertation for the candidate degree of the technical sciences on the speciality 05.13.08 - The computers, systems and networks, elements and devices of computing technics and control systems. Kharkov State Technical University of Radioelectronics. Kharkov, 1997. The dissertation is the manuscript.

The aim of the dissertation is the development of theoretical and practical methods of application of a Petri nets as means of the description of algorithms of control by discrete technological processes. The class of modified control Petri nets is determined. Methods of fulfilment of typical procedures of processing of the information by the means of this class of Petri nets are developed. The algorithm of functioning and the structure of the special processor is developed. The technique of synthesis of modified controlling Petri nets for the decision of applied technological problems is offered. The typical problems of organization of safe traffic on a railway

transport with use continuous rail and dot gauges are developed by the offered information technology methods.

Ключові слова: мережа Петрі, граф, позиція, перехід, мітка, спецпроцесор, цифровий автомат, система керування, арифметико-логічний блок, комбінаційна схема, рейковий розвиток, рухомий склад, безпечний рух, безперервний рейковий датчик, точковий датчик.

Підп. до друку 16.04.97 Формат 60×84 1/16
Папір друк. Друк офсетний. Умов. друк. арк. 1,0
Облік. вид. арк. 1,1 Тираж 100 прим.

Надруковано у видавництві ХДТУРЕ
310726 Харків, просп. Леніна, 14

432466

