
УДК 681.3.068

Сергій Михайлович ЦИРУЛЬНИК,
*кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри «Радіотехніка»
Вінницького технічного коледжу, м. Вінниця*

Дмитро Олександрович ВОЛИНЕЦЬ,
*старший викладач кафедри зв'язку, автоматизації та захисту
інформації Національної академії Державної прикордонної служби
України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

ЗАХИСТ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ AVR МІКРОКОНТРОЛЕРІВ

У статті розглядаються питання захисту авторського коду у сучасних мікроконтролерах AVR від злому та небажаного дослідження. Розглянуто вбудовані засоби захисту та методи протидії автоматичним і інтерактивним дизасемблерам. Новизна запропонованих методів полягає у використанні для механізму захисту програмного забезпечення архітектури команд та адресації програмної пам'яті мікроконтролерів AVR, що дозволяє ефективно протидіяти автоматичним та інтерактивним дизасемблерам.

Ключові слова: мікроконтролер, захист програмного забезпечення, дизасемблер, пам'ять програм.

Постановка проблеми у загальному вигляді. При розробці сучасних електронних приладів використовуються мікроконтролери (МК). Для захисту програмного забезпечення розробники МК

передбачають спеціальні заходи щодо запобігання несанкціонованого копіювання.

З точки зору рівня захисту інформації усі МК можуть бути поділені на дві групи – звичайні та захищені. Захищені МК мають різні рівні доступу та захисту даних на рівні кристалу з використанням кодування інформації [1]. Подолання захисту таких МК потребує використання дуже складного та дорогого обладнання, що економічно не доцільно.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор. Найважливішим трендом у споживчій техніці останнього часу став так званий Internet of things. Розумні телевізори, розетки, лампочки, машини, ваги. Проблеми, з якими раніше стикалися виробники роутерів та IP-камер, тепер стають актуальними для майже будь-яких пристроїв навколо нас. Перед кожним розробником (або групою розробників) електронної техніки рано чи пізно постає питання про захист прав на інтелектуальну власність. Формально і найскладніша програма, і найпростіша повинні бути однаково захищені як інтелектуальна власність програміста. На відміну від праці письменника, де видання невеликого оповідання дає деяку гарантію авторських прав, у програмуванні все навпаки. Досить популярні мікроконтролери AVR та платформа Arduino використовується для створення автономних об'єктів автоматики, робототехніки. У зв'язку з цим необхідно розглянути методи захисту інтелектуальної власності програміста на прикладі модифікації програм для мікроконтролерів AVR.

Метою статті є дослідження методів захисту програмного забезпечення мікроконтролерів загального використання AVR фірми Atmel від дизасемблювання, реверс – інжиніринга та повторного програмування.

Розглянути методи захисту програмного коду мікроконтролерів AVR від несанкціонованого зчитування, модифікації та протидії автоматичним та інтерактивним дизасемблерам.

Виклад основного матеріалу дослідження. На сьогодні AVR мікроконтролери мають вбудовані засоби захисту програмного забез-

печення від несанкціонованого доступу. Реалізовані вони у вигляді Lock-бітів [2, 3]. Це група конфігураційних (fuse) бітів, яка відповідає за доступ до програмної пам'яті та EEPROM. Налаштувавши їх можна заборонити читання програмного забезпечення з мікроконтролера.

Усі мікроконтролери AVR мають два Lock-біта (LB1 та LB2), незапрограмовані за замовчуванням. Якщо запрограмувати тільки LB1, то запис Flash та EEPROM буде заборонено, а читання дозволено. Щоб заборонити ще й читання, потрібно також запрограмувати LB2 (табл. 1)

Таблиця 1

Режими захисту AVR мікроконтролерів

| Режим | LB2 | LB1 | Опис |
|-------|-----|-----|---|
| 1 | 1 | 1 | Захист вимкнено |
| 2 | 1 | 0 | Заборона запису Flash-пам'яті та EEPROM |
| 3 | 0 | 0 | Заборона читання і запису Flash-пам'яті та EEPROM |

Після програмування Lock-бітів (режим 2 або 3) доступ до всіх інших конфігураційних бітів закривається, тому біти захисту слід програмувати в останню чергу.

Скинути Lock-біти можна лише виконавши повне стирання мікроконтролера. Такий захист простий і дієвий, проте теоретично, маючи спеціальне обладнання можливо фізично втрутитись в кристал та скинути Lock-біти, знаючи їх розташування. Цей процес дуже дорогий [1] залежно від моделі мікроконтролера. Захистом від таких атак служить економічна доцільність: рідко 8-бітні мікроконтролери застосовуються в проектах такої вартості.

Існує метод обходу захисту Lock-бітів. Нагадаємо, що конфігураційні біти в запрограмованому стані мають низький рівень. Метод полягає в підвищенні напруги живлення, доки рівень запрограмованих конфігураційних бітів не перейде межу високого рівня (близько 8 В) [2]. При цьому мікроконтролер швидше за все вийде з ладу, і немає гарантії успішного зчитування прошивки мікроконтролера. Оскільки

метод дуже ризикований, то використовується він тільки у випадку, коли є велика кількість мікроконтролерів з цільовою прошивкою для експериментів.

Опираючись на існуючі методи обходу захисту, можна зробити висновок, що в не дуже дорогих проектах цілком вистачає вбудованої системи захисту AVR мікроконтролерів.

Якщо в проекті не планується подальше перепрограмування мікроконтролера, то встановивши відповідний конфігураційний біт (RSTDSBL) можна відключити вивід Reset. Проте теоретично його можна скинути наведеними вище методами, від яких знову ж таки рятує економічна доцільність.

Часто необхідно випускати оновлення програмного забезпечення, а поширювати його потрібно у відкритому доступі. Для таких цілей зазвичай перепрограмування виконують за допомогою бутлоадерів (bootloader) – програм, записаних в мікроконтролер, що приймають оновлену версію прошивки по зовнішньому інтерфейсу та записують її в програмну пам'ять (команда SPM). Бутлоадери підтримуються в усіх мікроконтролерах сімейства Mega [4].

Перевага бутлоадера в даному випадку полягає в тому, що прошивку можна зашифрувати, наприклад, застосовуючи скремблер, а розшифрується вона вже в мікроконтролері при виконанні перепрограмування.

Наведені вище методи не гарантують абсолютного захисту, тому слід припускати можливість, що hex-файл потрапить до злоумисників, який вони можуть дизасемблювати та модифікувати програму [5, 6].

Здавалось би, асемблювання – однозначне переведенням немокодів в програмний код та місця для заплутування програми тут немає. Проте завдяки особливостям команд AVR асемблера існують підходи, що ускладнюють відлагодження до такого рівня, що виникає питання доцільності відлагодження [7]. Тобто, повторне написання програми може зайняти менший час. Дизасемблери існують двох видів: автоматичні та інтерактивні [8, 9]. Автоматичні дизасемблери просто переводять машинні коди команд в мнемонічні коди AVR асемблера. Інтерактивні ще й будують граф виклику підпрограм, переходів, відновлюють

директиви [6, 8]. Тобто спрощують побудову алгоритму програми з її машинного коду.

В середовище розробки AVR Studio вбудований автоматичний дизасемблер [7], тому всі приклади будуть показані в ньому.

Велике поле для заплутування коду програми дають команди переходів [3, 4, 5]. Найпростішим прикладом заплутування програми переходом є розміщення в програму мовного переходу з наперед відомим результатом умови. Тобто точно відомо, що умова хибна, перехід не відбудеться, а інтерактивний дизасемблер додасть одну зайву гілку в графі переходів. Кілька зайвих гілок і час побудови алгоритму для зловмисника значно зростає.

Приклад (мікроконтролер ATmega 8):

д (мікроконтролер ATmega 8):

```
.include "m8def.inc"

RESET:
cld
ldi R16, low(RAMEND)
out SPL, R16
ldi R16, high(RAMEND)
out SPH, R16
;...
brts RESET ;перехід не відбудеться, адже прапор T скинутий
```

У системі команд AVR мікроконтролерів є команда переходу за динамічною адресою (IJMP – indirect jump) [7]. Якщо реалізувати безумовний перехід з її допомогою, то аналіз коду сильно ускладнюється. Потрібно просто отримати адресу переходу з якогось нескладного математичного розрахунку (з потрібним розробнику результатом). Людині, що аналізує дизасембльований код доведеться відтворити цей розрахунок, щоб визначити адресу переходу. Приклад:

```

.include "m8def.inc"

;8 регістр Z записується модифікована адреса мітки
ldi ZL, low(2*label_1+5)
ldi ZH, high(2*label_1+5)

;адреса розшифровується
subi ZL, 5
lsr ZL
ror ZH

;перехід
ijmp

;цільова мітка
.org $90C
label_1:
nop

```

Доволі просто заставити дизасемблер переплутати безумовний перехід з виходом з процедури: в стек записується адреса переходу (спочатку молодший байт) та викликається команда RET. Приклад:

```

.include "m8def.inc"

;8 регістр Z записується модифікована адреса мітки
ldi ZL, low(label_1)
ldi ZH, high(label_1)

;записуємо в стек адресу повернення з процедури і виконуємо команду повернення
push ZL
push ZH
ret

;цільова мітка
.org $90C
label_1:
nop

```

при аналізі коду, який є дизасемблованим, втрачаються точки виходу в процедуру та зрозуміти логіку стає важче.

Основою на архітектурі команд та адресації програмної пам'яті можна застосувати нові методи ускладнення відлагодження.

Більшість команд займають у пам'яті програм 1 слово (2 байти), проте існують команди, що займають 2 слова (4 байти). Це команди, що працюють з прямою адресацією.

Приклади:

JMP k – перехід на адресу k;

CALL k – виклик процедури за адресою k;

LDS k – завантажити в регістр значення, що знаходиться за адресою k;

STS k – зберегти значення регістра в комірку з адресою k.

Серед усіх 4-байтових команд найбільшу підтримку мають LDS та STS. Вони є в усіх мікроконтролерах, що мають оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП).

Адресується пам'ять програм по словам і після виконання кожної команди вміст лічильника програми (Program Counter) інкрементується. Після виконання 4-байтових команд його вміст збільшується на 2. Якщо за допомогою команд переходів занести в нього адресу другої половини 4-байтної команди (а вона вказує на операнд k), то виконається команда, закодована адресою k. Наприклад, приховаємо команду SET:

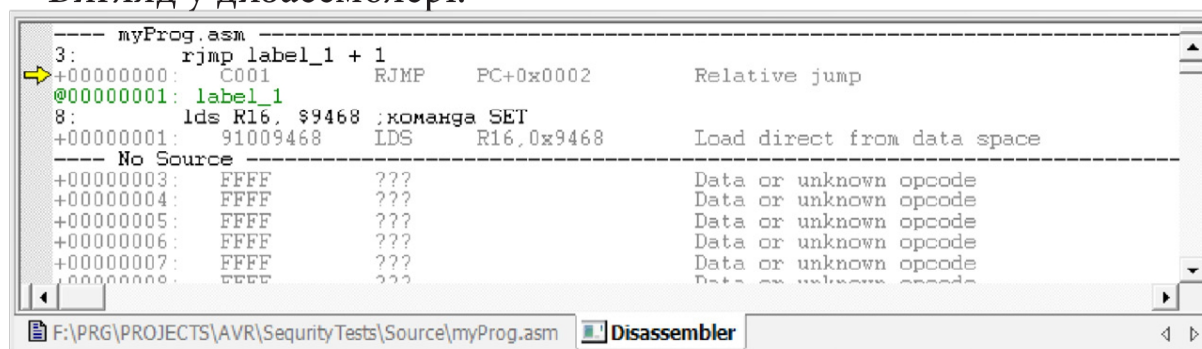
```
.include "m8def.inc"

rjmp label_1 + 1

;...

label_1:
lds R16, $9468 ;команда SET
```

Вигляд у дизасемблері:



Як видно з рисунка, дизасемблер визначив команду LDS, команду SET він не бачить.

Еквівалентний код без приховання:

```
.include "m8def.inc"

rjmp label_1

;...

label_1:
set
```

Недолік методу полягає в тому, що для кожної команди, яку слід приховати необхідно шукати машинний код в довідниках. Якщо замість 4-байтної команди написати її код через директиву DW, то наступну (приховану) команду можна вказати мнемо кодом. Результат

трансляції буде таким же, але відпадає необхідність переривати довідники команд, необхідно лише вивчити код якоїсь 4-байтної команди, наприклад LDS - \$9100 для регістра R16.

Перепишемо, з урахуванням цього, попередній приклад:

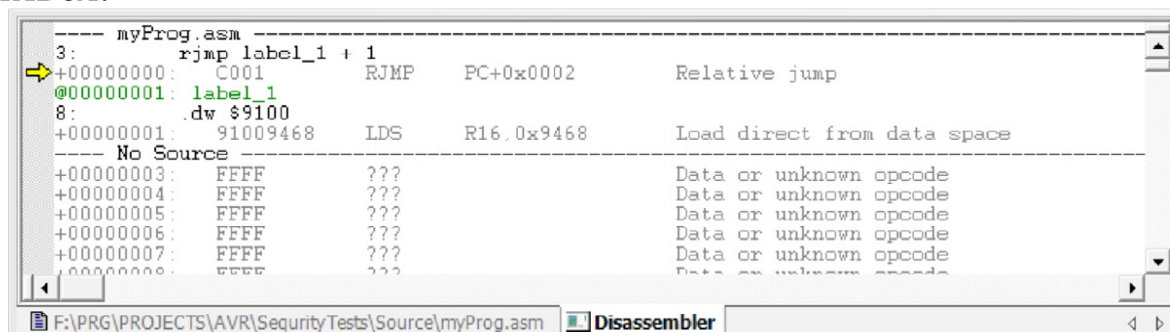
```
.include "m8def.inc"

rjmp label_1 + 1

...

label_1:
.dw $9100 ;код команди LDS
set
```

Програму писати значно простіше, а дизасембльований код не змінився:



При довгому і уважному аналізі дизасембльованого коду усі ці методи захисту можна обійти, але це вимагає часу більше ніж на написання нової програми, що знову притягує фактор економічної доцільності.

Висновки дослідження перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Звичайно, універсального захисту не існує. Застосувавши описані в статті методи захисту, не можна бути на сто відсотків упевненими в тому, що ніхто не запозичує ваш код. Однак витрачений на це час буде порівняний з часом написання подібної програми.

Наукова новизна запропонованих методів полягає у використанні для механізму захисту програмного забезпечення архітектури команд та адресації програмної пам'яті мікроконтролерів AVR, що дозволяє ефективно протидіяти автоматичним та інтерактивним дизасемблерам.

Практична значимість методів полягає у підвищенні рівня захисту інтелектуальної власності «embedded» програміста до економічно обґрунтованого.

Список літератури

1. Скоробогатов С.Л. Защита современных микроконтроллеров от копирования/ С. Л. Скоробогатов// НАУЧНАЯ СЕССИЯ МИФИ. – 2001. – №1. – С.84-85.
2. Цирульник С.М. Захист програмного забезпечення в AVR мікроконтролерах/ С. М. Цирульник, А.С. Зимогляд // Матеріали IV МНТК «Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації». – Вінниця, 2013
3. Шишкин С. Способ защиты программного обеспечения микроконтроллеров/ С. Шишкин // Современная электроника – 2010. – № 4. – С. 68-71.
4. Баландин Н. Антиотладочные приёмы для 8 битных микроконтроллеров AVR/ Н. Баландин// Современная электроника. – 2010. – № 1. – С. 64-66.
5. Панов А. С. Реверсинг и защита программ от взлома / А. С. Панов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 256 с. – ISBN 5-94157-889-X
6. Пирогов В. Ю. Ассемблер и дизассемблирование / Ю. В. Пирогов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 458 с. – ISBN 5-94157-677-3, 5-94157-677-7.
7. Ревич Ю. В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера/ Ю. В. Ревич. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 352 с. (Аппаратные средства) .– ISBN 978-5-9775-0277-1.
8. Офіційна web-сторінка компанії Arline [Електронний ресурс] / IDA Pro - самый мощный дизассемблер в мире. – Режим доступа: <http://www.idasoft.ru/disassembler>, вільний. – Загл. з екрана. – Моварос., англ.
9. The Online Disassembler: ODA [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://www.onlinedisassembler.com>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова англ.

Рецензент – доктор технічних наук, професор Андрущук О. С.

Стаття надійшла до редакції 13.11.2015

Защита программного обеспечения AVR микроконтроллеров

В статье рассматриваются вопросы защиты авторского кода в современных микроконтроллерах AVR от взлома и нежелательного исследования. Рассмотрены встроенные средства защиты и методы противодействия автоматическим и интерактивным дисассемблерам. Новизна предлагаемых методов заключается в использовании для механизмов защиты программного обеспечения архитектуры команд и адресации программной памяти микроконтроллеров AVR, которые

function. *IEEE Trans. on Neural Networks* 9, 1496-1506 (2010). 15. Tymoshchuk, P.V.: A dynamic K-winners take all analog neural circuit. In: *IVth IEEE Int. Conf. "Perspective technologies and methods in MEMS design"*, pp. 13-18. IEEE Press, L'viv (2008). 16. Hopfield J.J. Neurons with graded response have collective computational properties like those of two-state neurons // in *Proceedings of the National Academy of Sciences*, №81, pp. 3088-3092, 1984. 17. Grossberg S. *Non-Linear Neural Networks: Principles, Mechanisms, and Architectures*, Neural Networks, vol. 1, pp. 17-61, 1988. 18. Calvert B.D. and Marinov C.A. Another k-Winner-take-all analog neural network // *IEEE Trans. Neural Networks*, vol. 11, № 4, pp. 829-838, July 2000. 19. Marinov C.A. and Calvert B.D. Performance analysis for a K-winners-take-all analog neural network // basic theory // *IEEE Trans. Neural Networks*, vol. 14, № 4, pp. 766-780, July 2003. 20. Liu, Q., Wang, J.: Two k-winners-take-all networks with discontinuous activation functions. *Neural Networks* 21, 406-413 (2008).

УДК 621.452.001.57:681.54

М.Ю. Шабатура

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра електронних обчислювальних машин

СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

© Шабат ура М.Ю., 2012

Описано функціональну структуру та особливості розробленого спеціалізованого програмного забезпечення інтерактивної комп'ютеризованої системи корекції стану користувача зі зворотним зв'язком.

Ключові слова: інтерфейс, інтерактивність, програмне забезпечення, Fuzzy logic.

Described functional structure and features of the special software designed for user's state correction interactive computerized system with feedback.

Key words: interface, interactive, software, Fuzzy logic.

Вступ

Широке впровадження комп'ютерних технологій передбачає не тільки створення досконаліших технічних елементів комп'ютерних систем, але й розроблення потужного програмно-математичного забезпечення. Причому аналіз світових тенденцій [1] показує, що програмна складова є вагомішою у цьому процесі. Сьогодні є чимало технічних систем, до складу яких комп'ютер входить як одна з ключових ланок, що водночас формує всю ідеологію функціонування таких систем і забезпечує стійкість їх інформаційного простору та узгоджену роботу всіх складових. Апаратні пристрої таких систем повинні мати відповідне програмне представлення, яке може бути у двох формах: у формі підпрограми-драйвера, яку розпізнає операційна система, що дозволить комп'ютеру використовувати цей пристрій як власний технічний ресурс: або ж у формі повноцінного спеціалізованого програмного забезпечення, яке відобразиться в комп'ютері у вигляді певного додаткового сервісу з власним інтерфейсом інтерактивної взаємодії з користувачем, що даватиме йому змогу використовувати додаткові функції оперування технічним ресурсом.

Отже, для повноцінного функціонування розробленої в роботі [2] інтерактивної комп'ютеризованої системи корекції стану користувача зі зворотним зв'язком (ІКСЗ) створення спеціалізованого програмного забезпечення є необхідним, актуальним і важливим фактором розвитку і вдосконалення.

Постановка задачі дослідження

Розробити спеціалізоване програмне забезпечення для інтерактивної комп'ютеризованої системи корекції стану користувача зі зворотним зв'язком відповідно до функціональної структури системи.

Аналіз досліджень і публікацій

Невід'ємною і, очевидно, найважливішою складовою розробленої у роботах [2–5] ІКСЗЗ є спеціалізоване програмне забезпечення. Окрім виконання класичних функцій, які потрібні для забезпечення узгодженої роботи усіх технічних складових ІКСЗЗ, спеціалізоване програмне забезпечення повинно формувати специфічний інтерфейс, який, власне, і створюватиме інтерактивну, інтелектуальну взаємодію користувача із системою.

Основна частина

ІКСЗЗ є складним програмно-апаратним комплексом, який об'єднує: персональний комп'ютер, мікроконтролерний модуль, систему спеціальних сенсорів, штатні периферійні пристрої відтворення аудіо та візуальних впливів, клавіатуру, маніпулятор тощо. Метою функціонування ІКСЗЗ є комплексний аналіз стану користувача і, якщо виявлено його відхилення від умовно-еталонного для певного користувача стану, забезпечення, за допомогою інтерактивної взаємодії аудіо та візуальних впливів, відповідної корекції поточного стану користувача ПК.

Функціональну структуру ІКСЗЗ зображено на рис. 1.

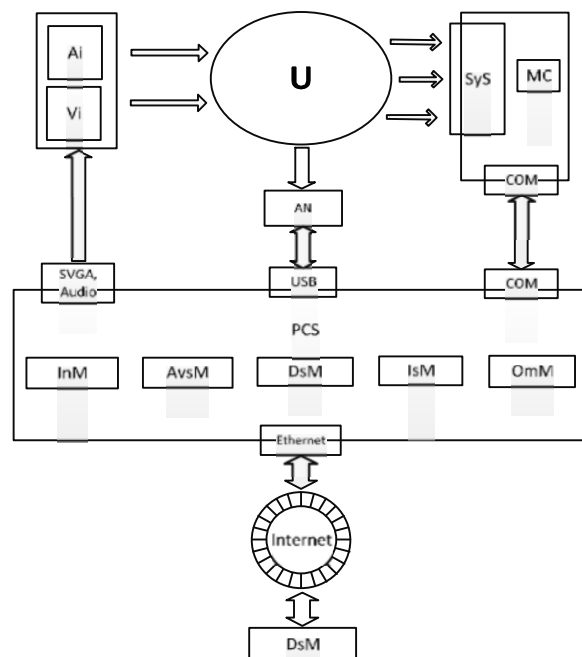


Рис. 1. Функціональна структура інтерактивної комп'ютеризованої системи зі зворотним зв'язком

Основними компонентами зображеної на рисунку функціональної структури ІКСЗЗ є:

PCS – персональна комп'ютеризована система (ПК, КПК, планшет тощо);

Ai – засіб аудіовпливу (навушники, звукові системи);

Vi – засіб візуального впливу (генеровані зображення на моніторі PCS);

U – користувач (характеризується множиною параметрів, які описують його стан), володіє знаннями з дотримання алгоритму поведінки під час інтерактивної взаємодії із системою;

SyS – система сенсорів, містить неінвазивні датчики для об'єктивного оцінювання параметрів стану користувача (з метою спрощення викладень і оптимізації обсягу статті розглянемо лише використання сенсорів дихання та пульсу);

MC – мікроконтролер, дозволяє узгодити та синхронізувати роботу системи сенсорів і забезпечити передачу даних на PCS;

AN – засоби активної взаємодії (монітор, клавіатура, маніпулятори);

USB – послідовний інтерфейс передачі даних для середньо- та низькошвидкісних периферійних пристроїв у обчислювальній техніці;

COM (RS-232C) – двонаправлений послідовний інтерфейс;
 Ethernet (IEEE 802.3) – інтерфейс для мережевого підключення;
 SVGA, Audio – інтерфейси пристроїв аудіо та візуального впливу;
 InM – інформаційний пакет для ознайомлення з правилами взаємодії із системою;
 AvsM – модуль синтезу аудіо та візуальних впливів, доповнений компонентою управління темпом дихання;

DsM – система накопичення і збереження образів стану користувача;
 IsM – система ідентифікації поточного стану користувача;
 OmM – система оперативного моделювання прийняття рішень на основі Fuzzy logic;
 DsM – сервер зі спеціалізованим програмним забезпеченням для дистанційної підтримки функціонування ІКСЗ.

У цій роботі розглянемо найважливішу функцію створеного спеціалізованого програмного забезпечення, суть якої полягає у формуванні комунікативного інтерфейсу між користувачем та комп'ютеризованою системою.

Програмне забезпечення написано мовою програмування C++ в середовищі Embarcadero C++ Builder з використанням компонентів: Embarcadero Audio API – для роботи зі звуком, OpenGL бібліотеки – для рендерингу графічних елементів та бібліотеки TMS – для роботи з портами персонального комп'ютера.

Існує два режими функціонування ІКСЗ: навчальний та робочий.

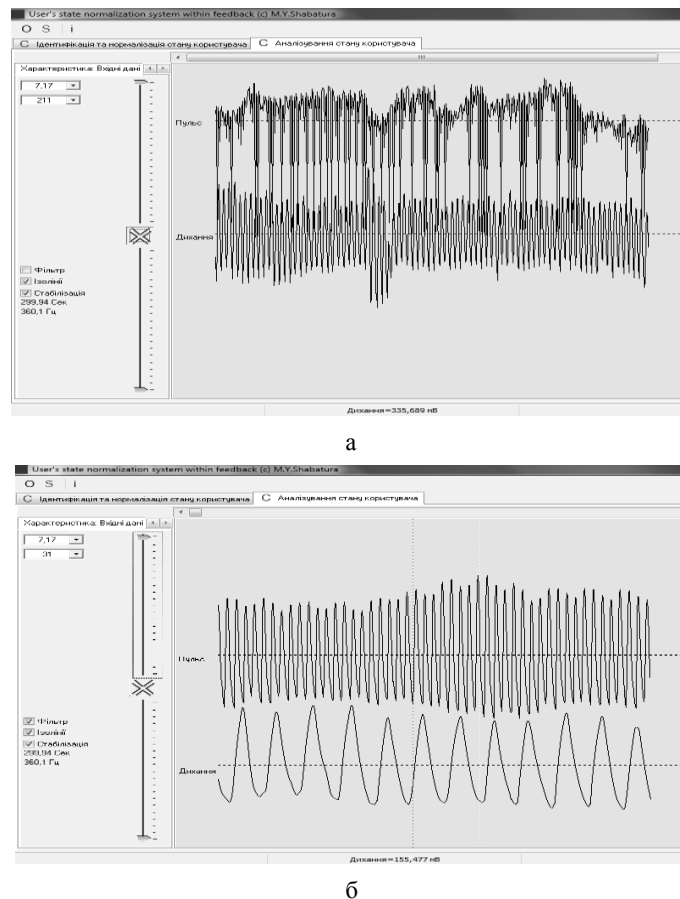
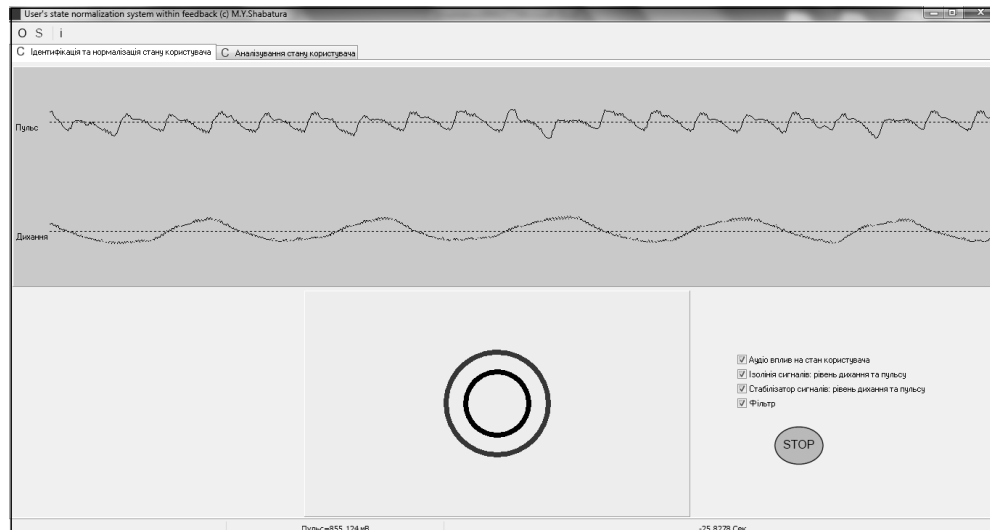


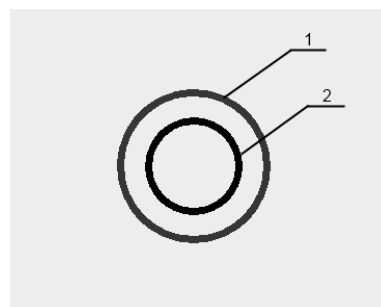
Рис. 2. Вигляд робочого вікна програми у режимі навчання при:
 а – зашумлених; б – відфільтрованих показниках частоти дихання та частоти пульсу користувача

На рис. 2 зображено робоче вікно програмного забезпечення ІКСЗ у режимі навчання, яке ініціалізується під час першого запуску програми, з метою індивідуального аналізу відкоригованого стану, тобто створення умовно-еталонної моделі стану користувача. Зокрема, на рис. 2, а показано

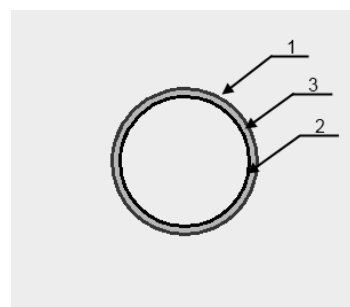
неперервне накопичення значень зміни показників пульсу та рівня дихання користувача в режимі реального часу, відповідно подано у вигляді частотних графіків. Відфільтровані показники стану користувача, як результат застосування Fuzzy logic фільтра моделі нечіткого виведення типу Мамдані, зображено на рис. 2, б. Користувач, за бажанням, може самостійно простежити візуалізовану динаміку зміни свого стану, в будь-який часовий проміжок, однак набагато краще і без будь-яких можливих суб'єктивних помилок за нього цю функцію виконає програма системи, яка автоматично проаналізує та збереже отримані дані в спеціалізованій базі даних (DsM).



а



б



в

Рис. 3. Видгляд вікна програми у робочому режимі: а – загальний вигляд робочого вікна; б – фаза недотримання рекомендованого рівня дихання; в – фаза дотримання рекомендованого рівня дихання

На рис. 3, а зображено вигляд вікна програми в робочому режимі, зокрема візуальне представлення комбінації параметрів частоти дихання та частоти пульсу користувача у формі кола червоного кольору (рис. 3, б, позначка 1), яке звужується/розширюється відповідно до зміни параметрів стану в реальному масштабі часу, також наявне коло чорного кольору (рис. 3, б, позначка 2), як представлення необхідного умовно-еталонного, збалансованого показника рівня дихання та пульсу користувача, та вигляд під час дотримання користувачем рекомендованого рівня дихання (поява зеленого кола, рис. 3, в, позначка 3).

Щоб досягти максимального ефекту інтерактивної взаємодії ІКСЗЗ та користувача, рекомендовано активувати функцію аудіовпливу (вибравши у відповідному пункті меню опцію «Аудіовплив на стан користувача») та використовувати навушники із широким частотним діапазоном.

Під час проектування програми було враховано і спеціально підібрано кольорову гаму та графічне компонування елементів у вікні з метою підвищення інтуїтивної зрозумілості для користувача системи. Розроблена програма може бути інстальована не лише на традиційних настільних

комп'ютерах і ноутбуках, але й на різноманітних портативних пристроях, зокрема планшетах та КПК, які функціонують на основі операційних систем сім'ї ОС Microsoft Windows.

Висновки

Розроблене спеціалізоване програмне забезпечення інтерактивної комп'ютеризованої системи корекції стану користувача зі зворотним зв'язком з інтуїтивно зрозумілим дизайном та вимогами, поставленими відповідно до раніше розробленої моделі комп'ютеризованої системи на основі Fuzzy logic математичного апарату.

Інтерактивна взаємодія користувача та ІКСЗ відбувається на рівні аудіо та візуальних впливів на стан користувача, з метою його корекції у реальному масштабі часу.

1. *The Software & Information Industry Association* / <http://www.siiia.net/> 2. *Shabatura M.* Комп'ютеризована система впливу на стан користувача з інтелектуальним зворотним зв'язком. // *Materialy Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej Konferencji «Perspektywy rozwoju nauki we współczesnym świecie* / матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи розвитку науки в сучасному світі», 29.03.2012 – 31.03.2012, Poland, Краков/Kraków, 71–73 p. 3. *Shabatura M.* Програмні аспекти комп'ютерної технології оцінки стану користувача в процесі інтерактивної взаємодії // *Materialy Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej Konferencji «Innowacje i badania naukowe, jak również ich zastosowanie w praktyce»* / матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інновації та наукові дослідження, а також їх застосування на практиці», 29.05.2012 – 31.05.2012, Poland, Варшава/Warszawa, 48–50 p. 4. *M. Shabatura.* User's state normalization computerized system within an intelligent feedback // *Materialy Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej Konferencji «Postępy w nauce. Nowe poglądy, problemy, innowacje.* // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Достігнення в науці. Нові погляди, проблеми, інновації», 29.07.2012 – 31.07.2012, Poland, Лодзь/Lodz, 14-16 p. 5. Шабатура М.Ю., Мельник А.О. Методологія вибору та застосування аудіовізуальних потоків в комп'ютеризованій системі впливу на стан користувача з інтелектуальним зворотним зв'язком // Системи озброєння і військова техніка. [підрозділ: Теоретичні системи розробки систем озброєння]. Харківський університет повітряних сил ім. Івана Кожедуба. – 4(28)2011. – С. 109 – 115.

УДК 681.31

© Тимчишин В.О., 2000

Тернопільська академія народного господарства,
Інститут комп'ютерних інформаційних технологій, кафедра СКС**СПЕЦІАЛІЗОВАНІ КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ НА БАЗІ ІВМ РС**

© Тимчишин В.О., 2000

Створені комп'ютерний пакет оптимізації спеціалізованих комп'ютерних систем (СКС) і методика його використання для проектування різних СКС дозволили виявити і розробити оптимізовані вузли для наступного компонування ними СКС відкритої архітектури. Плата розширення для шини ISA комп'ютерів ІВМ РС (електронний накопичувач 1М і відображений на пам'ять 24-розрядний порт виведення) забезпечила скорочення затрат коштів і часу на побудову оптимальних СКС для басейну і банку.

Вступ. Сьогодні існує широкий вибір систем автоматизованого проектування електронних компонент і плат. Поряд з цим, системний етап проектування є відкритим, роботи з розвитку САПР цього напрямку є найпріоритетнішими, інформаційно місткими і стратегічно важливими [1]. Генезис оптимальних варіантів СКС формальними математичними методами практично неможливий, процес створення системи є ітераційним багатоступеневим, поєднує формальні і конкретно-змістовні методи, що відіграють аналітичну і синтетичну роль [1].

Проведений вартісно-функціональний аналіз [2-4] областей оптимальної побудови СКС на базі типових мікропроцесорних платформ виявив доцільність реалізації робочих станцій СКС на ІВМ РС – для одиничних тиражів і складного програмного забезпечення (ПЗ), а для тиражів більше десятка станцій і нескладного ПЗ – оптимальний контролер на базі мікро-ЕОМ 8x51 [5].

Створено пакет оптимізації дистрибутивних СКС за сукупністю вартісно-функціональних характеристик [3, 4] і методику його використання (рис. 1) – як для проектування конкретної СКС (виходячи із заданих вартісних S і функціональних E характеристик системи та її технічних обмежень TO), так і для виявлення типових (повторюваних у різних СКС) оптимізованих вузлів, придатних для подальшого компонування ними СКС відкритої архітектури.

Для платформ 80x86 і 8x51 сформовано єдиний набір плат розширення [6], які вставляються у слот шини ISA ІВМ РС або під'єднуються до системної шини (підмножини ISA) розробленого контролера [5]. Використання в СКС промислових комп'ютерів і станцій на базі ІВМ РС (материнська плата, блок живлення, мінімальна множина плат розширення) забезпечує такі переваги: низьку вартість компонування типовими апаратними вузлами, зниження затрат на створення і відлагодження ПЗ у розвинених середовищах розробки, використання чисельних бібліотек, драйверів, сервісу операційних систем (ОС) тощо.

Однак при високих обчислювальних потужностях ІВМ РС мають обмежену швидкодію шини ISA (більшість материнських плат забезпечують до 1М/с звернень до портів введення-виведення), а для шини PCI в Україні розробка плат розширення ускладнена. Крім цього, не вирішені завантаження системного і прикладного ПЗ, енергонезалежного зберігання інформації у мобільних, автономних і дистрибутивних мережевих станціях. Відомі реалізації завантажувача в ІВМ РС використовують дискові накопичувачі (вінчестер, дискета, компакт-диск) [7] або віддалене завантаження ПЗ бездискової станції через мережу [8]. Аналіз застосувань автоном-

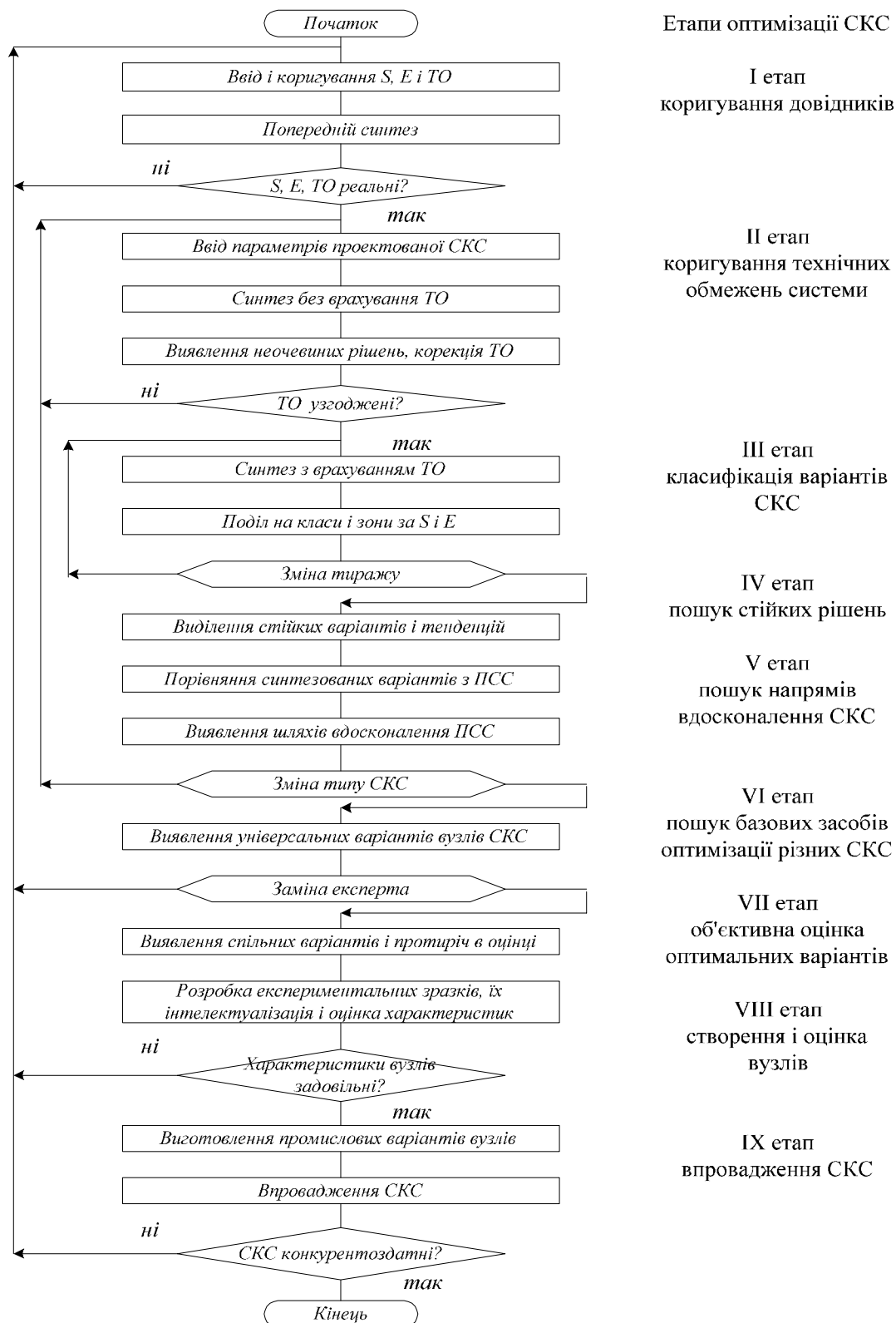


Рис.1. Етапи створення оптимізованих СКС

них контролерів, лічильників тощо [9] показав, що типовий об'єм енергонезалежної пам'яті, необхідний для їх тривалого функціонування, не перевищує 1М. Для побудови СКС реального часу на базі 80x86 об'єм системного (ОС QNX, MS DOS [10]) і прикладного ПЗ переважно також не перевищує 1М. Для багатьох застосувань умови експлуатації (температура, вологість, агресивність середовища) не дозволяють використати типові дискові накопичувачі, станція повинна завантажувати ПЗ і виконувати базові функції при несправності сервера чи мережі.

Електронний накопичувач. Для одночасної реалізації накопичувача в СКС і завантаження системного ПЗ на 80x86 сформульовані технічні характеристики (об'єм до 1М, споживана потужність – 3Вт, час доступу і зчитування – 80 нс, висока вібростійкість, діапазон робочих температур від -20°C до +50°C, робота в агресивних середовищах, габарити не більше ніж 150x100мм) і функціональні вимоги (повна емуляція функцій традиційних дискових систем для прозорієї взаємодії з усім системним і прикладним ПЗ на рівні ОС і базової системи введення-виведення BIOS, виявлення драйвера такого накопичувача, як ПЗП, розширення і регламентована взаємодія BIOS з ним на етапі завантаження комп'ютера, завантаження ОС при відсутності в системі завантажувальних дисків, блокування перезапису системних файлів або цілого диска). Виконання перелічених технічних вимог забезпечується апаратно (сучасна елементна база, конструктив шини ISA IBM PC), а функціональних характеристик – відповідною структурою ПЗ.

Запропоновано плату електронного накопичувача (ЕН) на флеш-пам'яті фірми Atmel (рис. 2), яка емулює накопичувач на гнучких дисках об'ємом до 1М, задовольняє перелічені технічні і функціональні вимоги, реалізує регламентовані алгоритми взаємодії. Блок перемикачів SWITCH на платі дозволяє (за рахунок вибору прямих чи інвертованих ліній адрес $A_{13}-A_{17}$ системної шини CШ ISA) встановити базову адресу діапазону 8К плати ЕН у адресному просторі пам'яті IBM PC (C0000h...EE000h). Це забезпечує не лише безконфліктне співіснування з іншими платами, але й розміщення ЕН за довільною найменшою адресою (C0000h – для станцій без відеосистеми, C8000h – з відеокартою тощо) для оптимального використання блоків верхньої пам'яті [10].

Плата ЕН (рис. 2) використовує сторінкову адресацію пам'яті, її адресний простір 8К ділиться на два блоки по 4К кожен. Для запису (зчитування) блоку 4К даних у адресному просторі IBM PC попередньо встановлюється його номер у сторінковому регістрі (СР), який реалізовано як комірку пам'яті для спрощення схеми дешифрації плати. Для забезпечення розпізнавання і передачі керування ПЗП розширення плати ЕН, СР встановлює при апаратному перезавантаженні фіксовану сторінку – адресу ПЗП розширення у мікросхемі флеш-пам'яті. СР, блок SWITCH і схема керування логікою роботи плати LOGIC (рис. 2) реалізуються на традиційних мікросхемах або програмованих логічних пристроях PLD (наприклад, Atmel [11]).

Схема LOGIC виробляє сигнали обнулення СР (CP_R) при Reset CШ, запису з шини даних $D_{0..7}$ номера сторінки у СР (CP_W), а також запису ($FL1_{WR}$ і $FL2_{WR}$) і зчитування ($FL1_{RD}$ і $FL2_{RD}$), відповідно, першої та другої мікросхем флеш-пам'яті AT29C040A об'ємом 512К кожна [12]. Реалізовані схемою LOGIC сигнали описані наведеними залежностями:

$$FL1_{WR} = F(A) \cup A_{12} \cup SMEMW \cup A'_{19}, \quad (1)$$

$$FL2_{WR} = F(A) \cup A_{12} \cup SMEMW \cup \overline{A'_{19}}, \quad (2)$$

$$FL1_{RD} = F(A) \cup A_{12} \cup SMEMR \cup A'_{19}, \quad (3)$$

$$FL2_{RD} = F(A) \cup A_{12} \cup SMEMR \cup \overline{A'_{19}}, \quad (4)$$

$$CP_W = \overline{F(A) \cup A_{12} \cup SMEMW}, \quad (5)$$

$$CP_R = \overline{Reset}, \quad (6)$$

де

$$F(A) = S(A_{13}) \cup S(A_{14}) \cup S(A_{15}) \cup S(A_{16}) \cup S(A_{17}) \cup \overline{A_{18}} \cup \overline{A_{19}}, \quad (7)$$

$S(A_{13})...S(A_{17})$ – прямі або інверсні адреси, вибір яких визначається блоком SWITCH.

Залежності (1)–(7) наведені для використання ЕН з 8-розрядною шиною даних ISA, для 16-розрядних даних $FL2_{WR}=FL1_{WR}$ і $FL2_{RD}=FL1_{RD}$. Реалізація розділених сигналів керування записом і зчитуванням (замість вибору мікросхем пам'яті CS адресою A'_{19}) зумовлена типовим часом реагування мікросхем AT29C040A різного виконання 120-200 нс після повернення з неактивного стану мікроспоживання, що не прийнятно для деяких моделей IBM PC. Запропонована схема керування пам'яттю скоротила типовий час реагування до 50-80 нс [12]. На адресні входи мікросхем флеш-адреси $A_{0...11}$ (вибір байта у межах сторінки 4K) надходять безпосередньо з СШ, а старші адреси $A_{12...18}$ – з СР. Запис (з попереднім стиранням) у AT29C040A відбувається поблоково (256 байт), що прийнятно для емуляції блокової дискової системи (розмір сектора 512 байт [10]). При емуляції захищеної від запису дискети доцільне використання флеш-пам'яті AT49F040 [12] з стиранням 512K і наступним побайтовим записом.

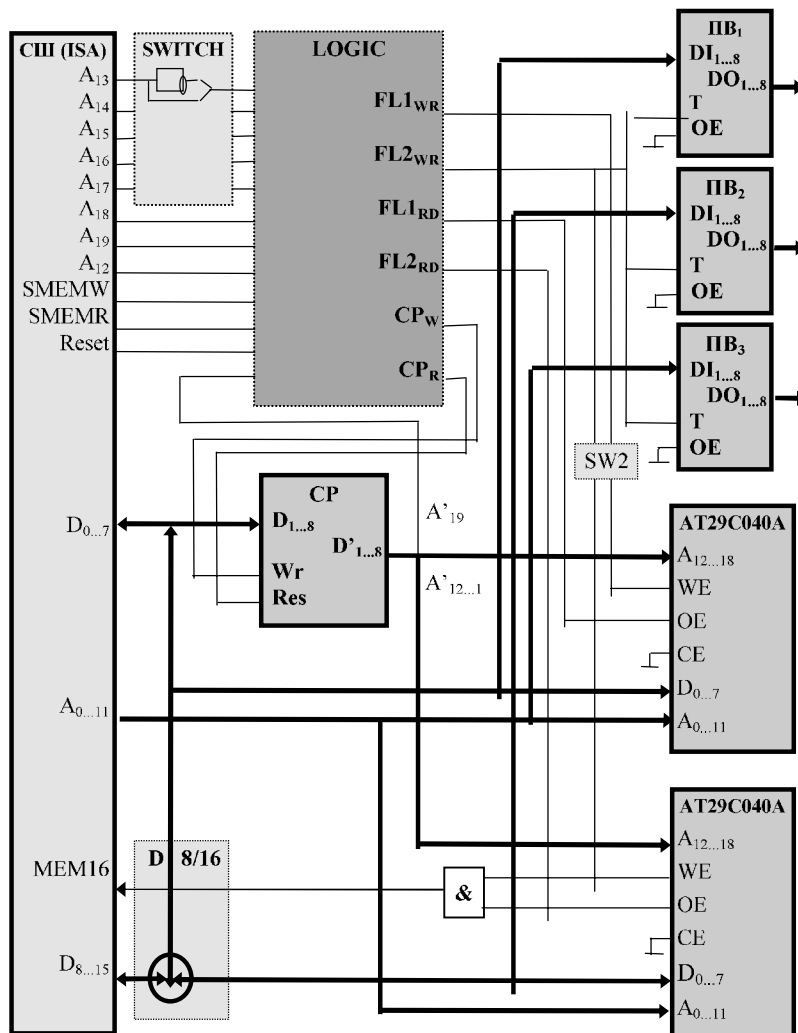


Рис. 2. Структурна схема електронного накопичувача і 24-розрядного порту виведення, відображеного на адресний простір пам'яті IBM PC

Плата ЕН забезпечує максимальну гнучкість вибору конфігурації (використання 512К або 1М, 8- або 16-розрядного обміну даними). Для забезпечення сумісності з 8-розрядним IBM PC XT, а також з контролером на 8x51, передбачено 8-розрядний обмін даними з СШ. При цьому у блоці конфігурування D8/16 (див. рис. 2) входи даних мікросхем пам'яті з'єднані з D_{0...7} СШ. При 16-розрядному обміні дані другої мікросхеми пам'яті перекомутовані на D_{8...15} СШ у блоці D8/16, а плата ЕН додатково генерує сигнал MEM16 для коректної взаємодії з шиною ISA.

Системні файли ОС захищаються від перезапису програмуванням блокування запису у перші 16К мікросхеми AT29C040A після запису даних [12]. При використанні ЕН як емулятора захищеної від запису дискети передбачене встановлення перемикачів SW2 (рис.2) сигналів запису FL1_{WR} і FL2_{WR} на час запису образу дискети спеціальним сервісним ПЗ і подальше їх вимкнення для апаратного запобігання випадковому стиранню.

ПЗ підтримки ЕН поділяється на сервісне і системне. Сервісне ПЗ попередньо форматує дискету об'ємом 508К або 1020К, після цього на неї переносяться всі необхідні системні і прикладні файли, при потребі робиться тестування завантаження комп'ютера з цієї дискети. Сервісне ПЗ записує у флеш-пам'ять ЕН образ дискети і системне ПЗ – драйвер ЕН відповідної структури для забезпечення взаємодії з IBM PC (емулює 6 функцій драйвера диска – скид, отримання статусу, зчитування і запис секторів, верифікацію і форматування [7]).

ЕН забезпечує високу надійність і ресурс роботи (гарантується 10000 перезаписів [12]), низьку вартість (співмірна з вартістю накопичувача на гнучких дисках), простоту обслуговування і підготовки даних, роботу в складних умовах (діапазон температур від -40 до +85°C [11,12]), підвищену захищеність інформації. Нескладна програмно-апаратна модифікація плати ЕН забезпечує емуляцію диска об'ємом до 4М.

24-розрядний порт виведення. Для підвищення максимальної частоти звернення IBM PC до портів виведення (при невисокій пропускній здатності СШ ISA) на платі ЕН (рис. 2) реалізовано 24-розрядний порт виведення, відображений на адресний простір пам'яті. При записі слова у пам'ять молодший і старший байти слова записуються (стробуються сигналом FL2_{WR}) у порти виведення ПВ₁ і ПВ₂, а адреси A_{1...A₈} – у порт ПВ₃ (використання адреси A₀ неможливе через звернення до слова пам'яті лише за парною адресою). Запис у 24-розрядний порт реалізується за один цикл шини ISA, що підвищує швидкість виведення в 3 (або 2) рази порівняно з традиційним записом байта (слова); реальна швидкість залежить від контролера СШ.

Впроваджені СКС. Використання запропонованої плати ЕН (разом з розглянутими у [5, 6]) дозволяє звести побудову більшості СКС на базі IBM PC і контролера на 8x51 [5] до компонування типовими апаратними вузлами і розробки власне прикладного ПЗ. ЕН об'ємом 1М використано для підвищення надійності комп'ютерної системи у ряді банків Тернополя. Використання ЕН підвищує захищеність системи від комп'ютерних вірусів і випадкового стирання інформації. Наявність лише необхідного на робочому місці ПЗ і апаратне блокування запису на системний електронний диск ускладнює можливість зламу системи зловмисниками глобальними і локальними мережами шляхом дистанційної активації резидентних програм-вірусів. Перевагами ЕН є також менші енергоспоживання, час доступу і завантаження, простота обслуговування. Використання ЕН дозволило створити недорогі автономні і мережеві робочі місця з підвищеною надійністю і конфіденційністю транзакцій, забезпечило надійну роботу у пунктах обміну валюти при важких кліматичних умовах на наявному комп'ютерному обладнанні.

Використання плати ЕН у СКС “Басейн” (проведення змагань з водних видів спорту) спорткомплексу ЦСКЗСУ м. Києва дозволило знизити затрати коштів і часу на її проектування. СКС складається з АРМ судді, АРМ оператора табло (на IBM PC) і контролера табло, об'єднаних у мережу Ethernet 10Mbps (рис. 3). Табло складається з 60 пристроїв відображення

інформації “Електроника МС 6208” [13]. Контролер табло (розміщений у приміщенні басейну) виконано на IBM PC (80486) з ЕН для зберігання ОС і прикладного ПЗ. Протокол 23-бітового інтерфейсу табло [13] вимагає періоду звернення 0.5 мкс, що не забезпечується шиною ISA. Тому плата пристрою керування табло (сумішена з ЕН) використовує запропоновану нестандартну реалізацію 24-бітового порту виведення при зверненні до слова в адресному просторі пам’яті IBM PC. Використання плати ЕН дозволило легко інтегрувати контролер (порівняно з розробкою його на спецпроцесорі тощо) з АРМ СКС при забезпеченні необхідних потоків інформації (до 3 Mbps) у мережі Ethernet. Запропоновані інтелектуалізовані комунікаційні драйвери контролера табло і АРМ (виконані як надбудова над протоколом IPX [8]) забезпечують динамічне виведення текстової і графічної інформації, зворотній зв’язок і контроль стану табло з АРМ оператора (ПЗ реалізоване на мові C++) у сусідньому приміщенні, дистанційне керування табло (пріоритетне виведення з АРМ оператора чи судді). Резидентний драйвер (на мові Асемблер) для АРМ судді, який передає копію частини текстового екрану у контролер табло, забезпечив гнучкість розширення ПЗ СКС у майбутньому (створення табло-незалежних програм для АРМ судді з текстовим інтерфейсом на довільній мові програмування).

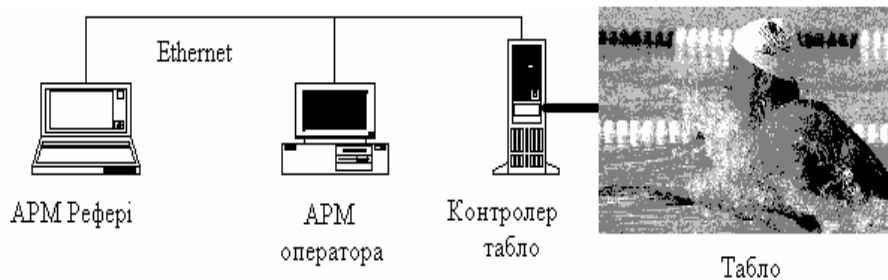


Рис. 3. Структура СКС “Басейн”

Висновки. Виявлені (з використанням пакету оптимізації СКС і методики його використання) і створені оптимізовані вузли (зокрема, плата електронного накопичувача 1М, суміщена з 24-розрядним відображенням на простір пам’яті портом виведення) забезпечили скорочення затрат на створення різних оптимізованих за сукупністю вартісно-функціональних характеристик СКС відкритої архітектури завдяки модульному компонуванню вузлами і розробці прикладних програм. Одночасно впроваджені СКС підтвердили ефективність пакету і методики оптимізації, достовірність закладених експертних оцінок.

1. Мельник А.О., Тарасенко В.П. Сучасні ситуативно-методологічні аспекти створення спеціалізованих комп’ютерних систем // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. -1997.- №1. -С.18-21. 2. Тимчишин В.О. Техніко-економічний аналіз шляхів створення мережі інтелектуальних вимірювально-керуючих модулів. Київ, - 1997, № 6. с. 43-51. 3. Кочан В.В., Тимчишин В.О. Особливості застосування методів двокритеріальної оптимізації в пакеті програм дослідження якості комп’ютерних систем // Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. - 1998. - № 337. - С. 175-178. 4. Кочан В.В., Тимчишин В.О. Синтез оптимальних структур низьковартісних комп’ютерних систем // Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. - 1998. - № 356. - С. 134 -144. 5. Васильків Н.М., Кочан В.В., Саченко А.О., Тимчишин В.О. Контролер з дистанційною реконфігурацією для адаптивної вимірювально-керуючої мережі // Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. - 1998. - № 350. - С. 13-19. 6. A.Sachenko, V.Tymchyshyn, D.Zhang.

Low Cost Hardware and Software Components for Intelligent Information Control Systems // Preprints of 5th IFAC Symp. on Low Cost Automation (LCA'98). - Shenyang, P.R.China. - 1998. - P. TS9-21 - TS9-26. 7. Бучкин Л.В., Безрукий Ю.Л. Дисковая подсистема IBM-совместимых персональных компьютеров. - М., 1993. 8. Фролов А.В., Фролов Г.В. Локальные сети персональных компьютеров. Монтаж сети, установка программного обеспечения. М., 1994. 9. Гудков Ю.И. Базовые модули обработки информации для портативных контрольно-измерительных устройств / Тез. докл. IX науч.-техн. конф. Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления "Датчик-97" // Под ред. проф. Азарова. - М., 1997. с. 318. 10. Нортон П. Персональный компьютер фирмы IBM и операционная система MS-DOS. - М., 1991. 11. Atmel Products. Programmable Logic Devices: ATF16V8B (pp. 1.7-1.22); ATF16LV8CZ (pp. 1.39-1.40) // www.atmel.com. 12. Atmel Products. Nonvolatile Memory: AT29C040A (pp. 4.165-4.175); AT49F040 (pp. 4.209-4.218) // www.atmel.com. 13. Устройство вывода информации экранное "Электроника МС 6208". Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

УДК 621.8:681.5

Ткаченко Р.О., Юрчак І.Ю.
ДУ "Львівська політехніка", кафедра АСУ

ПОБУДОВА ВХІДНОГО ТА ВИХІДНОГО ШАРІВ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

© Ткаченко Р.О., Юрчак І.Ю., 2000

Розглядаються питання практичної побудови штучних нейронних мереж на основі моделі ФТФ, попередньої підготовки елементів навчальної множини.

У відомих нейропарадигмах типу "Прямого поширення зі зворотнім поширенням похибки" вихідний шар нейронних елементів (НЕ) будується на основі тих же принципів, що і сховані шари, тобто, вихідними є НЕ з перехідними функціями сигмоїдального виду. При підготовці тренувальних векторів необхідно враховувати обмеження вихідних сигналів НЕ через відповідні перехідні функції, масштабування вихідних сигналів кожного нейрона. Вхідний шар НЕ задається найчастіше як "псевдошар", складається з відповідних елементів, на які покладається функція "кодування", тобто приведення вхідних сигналів до єдиного діапазону, наприклад $-1 \div +1$.

Підходи до побудови ШНМ на основі моделі "Функціонал на множині табличних функцій" (ФТФ) [1] визначаються наявними відмінностями в концепції навчання, зокрема тим що основні функції з опрацювання інформації здійснюють сховані шари нейромережі, для яких ваги синаптичних зв'язків та параметри перехідних функцій визначаються на основі процедури побудови ряду. Елементи вхідного та вихідного шарів відіграють допоміжну роль, тобто варіант ШНМ з лінійним НЕ на вході та виході є придатним для практичного застосування, однак його характеристики, як буде показано, не є оптимальними.

Проаналізуємо необхідні операції попереднього опрацювання даних для навчання нейромережі. Зазначимо, зокрема, що для ШНМ прямого поширення не вводиться жодних обмежень на типи вхідних та вихідних даних. Причому для різних входів та виходів ШНМ

11. AVR ATmega Xmega Bootloader - chip45boot2 [Electronic resource] – Access mode: http://www.chip45.com/avr_bootloader_atmega_xmega_chip45boot2.php

References

1. Panis'ko A. Laboratorniye komplekxy dlya razrabotchikov i uchebnykh zavedeniy / Novosti elektroniki №14, 2007 [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://www.terraelectronica.ru/files/mail/s071126.pdf>
2. Brodin V. Perevozchikov P. Apparato-programmnyy kompleks na baze universal'nogo laboratornogo stenda dlya izucheniya 8-, 16- i 32-razryadnykh mikrokontrollerov / Komponenty i tekhnologii № 8, 2008 [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: http://www.kite.ru/assets/files/pdf/2008_08_154.pdf
3. Programno-aparatniy kompleks "EV8031/AVR" / Ofitsiyniy sayt PMP «Open System» [Yelektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://opensys.com.ua/Stend/Ev8031>
4. Laboratorni stendi dlya vivchennya mikroprotsessoroi tekhniki na bazi AVR-mikrokontroleriv firmi ATMEL // Ofitsiyniy sayt kompanii TOV «Uchbovo-naukoviy tsentr «Pallada» [Yelektronnyy resurs] - Rezhim dostupa: <http://pallada.vinnitsa.com/products/prod05.html>
5. Sesin A.A., Roytburg YU.S., Prentsel' A.A. Poleznaya model' № 126865 «Uchebno-laboratornyy stend dlya prakticheskogo izucheniya mikrokontrollerov» // [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://poleznayamodel.ru/model/12/126865.html>
6. ATmega16A 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash DATASHEET [Electronic resource] – Access mode: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8154-8-bit-AVR-ATmega16A_Datasheet.pdf
7. Alfavitno-tsifrovyye inditsiruyushchiye ZHK-moduli na osnove kontrollera HD44780 [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://www.gaw.ru/html/cgi/txt/lcd/chips/hd44780/start.htm>
8. SD Standard Overview [Electronic resource] – Access mode: <https://www.sdcard.org/developers/overview/>
9. FAT File System [Electronic resource] – Access mode: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc938438.aspx>
10. USB 2.0 Specification [Electronic resource] – Access mode: http://www.usb.org/developers/docs/usb20_docs/
11. AVR ATmega Xmega Bootloader - chip45boot2 [Electronic resource] – Access mode: http://www.chip45.com/avr_bootloader_atmega_xmega_chip45boot2.php

Рецензія/Peer review : 16.1.2015 р.

Надрукована/Printed :24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією

УДК 004.7

С.М. БАБЧУК

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВИБІР СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ У ВИБУХОБЕЗПЕЧНИХ ЗОНАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Визначено, що ефект ивним напрямком модернізації існуючих авт омат изованих сист ем управління т ехнологічними процесами, які розміщені у вибухобезпечних зонах, є впровадження спеціалізованих комп'ютерних мереж . В результат і проведеного аналізу існуючих спеціалізованих комп'ютерних мереж вст ановлено мережі, які мають ь найкращі характ ерист ики з певного напрямку т а вказано основні їх особливост і.

В результат і проведеної роботи ст ворена мет одична база для вибору спеціалізованої комп'ютерної мережі для модернізації існуючих АСУ ТП у вибухобезпечній зоні.

От римані під час дослідження результат и ст ворюють ь умови для правильного вибору необхідної спеціалізованої комп'ютерної мережі спеціалістами служб КВП і Ат а керівницт вом підприємств, що сприяє прийнят т ю ефект ивних рішень щодо подальшої модернізації АСУ ТП підприємств.

Ключові слова: спеціалізовані комп'ютерні мережі, промислові мережі, HART[1]оток, Interbus, CAN, WorldFIP, EtherNet/IP, авт омат изовані сист еми управління т ехнологічними процесами, АСУ ТП.

S. BABCHUK

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

SELECTION OF SPECIALIZED COMPUTER NETWORK SYSTEMS FOR AUTOMATION IN EXPLOSION- PROOF ZONE OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Determined that the effective direction of upgrading existing automated process control systems, placed in explosion[1]proof zone is the introduction of specialized computer networks. The analysis of existing specialized networks established networks that have the best performance from a certain direction and indicated their main features.

As a result of the work created by methodical selection for specialized computer network to upgrade existing APCS in explosion[1]proof zone.

Obtained from the survey results create the conditions necessary for the correct choice of specialized computer network specialists and automated services and management companies, which will facilitate effective solutions to further modernization APCS company.

Keywords: specialized computer networks, industrial networks, HART[1]protocol, Interbus, CAN, WorldFIP, EtherNet / IP, automated process control systems.

Постановка проблеми

Промисловість є одним із найважливіших структурних елементів національної економіки і має одне з ключових значень у забезпеченні економічної та політичної безпеки країни, її економічної незалежності, підвищенні добробуту населення. Вона є провідною галуззю економіки України, оскільки забезпечує всі галузі економіки знаряддями праці, сировиною і матеріалами. Від того, як працює промисловість, багато в

чому залежить функціонування всієї економіки. Тому темпи зростання, рівень розвитку і структура промисловості є найважливішими показниками не тільки кількісної, а й якісної характеристики економіки, а також життєвого рівня населення [1].

Нові ємні ринки збуту, характеризуються високою конкуренцією, що вимагає високої якості продукції, впровадження новітніх технологій і високої ефективності виробництва [2]. В зв'язку з вищевказаним перед промисловими підприємствами України стоїть актуальне питання модернізації виробничих потужностей.

Важливою складовою частиною сучасних підприємств є система автоматизації керування технологічними процесами та виробництвами. Тому одним з основних напрямків модернізації виробничих потужностей підприємства є модернізація систем автоматизації.

Протягом багатьох років автоматизовані системи управління технологічними процесами будувалися по традиційній централізованій схемі, у якій був один потужний обчислювальний пристрій і величезна кількість кабелів, за допомогою яких здійснювалося підключення датчиків і виконавчих механізмів. Такий стан був спричинений високою ціною на електронно-обчислювальну техніку та відносно низьким рівнем автоматизації виробництва. На сьогоднішній день у цього підходу практично не залишилося прихильників. Такі недоліки централізованих автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП), як великі витрати на кабельну мережу й допоміжне устаткування, складний монтаж, низька надійність і складна реконфігурація, зробили їх у багатьох випадках абсолютно неприйнятними як економічно, так і технологічно [3]. В умовах бурхливо зростаючого виробництва мікропроцесорних пристроїв альтернативним рішенням стали системи автоматизації на базі спеціалізованих комп'ютерних мереж (fieldbus), що складаються з багатьох вузлів, обмін між якими здійснюється цифровим способом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В 1984 році Міжнародна Електротехнічна Комісія почала процес розробки єдиного універсального стандарту спеціалізованої цифрової мережі. Були визначені вимоги для відкритої спеціалізованої мережі, пристроїв віддаленого введення/виведення, контролерів і т.д. Ставилося завдання, щоб така універсальна мережа забезпечувала комунікаційні запити на всіх рівнях багаторівневої системи автоматизації. Для рішення зазначеного завдання була отримана безліч ініціатив і пропозицій. Але тільки через 14 років Міжнародна Електротехнічна Комісія випустила проект специфікації IEC61158 - кандидат на універсальну мережу. Фахівці відразу відзначили, що це рішення вже сильно застаріло й немає ніякого сенсу продовжувати над ним роботу. Голосування по даному проекту, проведене 30 вересня 1998 року, дало очікуваний негативний результат. Тому Міжнародна Електротехнічна Комісія відмовилася від подальшого пошуку рішення первинного завдання, яке полягало у створенні єдиної універсальної спеціалізованої цифрової мережі.

Наприкінці 90-х років XX століття кілька десятків спеціалізованих комп'ютерних мереж міцно закріпилися на ринку спеціалізованих мереж. В зв'язку з цим було запропоновано створити стандарт, здатний підтримати багатофункціональні рішення в області промислового зв'язку для найрізноманітніших галузей застосування в якій ввійшли б кілька спеціалізованих комп'ютерних мереж. Така пропозиція знайшла розуміння як з боку основних компаній виробників, так і більшості системних інтеграторів у різних країнах. Беручи до уваги сформовану об'єктивну реальність, Комітет Міжнародної Електротехнічної Комісії оформив цю пропозицію у вигляді стандарту промислової управляючої мережі IEC 61158 напередодні нового тисячоріччя. Позиція прихильників цього рішення зводилася до одного, але найбільш вагомого твердження – області застосування спеціалізованих комп'ютерних мереж є настільки широкі й вимоги до них настільки різноманітні, що серйозно говорити про "єдину міжнародну мережу" не доводиться. Результати голосування (80% - за) підтвердили правильність зробленої пропозиції. Про стандарт IEC 61158 можна сказати, що це багатофункціональний (багатомережевий) стандарт, орієнтований на різні області застосування. Стандарт IEC 61158 спочатку включав вісім незалежних комунікаційних технологій. В 2000 році були зроблені доповнення до стандарту IEC 61158 і тепер він охоплює комунікаційні технології:

- Foundation Fieldbus H1;
- ControlNet;
- Profibus;
- P-NET;
- Foundation Fieldbus High Speed Ethernet;
- SwiftNet;
- WorldFIP;
- Interbus;
- Profinet;
- Profibus FMS.

Крім того, існує можливість, що в найближчому майбутньому до переліку спеціалізованих цифрових мереж, які входять в міжнародний стандарт IEC 61158 можуть ввійти нові мережі.

В даний час в світі виробляється і експлуатується близько сотні спеціалізованих цифрових мереж.

Наявність на ринку різноманітних наборів програмно-апаратних рішень дозволяє вирішити технологічні проблеми практично будь-якого виробництва. Тому для підприємств практично повністю

втратили зміст власні розробки в цій області. Спроба заощадити засоби за рахунок внутрішніх ресурсів у більшості випадків обертається створенням громіздких, ненадійних, несумісних і дорогих в обслуговуванні систем.

Крім того, можна вважати закінченою дискусію про найкращу мережу. Зараз уже очевидно, що жодна з існуючих сьогодні спеціалізованих мереж не стане єдиною. Різноманітність вимог автоматизуючих технологічних процесів не може бути вирішена одним універсальним і економічно оптимальним рішенням. Питання повинно ставитись наступним чином: тільки належне структурування комплексу АСУ ТП і вибір оптимальних рішень для конкретних технологічних ділянок може забезпечити прорив підприємства на новий рівень якості й ефективності виробництва.

Крім вищевказаного, аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що інформації про вищевказані мережі та десятки інших які виробляються і використовуються в світі у вітчизняних джерелах інформації практично не має. Недостатньо такої інформації і в інших країнах. Тому, кінцевому користувачу дуже складно самостійно здійснити оптимальний вибір необхідної для його потреб спеціалізованої комп'ютерної мережі.

Формулювання завдання дослідження

В зв'язку з вищевказаним, метою досліджень було визначення основних напрямків модернізації існуючих автоматизованих систем управління технологічними процесами, які розміщені у вибухобезпечних зонах новими системами автоматизації технологічних процесів і виробництв на базі спеціалізованих комп'ютерних мереж. Також, одним із завдань досліджень було створення методичної база для вибору спеціалістами промислових підприємств спеціалізованої комп'ютерної мережі, яка має стати основою модернізованої АСУ ТП.

Визначення основних напрямків модернізації існуючих автоматизованих систем управління технологічними процесами, які розміщені у вибухобезпечних зонах

Як правило більшість існуючих систем автоматизації використовують аналогові датчики та виконавчі механізми. Сьогодні багато промислових підприємств України мають певні труднощі з обіговими коштами та фінансуванням подальшого розвитку виробничих потужностей і з впровадженням новітніх технологій. В такому випадку для модернізації наявних систем автоматизації таких підприємств можна запропонувати впровадження HART-протоколу [4, 5].

Американською компанією Rosemount був розроблений протокол HART (Highway Addressable Remote Transducer). HART-протокол заснований на методі передачі даних за допомогою частотної модуляції, при цьому цифровий сигнал накладається на аналоговий струмовий сигнал.

Характеристика HART-мережі:

- різновиди – аналогові (4-20мА) і цифрові;
- живлення й дані через пару провідників;
- фізичне середовище – RS-232;
- двополярний частотно-модульований сигнал – “1” - 1200 Гц, “0” - 2200 Гц;
- топологія – “зірка”, “магістраль”;
- доступ (максимальна кількість пристроїв) – 1 ведучий й 2 ведені пристрої (стандартний режим), 15 ведених і 2 ведучих пристроїв (багатоточковий режим з віддаленим живленням);
- режими – асинхронний, синхронний;
- довжина лінії – 100 м – “зірка” (багатоточковий режим), 1500-3000 м – “магістраль” (стандартний режим);
- розмір пакета даних – 25 байт;
- швидкість передачі даних – 1200 біт/с;
- цикл відновлення даних (пакет) – 500 мс, 330 мс;
- ймовірність помилки передачі даних – 10^{-5} ;
- контрольна сума для пакета;
- контроль парності кожного байта;
- тип лінії – екранована вита пара;
- виконання – стандартне, вибухозахищене;
- команди – універсальні, типові, специфічні;
- мова DDL (Device Description Language) для конфігурування й налагодження.

Частотно-модульований сигнал є двополярним і при використанні відповідної фільтрації не спотворює основний аналоговий сигнал 4-20 мА.

HART-протокол може використатися у двох режимах роботи:

- стандартний варіант (з'єднання “прилад-прилад”);
- багатоточковий режим (15 ведених пристроїв можуть з'єднуватися паралельно двопровідною лінією з двома ведучими пристроями).

Стандартний варіант – з'єднання “прилад-прилад”, тобто безпосереднє з'єднання приладу низової автоматики (датчика, виконавчого механізму, перетворювача) і не більше двох ведучих пристроїв. У якості первинного ведучого пристрою використовується пристрій зв'язку з об'єктом або програмований логічний

контролер (ПЛК). У якості вторинного застосовується портативний HART-термінал або персональний комп'ютер з HART-модемом. При цьому аналоговий сигнал є однонаправленим (наприклад, від датчика до ПЛК або від ПЛК до виконавчого механізму), а цифрові сигнали можуть передаватися й прийматися як від ведучого, так і від веденого пристрою.

При багатоточковому режимі 15 ведених пристроїв можуть з'єднуватися паралельно двопровідною лінією з тими ж двома ведучими пристроями. При цьому здійснюється тільки цифровий зв'язок. Сигнал постійного струму 4 мА забезпечує допоміжне живлення ведених приладів по сигнальних лініях.

На великих промислових підприємствах об'єкти автоматизації можуть бути розподілені на великих відстанях один від одного і на великій площі. В такому випадку доцільно розглянути можливість побудови модернізованої системи автоматизації на базі спеціалізованої комп'ютерної мережі Interbus [6, 7].

Мережа Interbus була розроблена фірмою Phoenix Contact в 1984 році й швидко здобула міцні позиції в сфері розподілених АСУ ТП завдяки цілому ряду цікавих структурних рішень. Насамперед, слід зазначити, що максимальна відстань, яку може охоплювати ця промислова мережа складає 13 кілометрів. Для мереж, фізичний рівень яких відповідає стандарту RS-485, цей показник максимальний, і забезпечується він завдяки ретрансляції сигналу в кожному вузлі. Максимальна кількість вузлів 512, відстань між вузлами до 400 метрів, використовується кабель Belden 3119A. Вузли-ретранслятори утворюють основу топології Interbus, кінцеві ж пристрої підключаються до додаткових кільцевих сегментів, у яких живляча напруга передається разом з даними. Довжина додаткових сегментів може становити до 200 метрів (для їх прокладання використовується звичайна нескранована вита пара). Таким чином, цифрова мережа Interbus є хорошим рішенням для уніфікованої автоматизації виробництва, компоненти якого територіально рознесені на велику відстань.

У випадку коли необхідно керувати дуже великою кількістю вузлів на відносно не великій відстані (до 1 км) доцільно розглянути можливість побудови модернізованої системи автоматизації на базі спеціалізованої комп'ютерної мережі CAN [8]. Основною перевагою даної спеціалізованої комп'ютерної мережі є те, що в даній мережі на відміну від інших мереж не має теоретичного обмеження на кількість вузлів, які входять у склад даної мережі. Таким чином, на базі даної мережі можна створити системи з дуже великою кількістю вузлів.

У середині вісімдесятих років XX століття фірма Robert Bosch Gmb запропонувала власний варіант мережі контролерів для вирішення проблеми розростання проводки автомобілів. Стандарт одержав назву Controller Area Network (CAN).

Ряд оригінальних і ефективних технічних рішень, покладених в основу CAN-протоколу фірмою Bosch, а також наступні роки "випробування" CAN-мереж у самих різних умовах експлуатації забезпечили CAN світове визнання, закріплене в 1993 році в міжнародному стандарті ISO 11898. На сьогоднішній день стандарт ISO 11898 поряд із сучасною специфікацією Bosch CAN 2.0 A / B є базовим документом розроблювачів CAN-пристроїв.

В 2000 році прийнятий стандарт ISO 15765 (діагностика в мережі CAN). Він пропонує обов'язкову наявність у всіх автомобілях, що експлуатуються в країнах ЄЕС, наявність CAN-сумісного порту для уніфікованої діагностики систем автомобіля, що забезпечують екологічну безпеку й безпеку руху.

Електроніка автомобілів "Мерседес", працює саме по цьому протоколу. В даний час CAN-мережі активно застосовуються в різних сферах - від пральних машин до космічних апаратів. Протокол CAN визначає тільки перші два рівні моделі ISO/OSI - фізичний і каналний. На основі цього протоколу реалізована велика кількість інших багатофункціональних мереж, таких як CANOpen, DeviceNet, SDS і ін. Кількість вузлів промислових мереж, що працюють на основі CAN, обчислюється десятками мільйонів. Практично в кожного великого виробника мікроконтролерів є виріб з CAN-інтерфейсом. Широкому поширенню CAN сприяють його численні переваги, серед яких:

- простота конфігурування й масштабування мережі, відсутність теоретичних обмежень на кількість вузлів;
- невисока вартість як самої мережі, так і її розробки;
- високий ступінь надійності й "живучості" мережі, завдяки розвиненим механізмам виявлення помилок, повтору спійманих повідомлень, самоізоляції несправних вузлів, нечутливості до електромагнітних перешкод;
- підтримка різноманітних фізичних середовищ передачі даних, від витой пари до оптоволокна й радіоканалу;
- ефективна реалізація режиму реального часу;
- висока швидкість передачі даних (до 1 Мбіт/с при довжині лінії 60 м);
- максимальна відстань між вузлами - до 1 км.

При створенні складних АСУ ТП може виникнути ситуація коли необхідно забезпечити гібридний тип доступу до шини (централізований / децентралізований). В такому випадку доцільно розглянути можливість побудови модернізованої системи автоматизації на базі спеціалізованої комп'ютерної мережі WorldFIP [9].

Мережа WorldFIP (World Factory Instrumentation Protocol) розроблена на основі французького стандарту, відомого як NFC46-600 або FIP. Його розробив консорціум компаній, що роблять польові пристрої, у яких використовується система повідомлень. Мережа WorldFIP задовольняє вимогам реального

часу. Головні члени консорціуму - Honeywell, Baily Controls, Cegelec, Allen Bradley, Telemecanique, Electricity de France, Elf.

Мережа побудована на гібридному (централізований / децентралізований) доступі до шини й для передачі даних використовує режим широкомовних повідомлень (broadcast). Контроль забезпечується з боку центрального вузла мережі (central unit), що називається "арбітром". Основний потік даних організований як набір окремих змінних, кожна з яких ідентифікована своїм ім'ям. Будь-яка змінна, оброблена в одному вузлі-передавачі, може бути прочитана всіма вузлами-приймачами одночасно. Використання режиму широкого мовлення дозволяє не присвоювати кожному пристрою унікальної мережевої адреси.

Функції керування деяким процесом можуть розподілятися між різними пристроями на шині. Це можливо тому, що всі "приймачі" одночасно приймають однакові змінні, а час відновлення даних і їхня передача строго контролюються.

Сьогодні всі комп'ютерні мережі на верхньому рівні управління підприємством базуються на технології EtherNet. Тому, зручно і економічно вигідно коли спеціалізована мережа на базі якої побудована АСУ ТП теж використовує за основу технологію EtherNet. Тоді в силу їх "спорідненості" з комп'ютерними мережами верхнього рівня не потрібні додаткові витрати на підготовку професіоналів, що забезпечують їх експлуатацію. Цю роботу можуть із успіхом виконувати (і це підтверджується на практиці) фахівці, що забезпечують експлуатацію комп'ютерних мереж верхнього рівня. Це дозволяє скоротити терміни впровадження систем АСУ ТП й спрощує процедури їх експлуатації, що в загальному підсумку приводить до загального зниження витрат на створення або модернізацію АСУ ТП. Тому починаючи з моменту створення в 2000 році по даний час все частіше впроваджується спеціалізована комп'ютерна мережа Industrial Ethernet (EtherNet/IP). Вищевказаному також сприяє той факт, що специфікація EtherNet/IP є загальнодоступною і розповсюджується безкоштовно [10, 11].

Industrial Ethernet (EtherNet/IP) – стандартизований (IEEE 802.3 і 802.11) варіант Ethernet для застосування в промисловості. Мережа із процедурою доступу CSMA/CD. Industrial Ethernet звичайно використовується для обміну даними між програмованими контролерами, програмованими контролерами й системами візуалізації.

EtherNet/IP базується на протоколах Ethernet, CIP, IP, TCP, UDP і розширює комунікаційний стек для застосування в промисловій автоматизації. Друга частина назви "IP" означає "Industrial Protocol" (промисловий протокол). Протокол EtherNet/IP (Industrial Ethernet Protocol) був розроблений групою ODVA при активній участі компанії Rockwell Automation в кінці 2000 року на основі комунікаційного протоколу CIP (Common Interface Protocol). На додаток до типових функцій протоколів HTTP, FTP, SMTP і SNMP, EtherNet/IP забезпечує передачу критичних до часу доставки даних між керуючим пристроєм і пристроями введення/виведення.

Надійність передачі некритичних до часу даних (конфігурації, завантаження/вивантаження програм) забезпечується стеком TCP, а критична до часу доставка циклічних даних керування буде здійснена через стек UDP. Для спрощення настройки мережі EtherNet/IP, більшість стандартних пристроїв автоматики мають в комплекті певні, заздалегідь зконфігуровані файли (EDS). Cipsync є розширенням комунікаційного протоколу CIP і реалізує механізми синхронізації часу в розподілених системах на основі стандарту IEEE 1588.

EtherNet/IP - це відкритий промисловий мережевий стандарт, який використовує стандартні мікросхеми EtherNet і фізичне середовище передачі інформації. Технологія EtherNet/IP розвинулася завдяки високому попиту на додатки по управлінню через Ethernet. Цей стандарт також бере за основу вимоги промислового керування по функціональній сумісності різних продуктів по управлінню через EtherNet.

EtherNet/IP є відкритою мережею, оскільки використовує стандарт Ethernet IEEE 802.3, набір протоколів TCP/IP, стандартний промисловий протокол (Common Industrial Protocol - CIP), а також інформаційний протокол і протокол введення/виведення в режимі реального часу, які використовують мережі Devicenet і ControlNet.

Основна відмінність EtherNet/IP від "звичайного" полягає в додатковому захисті фізичного середовища передачі (у промислових умовах для реалізації шинної топології використовується триаксціальний кабель, а для топології "зірка" - вита пара з подвійним екрануванням) або ж використовується найменш піддане зовнішньому електромагнітному впливу оптичне середовище передачі - оптоволоконний кабель.

Висновки

За результатами проведених досліджень встановлено, що ефективним напрямком модернізації існуючих автоматизованих систем управління технологічними процесами, які розміщені у вибухобезпечних зонах, є впровадження спеціалізованих комп'ютерних мереж. В результаті проведеного аналізу існуючих спеціалізованих комп'ютерних мереж встановлено мережі (в тому числі які ввійшли в міжнародний стандарт ІЕС 61158), які мають найкращі характеристики з певного напрямку та вказано основні їх особливості.

В результаті проведеної роботи створена інформаційна та методична база для вибору спеціалізованої комп'ютерної мережі для модернізації існуючих АСУ ТП у вибухобезпечній зоні.

Отримані під час дослідження результати створюють умови для правильного вибору необхідної спеціалізованої комп'ютерної мережі спеціалістами служб КВП і А та керівництвом підприємств, що сприятиме прийняттю ефективних рішень щодо подальшої модернізації АСУ ТП підприємства.

Література

1. Біла, С. О. Структурна політика в перехідній економіці України: теоретико-методологічний аспект [Текст] / С. О. Біла // Вісник Української Академії державного управління. – 1999. – № 1. – С. 107–117.
2. Безтілесна, Л.М. Механізм забезпечення сталої конкурентоспроможності великого промислового підприємства [Текст] / Л. М. Безтілесна // Економіст. – 2012. – С. 38–43.
3. Бабчук, С. М. Метод ідентифікації спеціалізованих комп'ютерних мереж для об'єктів нафтогазового комплексу [Текст] / С. М. Бабчук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 3, № 4 (63). – С. 48–51.
4. Guochen, A. Design of Intelligent Transmitter Based on HART Protocol [Text] / A. Guochen, M. Zhiyong, M. Hongtao, S. Bingdong // Intelligent Computation Technology and Automation. – 2010. – Vol. 2. – P. 40–43.
5. Pereira, J. HART protocol analyser based in LabVIEW [Text] / J. Pereira, O. Postolache, P. Girao // Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. – 2003. – P. 174–176.
6. Hui, L. Research and application on INTERBUS operator terminal [Text] / L. Hui, Z. Hao, P. Daogang // Computer Science and Information Technology. – 2009. – P. 309–312.
7. Cavalieri, S. Definition of a fault recovery protocol compliant with Interbus-S standard [Text] / S. Cavalieri // Industrial Electronics. – 2003. – P. 821–823.
8. Bertoluzzo, M. Application protocols for safety-critical CAN-networked systems [Text] / M. Bertoluzzo, G. Buja // Power Electronics and Motion Control. – 2010. – Vol. 15. – P. 1–6.
9. Liang, G. A Kind of Communication Simulation System for WorldFIP Field Intelligent Control Network [Text] / G. Liang, G. Yang // Informatics in Control, Automation and Robotics. – 2009. – P. 385–389.
10. Zhang, L. Research of EtherNet/IP and development of its network node [Text] / L. Zhang, N. Xie // Consumer Electronics, Communications and Networks. – 2012. – P. 486–489.
11. Ping, L. Ethernet/IP Analysis [Text] / Journal of Yangtze University. – 2010. – Vol. 7, № 1. – P. 254–255.

References

1. Bila, S. O. Strukturna polityka v perehidnij ekonomici Ukrayiny: teoretyko-metodologichnyj aspekt [Tekst] / S. O. Bila // Visnyk Ukrayinskoyi Akademiyi derzhavnogo upravlinnya. – 1999. – # 1. – S. 107–117.
2. Beztilisna, L.M. Mexanizm zabezpechennya staloyi konkurentospromozhnosti velykogo promyslovogo pidpryemstva [Tekst] / L. M. Beztilisna // Ekonomist. – 2012. – S. 38–43.
3. Babchuk, S. M. Metod identyfikacyi specializovanykh kompyuternykh merezh dlya obyektiv naftogazovogo kompleksu [Tekst] / S. M. Babchuk // Vostochno-Evropejskij zhurnalпередovih technology. – 2013. – Т. 3, # 4 (63). – S. 48–51.
4. Guochen, A. Design of Intelligent Transmitter Based on HART Protocol [Text] / A. Guochen, M. Zhiyong, M. Hongtao, S. Bingdong // Intelligent Computation Technology and Automation. – 2010. – Vol. 2. – P. 40–43.
5. Pereira, J. HART protocol analyser based in LabVIEW [Text] / J. Pereira, O. Postolache, P. Girao // Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. – 2003. – P. 174–176.
6. Hui, L. Research and application on INTERBUS operator terminal [Text] / L. Hui, Z. Hao, P. Daogang // Computer Science and Information Technology. – 2009. – P. 309–312.
7. Cavalieri, S. Definition of a fault recovery protocol compliant with Interbus-S standard [Text] / S. Cavalieri // Industrial Electronics. – 2003. – P. 821–823.
8. Bertoluzzo, M. Application protocols for safety-critical CAN-networked systems [Text] / M. Bertoluzzo, G. Buja // Power Electronics and Motion Control. – 2010. – Vol. 15. – P. 1–6.
9. Liang, G. A Kind of Communication Simulation System for WorldFIP Field Intelligent Control Network [Text] / G. Liang, G. Yang // Informatics in Control, Automation and Robotics. – 2009. – P. 385–389.
10. Zhang, L. Research of EtherNet/IP and development of its network node [Text] / L. Zhang, N. Xie // Consumer Electronics, Communications and Networks. – 2012. – P. 486–489.
11. Ping, L. Ethernet/IP Analysis [Text] / Journal of Yangtze University. – 2010. – Vol. 7, № 1. – P. 254–255.

Рецензія/Peer review : 14.1.2015 р.

Надрукована/Printed : 24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією

УДК 681.325.36

І.Р. Піт ух

Карпатський державний центр інформаційних засобів і технологій НАН України,
м. Івано-Франківськ, Україна
bima@buc.tr.ukrtel.net

Матричні моделі архітектур розподілених комп'ютерних систем та методологія побудови алгоритму діагностування руху даних центральним сервером

У статті викладена методологія побудови матричних моделей руху даних архітектур комп'ютерних систем. Запропоновані принципи побудови комп'ютерних мереж з глибоким розпаралелюванням інформаційних потоків на основі двовимірних і тривимірних матричних моделей руху даних вирішують актуальну науково-технічну задачу методології розрахунку ефективності руху даних в таких мережах.

В даний час існує широка різноманітність архітектур інформаційних систем, до яких належать концентровані та розподілені системи обробки даних. До систем першого класу можна віднести монопольні архітектури, архітектури з розподіленим часом, архітектури з мультипрограмною та мультипроцесорною обробкою даних. Другий клас представлений значним числом однорівневих архітектур сучасних комп'ютерних мереж, в тому числі: магістральні, зіркові, кільцеві, систолічні [1], [2]. До класу багаторівневих розподілених архітектур інформаційних систем слід віднести ієрархічні, багаторівнево-магістральні та зірково-магістральні архітектури [3].

Окремим класом архітектур представлені безпроводні радіотехнічні інформаційні системи та комп'ютерні мережі наступного типу:

- безретрансляторні;
- з пасивними ретрансляторами;
- з активними ретрансляторами, в тому числі сотові мережі.

Комп'ютерні системи з оптичними каналами зв'язку охоплюються архітектурами на основі:

- дуплексних оптичних ретрансляторів;
- оптичних активних ретрансляторів;
- оптичних сканерів;
- волоконно-оптичних ліній зв'язку.

Значною оригінальністю архітектур характеризуються спеціалізовані комп'ютерні системи (СКС), які часто можуть базуватися на об'єднанні окремих елементів різних типових архітектур [4-6]. До такого класу інформаційних систем, наприклад, належать:

- системи обліку витрат енергоносіїв з глибоким розпаралелюванням потоків даних;
- комп'ютерні розподілені системи екологічного моніторингу;
- спеціалізовані охоронні системи;
- проблемно-орієнтовані корпоративні системи промислових та адміністративних організацій.

Така велика кількість архітектур інформаційних систем значною мірою ускладнює вирішення задач оптимізації проектних рішень при побудові інформаційних систем, що потребує розробки відповідних моделей архітектур, які б дозволили шляхом формалізації структурних елементів різних мереж з єдиних позицій провести дослідження та порівняння їх системних характеристик. Одним з перспективних підходів до вирішення такої задачі є використання теорії та технології побудови одновимірних та багатовимірних матричних моделей руху даних [3], що визначає актуальність таких досліджень.

На рис. 1 подана класифікація архітектур комп'ютерних систем з фізичними лініями зв'язку.

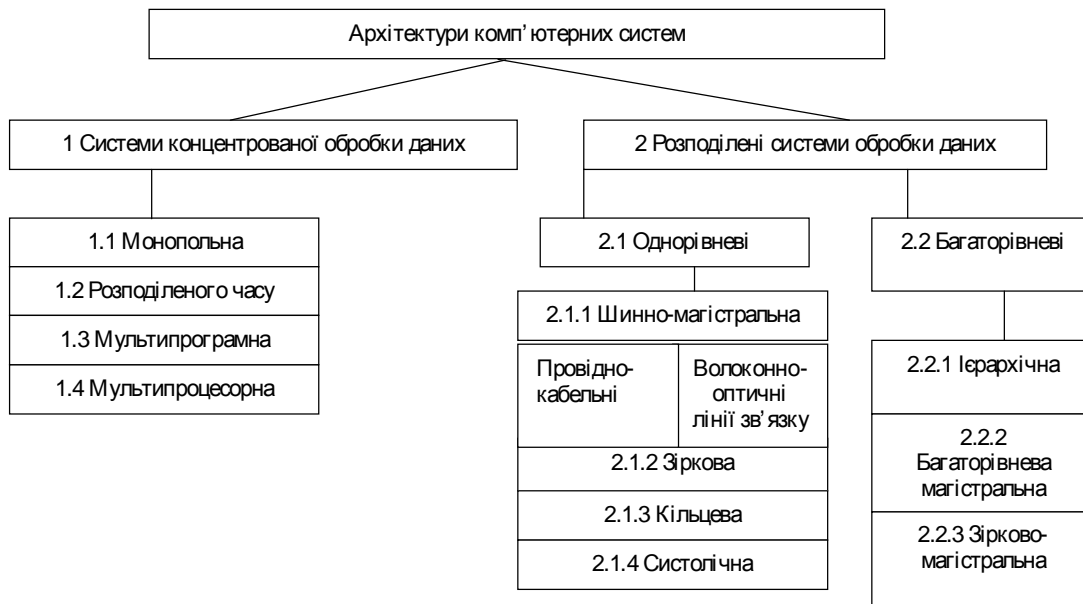


Рисунок 1 – Класифікація архітектур КС з фізичними лініями зв'язку

На рис. 2 подана класифікація архітектур КС з безпроводними лініями зв'язку.

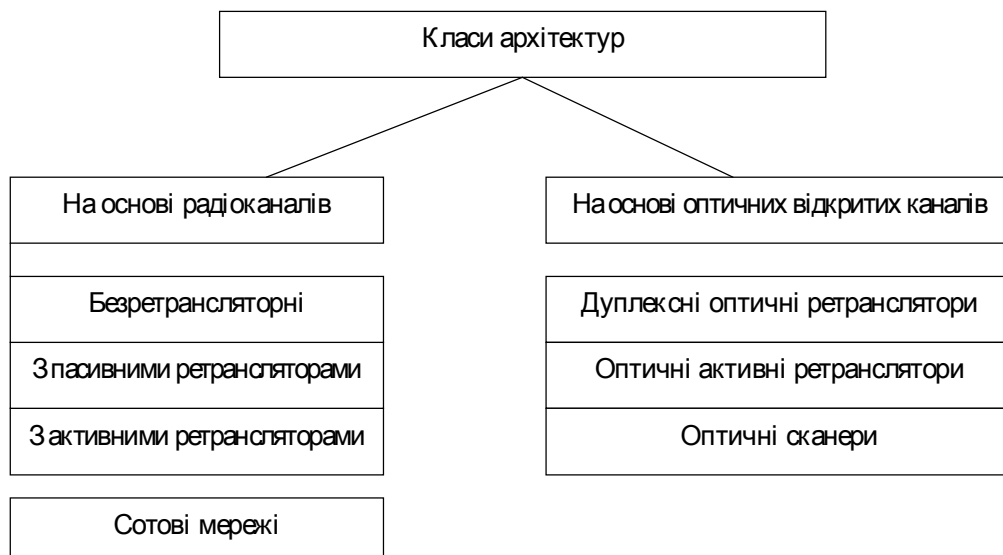


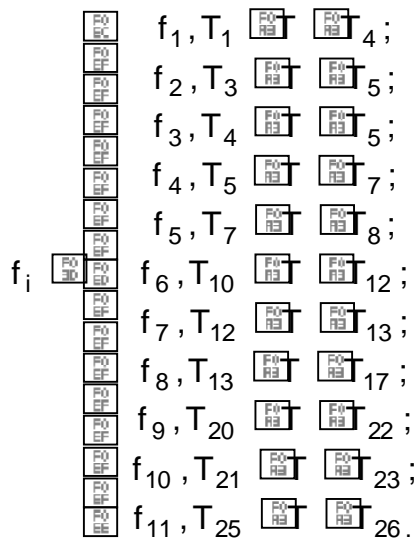
Рисунок 2 – Класифікація архітектур КС з безпроводними радіоканалами

Подані класифікації архітектур КС дозволяють виконати формалізований вибір відповідного класу архітектури КС залежно від їх проблемної орієнтації та необхідних системних характеристик.

Суть побудови даної моделі методично виконується формалізацією процедур побудови оптимального несутереного змістовного графа розгалуженого алгоритму у наступному порядку:

- формалізація умови задачі;
- побудова суміщеного часового графа;
- побудова логічного розгалуженого графа;
- покриття логічного графа блок-схемою;
- нумерація операторів блок-схеми.

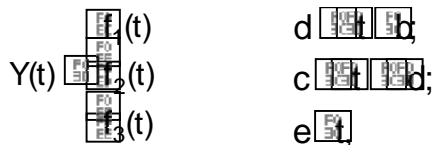
Формалізація моделі «блок-схема алгоритму»:



Формалізація умови задачі полягає у відповідності до нумерації системних функцій $f_i(r)$, які в реальній процедурі описуються системою аналітичних виразів, які виконуються при заданих часових організаціях.

Наприклад, для умови задачі $f_1(r)$ – багатоканальне аналого-цифрове перетворення технологічних параметрів; $f_2(t_2)$ – ковзне усереднення формуючих відліків процесів; $f_3(t_3)$ – обчислення матриці коефіцієнтів кореляції; $f_4(t_4)$ – індикація параметрів.

Формалізація умови задачі побудови моделі «блок-схеми алгоритму»:



де a, b, c, d, e – часові обмеження.

Нехай $a = 1$, $b = 2$, $c = 4$, $d = 6$, $e = 5$. Тоді суміщений часовий граф (СЧГ) має вигляд, наведений на рис. 3–4, де стрілки вказують, що відповідні системні процедури виконуються до настання часу $t \leq b$ або пізніше часу $t \leq e$.

Змінюючи значення часових обмежень a, b, c, d, e і здійснюючи розпаралелювання операцій виконання системних процедур $f_i(t)$, одержимо відповідно різні реалізації суміщеного графа (рис. 3).

Для визначення формалізованої методики побудови розгалуженого логічного графа (РЛГ) сформулюємо ряд стверджень:

1. Системними атрибутами логічного графа є 5 вершин: початок, ввід-вивід, оператор системної функції, умова і кінець.
2. Основним атрибутом розгалуженого логічного графа є умова, причому:
 - 2.1) якщо умова виконується, ЛГ розширюється вправо, в протилежному випадку – вниз;
 - 2.2) якщо умова не виконується, то вимагається її уточнення, граф розширюється зліва вниз;
3. Вид суміщеного часового графа одночасно визначає структуру логічного графа, причому:
 - 3.1) якщо системні функції на СЧГ не перетинаються і не накладаються, то ЛГ розширюється вправо і вниз, а для виводу використовується одна загальна вершина;
 - 3.2) в протилежному випадку ЛГ розширюється тільки вниз, а для виводу використовується автономна вершина після кожного оператора системної функції.

Приклади побудови розгалужених ЛГ для суміщених часових моделей ілюструє рис. 3.

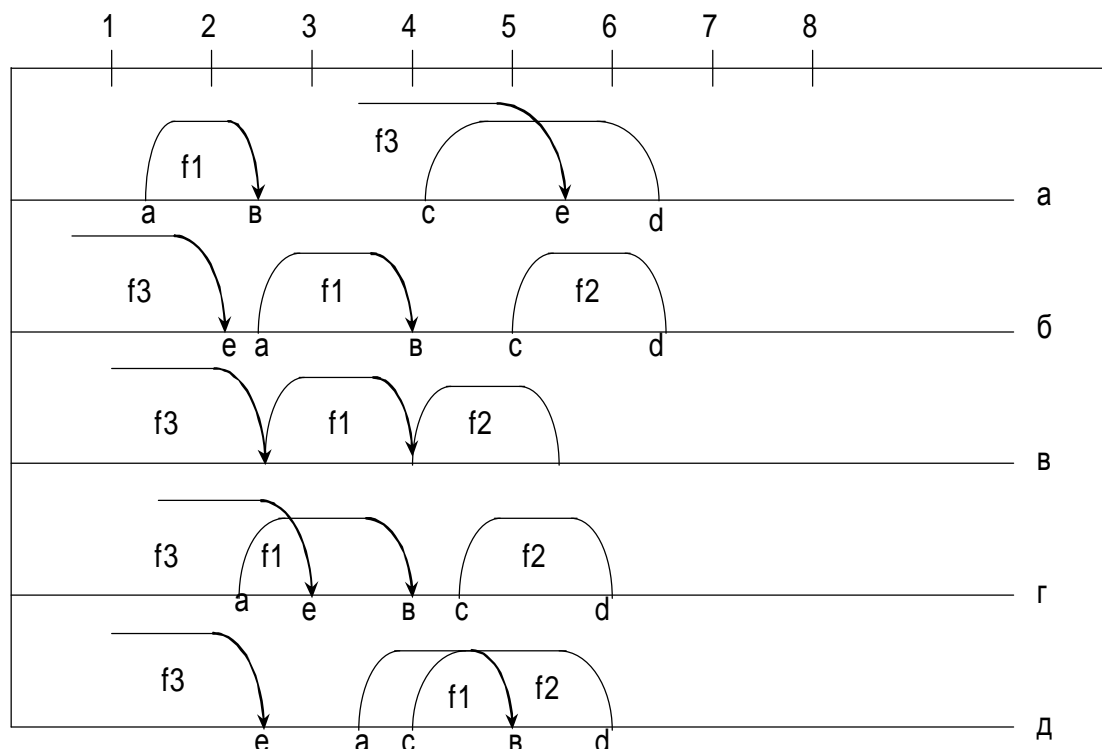


Рисунок 3 – Приклади суміщених часових графів

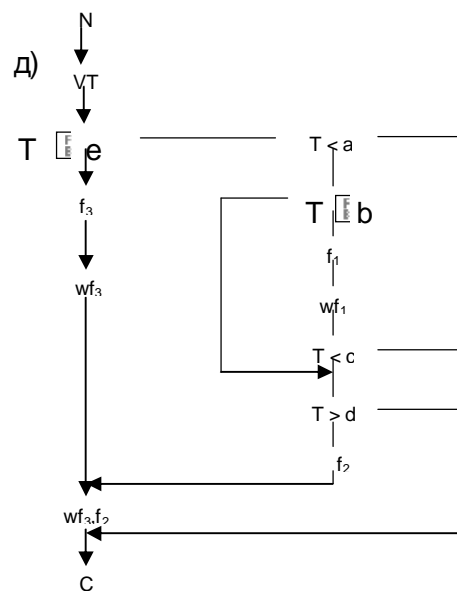
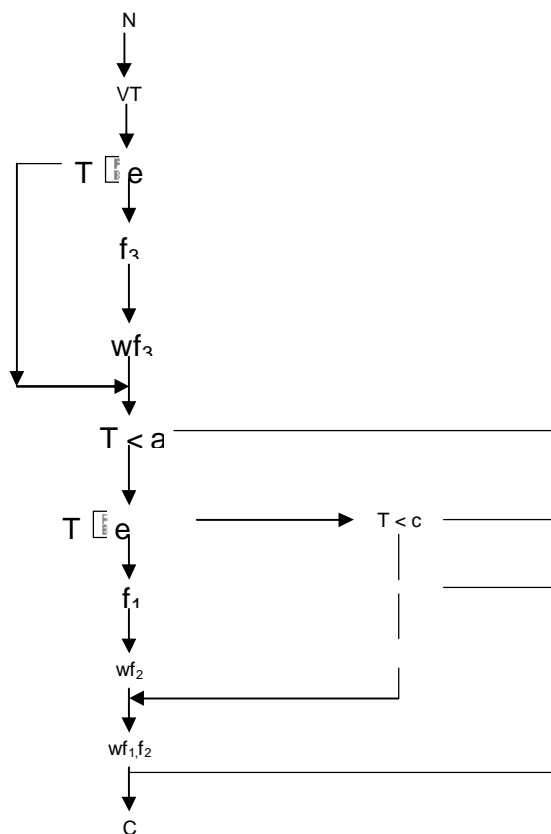
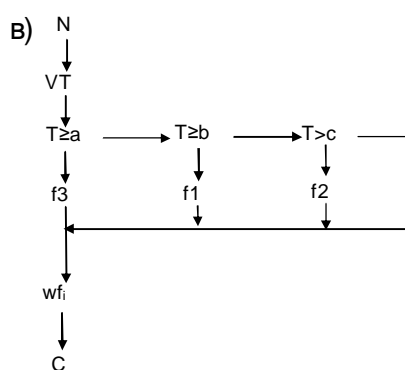
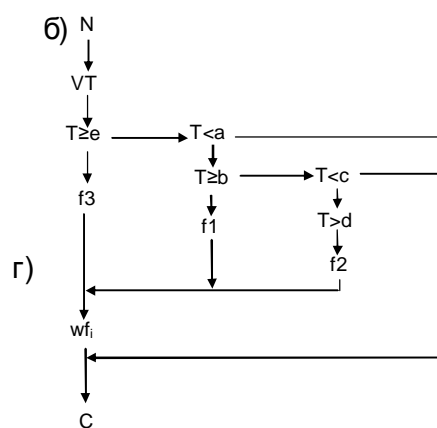
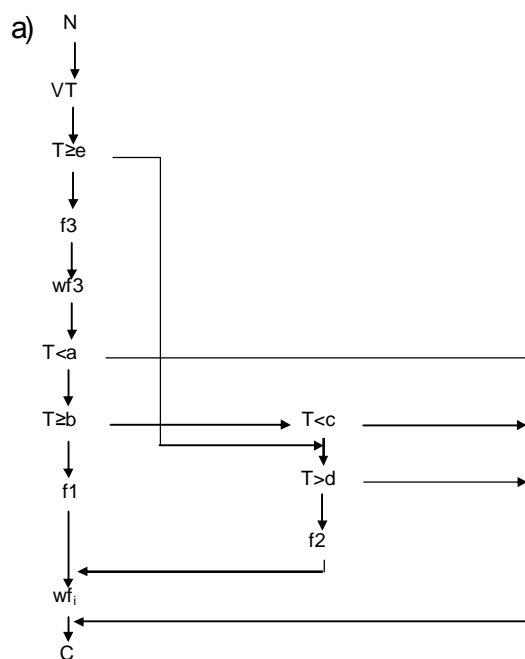


Рисунок 4 – Приклади побудови розгалужених логічних графів

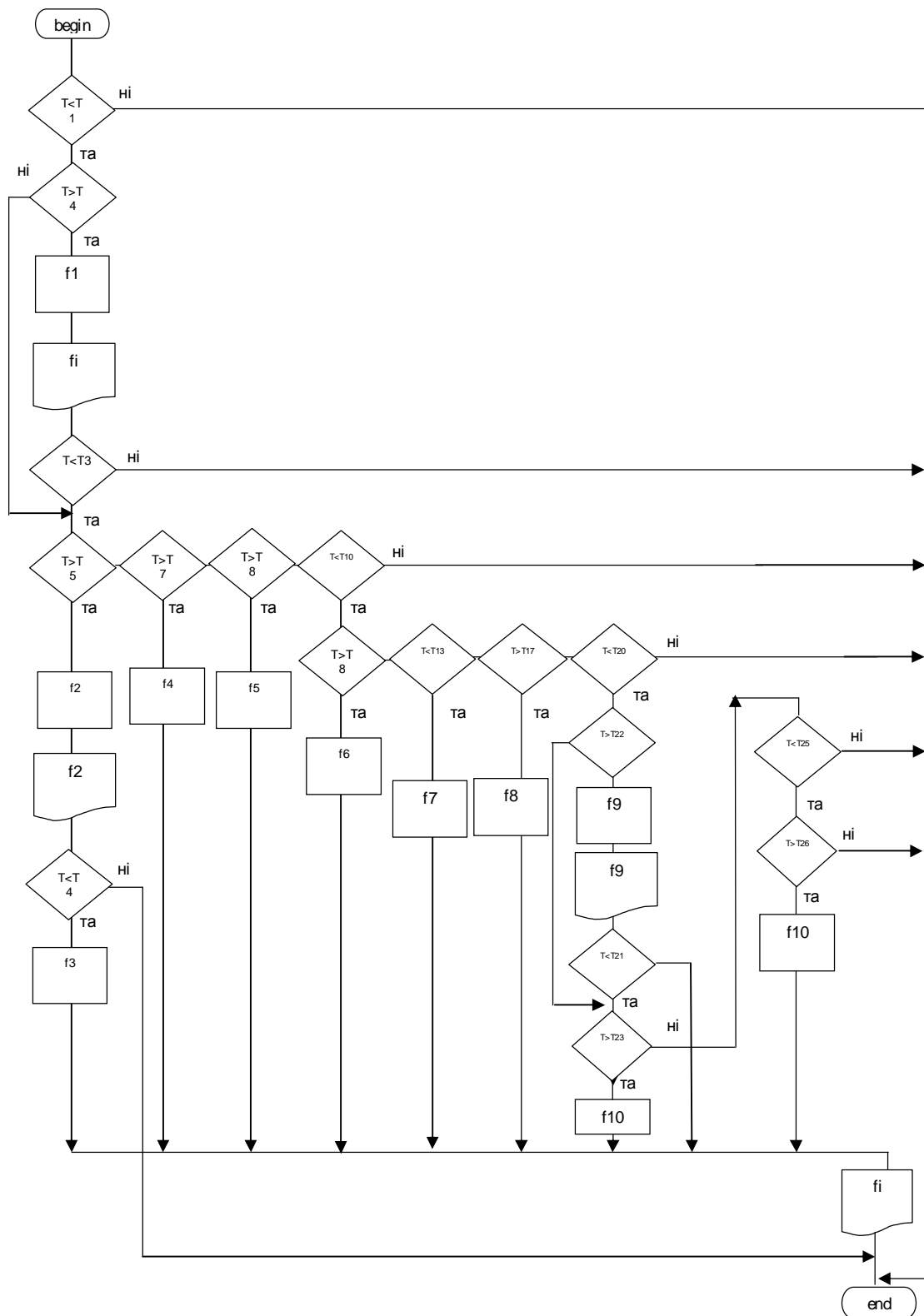


Рисунок 5 – Блок-схема алгоритму оброблення даних

Викладена методологія побудови граф-схем та алгоритму діагностування руху даних в КС реалізована у вигляді САПР у середовищі Delphi.

Література

1. Цикритзис Д., Лоховски Ф. Модели данных. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 343 с.
2. Столлингс В. Современные компьютерные сети. – СПб: Питер, 2003. – 783 с.
3. Хаусли Т. Системы передачи и телеобработки данных: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1994. – 456 с.
4. Гриценко В.И., Урсатьев А.А. Распределенные информационные системы. Состояния. Перспективы развития // Управляющие системы и машины. – 2003. – № 4. – С. 11-21.
5. Гриценко В.И., Котиков Е.А., Урсатьев А.А. и др. Модель распределенной информационной системы широкого применения // УСиМ. – 1999. – № 5. – С. 32-42.
6. Pitukh I., Nykolaychuk Y., Vozna N. Principles of computer networks construction with deep paralleling of information flows on the basis of matrix models of data movement // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції TCSET' 2004. – Львів; Славське. – С. 417-419.

И.Р. Пит ух

Матричные модели архитектур распределенных компьютерных систем и методология построения алгоритма диагностирования движения данных по центральному серверу

В статье изложена методология построения матричных моделей движения данных архитектур компьютерных систем. Предложенные принципы построения компьютерных сетей с глубоким распараллеливанием информационных потоков на основе двумерных и трёхмерных матричных моделей движения данных решают актуальную научно-техническую задачу методологии расчета эффективности движения данных в таких системах.

I.R. Pitukh

The Matrix Models of the Distributed Computer Systems Architecture and Methodology of Algorithm Construction of Data Motion Diagnosis by the Central Server

In the article the methodology of construction of matrix models of motion of the architecture of computer systems is given. The offered principles of construction of computer networks with deep paralleling of information streams on the basis of two-dimensional and three-dimensional matrix models of data motion solve an actual scientific and technical problem of methodology of calculation of efficiency of data motion in such systems.

Стаття надійшла до редакції 10.07.2008.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

© Березький О., Батько Ю., Мельник Г., 2009

Наведено структуру комп'ютерної системи аналізу біомедичних зображень. Описано основні програмні модулі та алгоритми роботи системи. Наведено результати експериментальних досліджень цитологічних зображень багатошарового плоского незроговілого епітелію при різних видах дисплазії.

The structure of the computer system of analysis biomedical images is describe in the article. The basic programmatic modules and algorithms of work system are described. The results of experimental researches of cytology images of multi-layered flat nonkeratinous epithelium are resulted at the different types of dysplasia.

Вступ

Перша комп'ютерна система аналізу зображень була створена у 1968 році компанією Baush & Lomb. Через недосконалість тогочасної комп'ютерної техніки система давала змогу захоплювати тільки чорно-білі зображення без їх збереження та оброблення. У 1974 році новий етап у технології зробила західнонімецька фірма Leitz, що представила систему, засновану на принципах аналізу "текстури і математичної морфології". Вперше були запропоновані такі широковідомі морфологічні операції, як ерозія, дилатація, скелетизація. Першу систему аналізу із програмним забезпеченням презентували окремо західнонімецька фірма Kronton та англійська Cambridge Instruments в 1981 році. Одним з типів систем аналізу зображень є системи автоматизованої мікроскопії (САМ).

САМ — це автоматизоване комп'ютерне робоче місце, що дає можливість фахівцеві виконувати завдання, які вимагають великих затрат сил і часу.

Основним завданням розроблення програмного забезпечення для медицини є автоматизація діяльності лікувально-профілактичних установ. Програмне забезпечення САМ використовується в таких наукових біологічних і медичних дослідженнях [1, 2]: ентомологія, гістологія, цитологія, мікробіологія, ембріологія, мікологія, паразитологія, флюоресцентна мікроскопія.

Велика частина фірм-розробників САМ, що працюють зараз на українському, російському і закордонних ринках, фірм-виробників систем аналізу зображень виникла в 80–90-ті роки ХХ ст. Фірми, які є постачальниками САМ та компонентів їхніх зображень, можна умовно поділити на дві категорії:

– розробники, що пропонують САМ, які складаються з мікроскопа, системи введення, комп'ютера і програмного забезпечення. До них належать фірми: ВидеоТесТ, Leica (системи аналізу для багатьох галузей медицини і біології, генетики та ін.), ЗАО Медицинские Компьютерные Системы (МЕКОС), Microsystems (універсальні і спеціалізовані системи для різних застосувань), Applied Imaging (системи для цитогенетики: автоматичне каріотипування, люмінесцентні методи аналізу), Dako, Biomedical Photometrics Inc (цитологія, гістологія), BioGenex, Bioview (цитологія, цитогенетика, гематологія, патологія), CellaVision (гематологія);

– фірми, що продають окремі компоненти, системи введення, програмне забезпечення, або варіант коробкового програмного забезпечення. Таких фірм є дуже багато: Clemex (Канада), Soft Imaging System (Німеччина), Noesis (Франція), Universal Imaging Corporation (США), SIAMS (Росія) і т.д.

САМ складається із системи введення зображень з об'єктивом для макрознімання або із встановленою на мікроскопі для фотографування мікроскопічних об'єктів відеокамерою, комп'ютера і програмного забезпечення. Об'єктами дослідження у таких системах є статичні зображення мікроскопічних об'єктів: мінеральних зерен, пор, мікродефектів, включень, клітинних структур, мікроорганізмів [3].

Розвиток електроніки, відео- й комп'ютерної техніки в останні десятиліття дав змогу автоматизувати мікроскопію переважно у напрямі поліпшення програмного забезпечення.

Програмне забезпечення САМ передбачає такі етапи оброблення зображень [1]:

- отримання (введення) зображення;
- його перетворення і редагування;
- виділення об'єктів або фаз на зображенні;
- проведення вимірювань;
- збереження і друк зображень й результатів аналізу.

Програмні системи морфометричного аналізу (програмні складові САМ) можна поділити на три групи: навчальні, спеціалізовані та універсальні [4]. Навчальні системи дають змогу здійснювати дослідження в ручному режимі та нескладні розрахунки (ScreenMeter). Основні функції ScreenMeter – цитокаріометричні, лінійні й кутові виміри в ручному режимі, перерахунок отриманих даних у фізичні одиниці довжини, розрахунок найпоширеніших статистичних характеристик, експорт отриманих даних у формат електронних таблиць MS Excel. Спеціалізовані системи містять набір алгоритмів та функцій, які адаптовані під певні класи зображень (AnalySIS Five). Універсальні системи призначені для обробки та аналізу зображень довільної природи (QCapture PRO 6.0).

Проте, незважаючи на наявний ринок апаратних і програмних складових САМ, тип, структура й функції конкретної системи диктуються кінцевим завданням, класом об'єктів дослідження, функціями системи і фінансовими можливостями користувача. Тому, враховуючи ці критерії, можна синтезувати апаратну частину САМ. Наступним важливим завданням є розроблення програмного забезпечення, яке забезпечує розв'язання поставлених задач.

Постановка задачі

Метою статті є розроблення комп'ютерної системи аналізу гістологічних та цитологічних зображень на основі запропонованих методів і алгоритмів аналізу біомедичних зображень.

Структура та алгоритми роботи комп'ютерної системи

У межах держбюджетної теми "Інформаційно-аналітична система для дослідження та діагностування пухлинних (ракових) клітин людини на основі аналізу їх зображень" розроблено апаратне і програмне забезпечення, яке було використане для дослідження морфометричних показників багатошарового плоского незроговілого епітелію.

У попередній роботі проаналізовано структури апаратної і програмної частин САМ та запропоновано використовувати І-АБО дерево з метою генерації множини альтернативних розв'язків для задач структурного синтезу на етапі системного проектування систем морфометричного аналізу гістологічних та цитологічних зображень клітин. Для проведення морфометричних досліджень та аналізу біомедичних зображень на основі запропонованої структури САМ [5–7] було розроблено програмну систему МорфоСист за модульною архітектурою.

Структура програмної системи забезпечує автоматизацію процесу морфометричного аналізу. Для отримання вхідних зображень було реалізовано модуль введення інформації, що дає змогу опрацьовувати як раніше одержані, так і зроблені в реальному часі зображення. В модуль попередньої обробки включено та реалізовано алгоритми покращання якості зображень, підкреслення характерних ознак об'єктів і вибору областей досліджень. Для виділення об'єктів на зображенні передбачений модуль сегментації. В системі реалізовано три алгоритми виділення зображення: попиксельний (ручний), блоковий та на основі ключових точок (автоматизований). Для отримання характеристичних ознак об'єктів використано контурний та текстурний аналізи. За допомогою алгоритмів контурного аналізу обчислюють такі характеристичні ознаки: периметр, протяжність, кут нахилу об'єкта тощо. Для статистичного аналізу даних реалізовано модуль статистичної обробки, що забезпечує обчислення додаткових ознак: максимального, мінімального і середнього значень вибірки. Важливим етапом роботи системи є виведення отриманих даних як в електронному, так і в друкованому вигляді. Для зручності їх аналізу в системі реалізовано модуль формування звітів – набір алгоритмів формування, редагування та подання даних.



Рис. 1. Структурна схема програмної системи

Для універсальності програмного забезпечення система розроблялась мовою програмування Delphi та орієнтована на Windows-базовані робочі станції, які є поширеними нині. З використанням технології TWAIN можна організовувати взаємодію з більшістю сучасних апаратних засобів, що зробило систему апаратно незалежною. Важливою перевагою розробленої системи є можливість обробки зображень великої розмірності. Розглянемо послідовно алгоритми роботи програмної системи.

Введення інформації

Вхідні зображення можна отримати із жорстких носіїв даних або із відеореєструючої апаратури. Вхідні зображення з жорстких носіїв завантажують за допомогою API функцій, що реалізують стандартний інтерфейс вибору файла.

Система дає змогу отримувати зображення об'єктів з відеореєструючої апаратури в реальному часі. Для реалізації взаємодії програмної системи із зовнішніми пристроями використовується технологія TWAIN. Перелік доступних апаратних засобів формується автоматично з початку роботи програми. У ньому відображаються всі апаратні засоби, які приєднані до робочої станції та знаходяться в активному режимі. У робочому вікні системи відображається відеоінформація, що передана від відеореєструючої апаратури в реальному часі. Перенесення зображення в робочу область програми відбувається шляхом подвійного натиснення маніпулятора типу „миша”. Після цього програма призупиняє відображення відеопотоку, робить копію відповідного вікна та передає отримане зображення у основний модуль програми.

Налаштування та калібрування

Параметри роботи системи залежать від положення набору перемикачів та вибраних пунктів меню для налаштування та калібрування програми, які знаходяться у відповідному вікні.

У програмній системі реалізовані такі налаштування: розміткової сітки, параметрів роботи із зовнішніми апаратними засобами й параметрів формування звітів.

Налаштування розміткової сітки – здійснює встановлення кроку сітки по осі абсцис та ординат, розмір та колір маркера. Також виводиться розмір мінімального прямокутника, що утворює сітка. Площа прямокутника перераховується в реальних розмірах.

Метричні відношення – проводиться калібровка програмної системи відносно типу відеореєструючої апаратури. Відношення може встановлюватись як в ручному, так і в автоматизованому

режимах. Під час ручного режиму оператор сам встановлює відношення на основі попередніх вимірювань або апріорної інформації, а в автоматизованому режимі оператор за допомогою калібровочної сітки декілька раз позначає вибраний відрізок (один сантиметр, міліметр, мікрометр, нанометр тощо). Програма на основі отриманої інформації розраховує „ціну” одного пікселя.

ТВ-тюнер – встановлює параметри взаємодії між відеореєструючою апаратурою та програмою (обираються порти під'єднання, розмір відеокadrів, режим передачі відеоінформації і т.д.).

Діаграми Excel – встановлюються параметри передачі інформації від системи до табличного редактора Excel і вибирається статистична інформація для візуалізації: типи та формат діаграм, додаткові параметри (кількість записів, аркушів, формат шрифтів тощо).

Попередня обробка зображення

Для усунення дефектів, покращання якості і додаткової обробки в програмі передбачені функції попередньої обробки зображення. Серед доступних функцій:

- виділення частини зображення;
- масштабування зображення;
- конвертація з одного кольорового базису в інший;
- корекція яскравості зображення;
- корекція гами кольорів.

Виділення об'єктів

Залежно від поставлених задач та необхідної точності виділення об'єктів користувач має можливість вибору одного із трьох варіантів. Для вибору потрібного варіанта необхідно активувати відповідний пункт меню:

- попиксельне виділення об'єктів;
- блочне виділення об'єктів;
- виділення об'єктів на основі характеристичних точок.

Ці алгоритми можна порівняти за такими критеріями: точність, швидкість виділення та рівень автоматизації процесу. Під точністю будемо розуміти відношення коректно виділених точок (які належать об'єкту та кількість ігнорованих точок, що не належать об'єкту) до хибно розмічених точок (точок, які були виділені, але не належать об'єкту та проігноровані точки, що належать об'єкту). Під швидкістю виділення будемо розуміти час, необхідний для виділення об'єктів в полі уваги. Під рівнем автоматизації – кількість операцій, необхідних для виділення всіх (необхідної кількості) об'єктів в полі уваги, які має виконати оператор.

Під час попиксельної обробки точність виділення є максимальною, адже оператор повинен виділити усі точки, що належать об'єкту, проте автоматизація процесу відсутня. Відсутність автоматизації процесу виділення приводить до низької швидкодії роботи програми.

Під час виконання блочної обробки точність виділення є достатньою, оскільки оператор виділяє контури окремих сегментів, які формують об'єкти, або виділяє контур цілого об'єкта. Результат такого виділення інколи потребує часткової корекції (некоректне виділення областей, які знаходяться всередині виділеного контуру, але не належать об'єкту, хибне виділення точок, що належать об'єкту тощо). Рівень автоматизації і швидкість високі.

Під час виконання обробки на основі характеристичних точок точність виділення є достатньою, оскільки оператор виділяє точки, які визначають зміни контуру об'єкта. Результат такого виділення інколи потребує часткової корекції (некоректне виділення областей, які знаходяться всередині виділеного контуру, але не належать об'єкту, хибне виділення характеристичних точок що належать об'єкту і т.д.). Рівень автоматизації найвищий серед запропонованих підходів, а швидкість висока. Результати проведених порівнянь наведені в табл. 1.

Виділення характеристичних точок та апроксимація контурів.

Для обчислення контурних ознак в системі передбачено додаткову обробку отриманих даних. До функцій, які забезпечують додатковий аналіз, належать:

- функція проходження контуром;
- функція виділення великої осі;

- функція виділення характеристичних точок;
- функція апроксимації контуру.

Таблиця 1

Порівняння алгоритмів виділення об'єктів

| № з/п | Алгоритм | Точність | Швидкість виділення | Рівень автоматизації |
|-------|--|----------|---------------------|----------------------|
| 1. | Попіксельне виділення | найвища | низька | відсутній |
| 2. | Блочне виділення | висока | висока | високий |
| 3. | Виділення на основі характеристичних точок | висока | найвища | найвищий |

Опис алгоритмів, які забезпечують ці функції, наведені в роботах [7, 8]. Активація даних функцій відбувається шляхом вибору відповідних пунктів меню.

Статистична обробка

Окрім візуальної інформації, програма ще виводить і результати своєї роботи у табличному форматі [4,10, 11]:

Під час статистичного аналізу система розраховує такі морфометричні показники:

площа ядра $S_{\text{я}}$;

площа цитоплазми $S_{\text{ц}}$;

площа клітини $S_{\text{к}}$;

коефіцієнт ядерно-цитоплазматичне відношення (ЯЦВ) $k_{\text{яцв}} = \frac{S_{\text{я}}}{S_{\text{ц}}}$;

середнє вибіркове;

мінімальне значення вибірки;

максимальне значення вибірки.

У програмі також передбачено обчислення додаткових інформаційних характеристик, зокрема:

- вимірювання відстані між двома точками;
- відношення між довжинами двох відрізків;
- кут між двома непаралельними відрізками.

Взаємодія з іншими програмними засобами

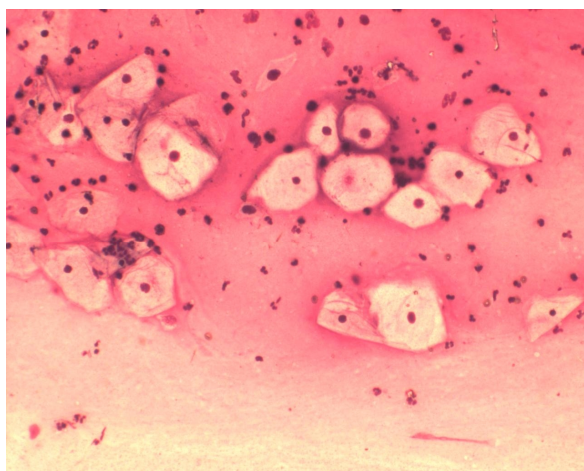
Для збільшення функціональних можливостей у програмній системі передбачено функції взаємодії з іншими зовнішніми програмними засобами, зокрема з табличним редактором MS Excel. Передача інформації відбувається за допомогою API функцій, що реалізують інтерфейс взаємодії між програмним засобом та табличним редактором. Використання MS Excel дало змогу зменшити навантаження на систему та істотно збільшити можливості статистичної обробки, реалізувати виведення отриманих даних у діаграмному форматі. Активація передачі даних здійснюється за рахунок вибору відповідного пункту меню на сторінці виведення статистичної інформації.

Взаємодія з іншими програмними засобами

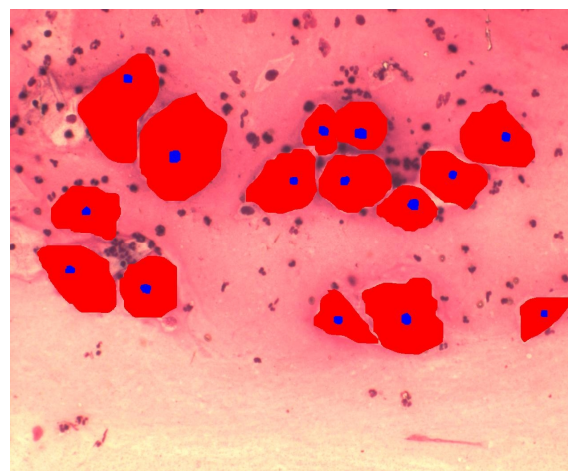
Для збільшення функціональних можливостей розробленої системи в ній було передбачено функції взаємодії з іншими зовнішніми програмними засобами, зокрема, із широковідомим табличним редактором MS Excel. Передача інформації відбувається за допомогою API функцій, що реалізують інтерфейс взаємодії між програмним засобом та табличним редактором. Використання MS Excel дало змогу зменшити навантаження на систему та істотно збільшити можливості статистичної обробки, реалізувати виведення отриманих даних у діаграмному форматі. Активація передачі даних здійснюється внаслідок вибору відповідного пункту меню на сторінці виводу статистичної інформації.

Результати експериментальних досліджень

Розроблена комп'ютерна система використана для аналізу та дослідження цитологічних зображень багат шарового плоского незроговілого епітелію за різних видів дисплазії епітелію шийки матки у жінок репродуктивного віку. Зокрема, проводилось виділення об'єктів на зображенні, проходження контуром, визначення метричних характеристик (периметр, площа, велика та мала осі, компактність, характеристичні точки, ядерно-цитоплазматичне відношення тощо). На рис. 2, а наведено вхідне цитологічне зображення, а на рис. 2, б – оброблене зображення.



а



б

Рис. 2. Приклад роботи програми: вхідне зображення (а), виділені об'єкти (б)

У табл. 2 наведені морфометричні характеристики об'єктів, а на рис. 3 – діаграма розподілу ядерно-цитоплазматичних відношень.

Таблиця 2

Морфометричні характеристики виділених об'єктів

| Номер Клітини | Площа ядра, пікселів | Площа клітини, пікселів | Площа цитоплазми, пікселів | $k_{\text{яцв}}$ |
|--------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|
| 1 | 568 | 10362 | 9794 | 0,057995 |
| 2 | 512 | 9565 | 9053 | 0,056556 |
| 3 | 408 | 6632 | 6224 | 0,065553 |
| 4 | 285 | 16269 | 15984 | 0,01783 |
| 5 | 349 | 16176 | 15827 | 0,022051 |
| 6 | 362 | 17338 | 16976 | 0,021324 |
| 7 | 294 | 13222 | 12928 | 0,022741 |
| 8 | 611 | 33998 | 33387 | 0,018301 |
| 9 | 347 | 26259 | 25912 | 0,013391 |
| 10 | 410 | 14578 | 14168 | 0,028938 |
| 11 | 313 | 18759 | 18446 | 0,016968 |
| 12 | 297 | 13895 | 13598 | 0,021841 |
| 13 | 472 | 22748 | 22276 | 0,021189 |
| 14 | 215 | 7405 | 7190 | 0,029903 |
| 15 | 322 | 9257 | 8935 | 0,036038 |
| Середнє вибіркове значення | 384,33 | 15764 | 15380 | 0,030041 |
| Мінімальне значення | 215 | 6632 | 6224 | 0,013391 |
| Максимальне значення | 611 | 33998 | 33387 | 0,065553 |
| Середньоквадратичне відхилення | 29,012 | 1924,6 | 1914,3 | 0,0042853 |

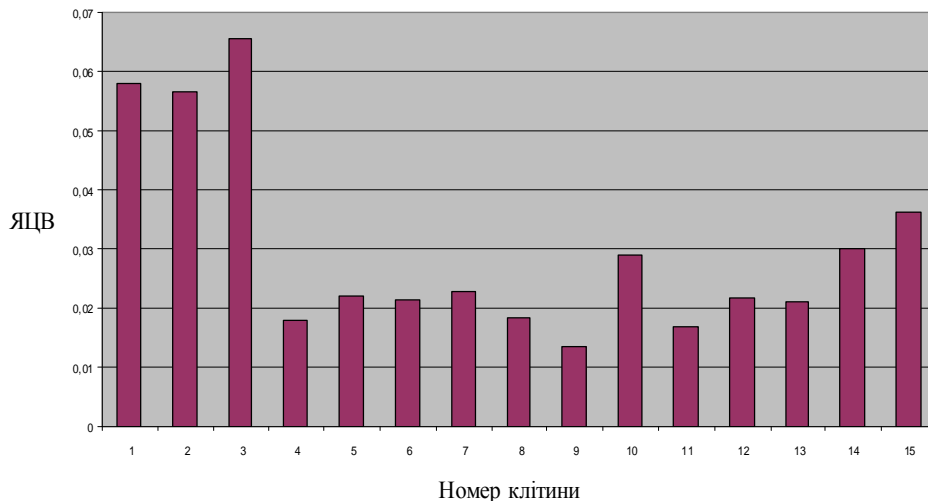


Рис. 3. Діаграма розподілу ядерно-цитоплазматичних відношень

Висновки

На основі запропонованих методів та алгоритмів розроблена комп'ютерна система аналізу біомедичних зображень, що дало змогу покращити якість та збільшити швидкість аналізу гістологічних та цитологічних зображень. Крім цього, автоматизацією морфометричного аналізу підвищено продуктивність та збільшено об'єктивність постановки діагнозу.

1. Пантєлев В., Егорова О., Клыкова Е. Компьютерная микроскопия. – М.: Техносфера, 2005. – 300 с. 2. Егорова. О.В. С микроскопом на "ты". Шаг в XXI век. Световые микроскопы для биологии и медицины. – М.: Издательство "Репродентрум", 2006. – 416 с.: ил. 3. Qiang Wu, Fatima Merchant, K. C. Microscope Image Processing / K. C. Qiang Wu, Fatima Merchant- San Diego, California, USA.: Academic Press, 2008. – 576 p. 4. Nedzved A, Belotserkovsky A, Ablameyko S Computer systems of histology image analysis in Belarus / Roczniki Akademii Medycznej w Białymstoku – Т. 50, 2005. 5. Березький О.Б., Мельник Г.М., Батко Ю.М. Інформаційно-аналітична система дослідження та діагностування пухлинних клітин на основі аналізу їх зображень // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – №4. – С. 33–42. 6. Березький О.М. Контуриний аналіз зображень у локальних координатах // Збірник наукових праць ІІМЕ НАН України. – К.: 2008. – Вип. 2. – С.21–27. 7. Berezsky O. M, Berezska K.M., Melnyk G.M, Batko Y.M Design of computer systems for biomedical image analysis // Proceedings of the Xth International Conference "The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics" CADSM 2009, 24–28 February 2009, Lviv-Polyana, Ukraine. – Lviv: Publishing House Vezha&Co, 2009 – P. 186–192. 8. Berezsky O., Melnyk G., Batko Yu. Biomedical Image Search and Retrieval Algorithms // Computing. – 2008 – Vol 7, Issue 1 – P. 108–113. 9. Березький О., Батко Ю. Аналіз алгоритмів виділення контурів // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Комп'ютерні науки та інформаційні технології". – 2006. – № 565. – С. 212–216. 10. Батко Ю.М. Аналіз сучасних підходів визначення інформаційних ознак // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – №2. – Т. 1. – С. 128–133. 11. Березький О.М., Березька К.М. Аналіз контурів зображень у глобальних координатах // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – № 2(12). – С.83–92.

**ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ
І КОМПЛЕКСИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ****УДК 62-503.55; 004.35.****О.Є. ІЛАРІОНОВ**

ВНЗ "Університет економіки та права "КРОК"

М.М. ІВАНЧУК

ІПІ «АРТОН»

ЛАБОРАТОРНИЙ УЧБОВИЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВІ СТЕНДУ AVRК-02

Розроблено учбовий лабораторний комплекс, що включає в себе методичні вказівки, лабораторний стенд AVRК-02 на основі мікроконтролера ATmega16A та віртуальну модель в середовищі Proteus, що дозволяє проводити графічне моделювання роботи лабораторного стенду. Лабораторний стенд включає всі основні блоки типового радіоелектронного пристрою на основі МК – пристрої вводу/виводу (клавіатуру, РКІ, пристрій виводу звуку, годинник реального часу, інтерфейси зв'язку з ЕОМ (міст UART-USB) і SD-картою пам'яті (SPI МК), АЦП, таймери, (використовуються вбудовані в МК модулі). Комплекс може бути використаний для навчання основам проектування мікропроцесорних систем на основі мікроконтролерів а також використовуватись, як лабораторний контролер для автоматизації експерименту.

Ключові слова: мікроконтролер, учбовий лабораторний комплекс, лабораторний стенд, Tmega16A, AVR.

OLEG ILARIONOV

"KROK" University

MICHAEL IVANCHUK

PC "ARTON"

LABORATORY EDUCATIONAL COMPLEX BASED ON DEVELOPMENT KIT AVRК-02

Education complex is developed which includes manuals, development kit AVRК-02 based on ATmega16A microcontroller and Proteus virtual model, which allows graphical simulation of the laboratory model. Laboratory model includes all the basic blocks of a typical electronic device based MC - device input/output (keyboard, LCD, sound output device, RTC, communication interface with a computer (UART-USB bridge interface) and SD- card (build-in microcontroller SPI interface), ADC, timers (using built in MC modules). Education complex can be used for learning the basics of designing microprocessor systems based on microcontrollers and used as a controller for automation laboratory experiment.

Keywords: microcontroller, educational laboratory complex, development kit, ATmega, AVR.

ВСТУП

В сучасній техніці надзвичайно широкого використання набули мікропроцесорні засоби. Особливо поширений принцип використання мікроконтролерів в ролі основного інтелектуального керуючого пристрою радіоелектронного приладу. Тому підготовка висококваліфікованих фахівців є однією з найважливіших задач в сучасних умовах стрімкого розвитку науки і техніки. Одним із важливих засобів глибокого засвоєння навчального матеріалу, а також придбання практичних навичок програмування є комплексне виконання студентами практичних завдань моделювання, а також та практичної апробації проєктованих схем з використанням учбових апаратно-технічних засобів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

За зазначених умов навчальними закладами робляться спроби розробки навчального обладнання з подальшим їх дрібносерійним випуском самостійно або в співпраці з підприємствами малого бізнесу. Прикладами таких рішень можуть бути лабораторний комплекс «ІЕ-NX-DSPIC30F» [1] призначений для вивчення принципів роботи dsPIC-мікроконтролерів. Недоліком даного пристрою є його складність при використанні для початкової підготовки спеціалістів.

Апаратно-програмний комплекс для вивчення 8-, 16- та 32-розрядних мікроконтролерів [2] що представляє собою конструктор з набору функціональних модулів – розробка фірми Mikroelektronika, яка добре відома серед розробників програмного коду для вбудованих систем своїми компіляторами та середовищами розробки. Одним із недоліків якраз і є орієнтованість апаратних засобів на використання в комплексі з досить дорогими програмними продуктами Mikroelektronika.

Програмно-апаратний комплекс "EV8031/AVR", що призначений для застосування в навчальних цілях з курсів програмування (мова Асемблер, Сі), а також як засіб розробки програмного забезпечення для контролерів на базі однокристальної ЕОМ серії MSC-51 [3]. Фірма «Open System» при створенні своїх навчальних стендів здебільшого керуються вимогами вітчизняної вищої школи, що знайшло відображення у навчальних програмах багатьох спеціалізованих навчальних закладів. Стенд в цілому непоганий, але також можна виділити декілька недоліків. Насамперед – його надлишковість і складність, це пояснюється тим, що розроблений стенд на основі промислового контролера і з використанням застарілого на даний час контролера AT89S52 (можливе використання ATMEGA8515), з використанням загальної паралельної шини для зв'язку з масивом пам'яті, організації доступу до периферійних пристроїв. Можливо, для середнього рівня підготовки така організація і виправдана, але для початкового – вносить додаткові складнощі.

Лабораторний стенд на базі AVR-мікроконтролерів, призначений для вивчення основ мікропроцесорної техніки від учбово-наукового центру "Паллада"[4]. Цей стенд має широкі функціональні можливості: дискретні входи-виходи, аналогові входи, вхід лічильника імпульсів, широтно-імпульсна модуляція, цифро-аналоговий перетворювач, світлодіодна індикація. Таке рішення теж досить оптимальне з точки зору наочності і дешевизни виконання, але має ряд складностей при використанні в якості завершеного пристрою – відсутні дружелюбні інтерфейси користувача, складно реалізується ввід-вивід з периферійними пристроями. Хоча вірогідно, такі завдання надлишкові для учбового обладнання. До стенду додається компакт-диск із відповідним програмним та методичним забезпеченням.

Також заслуговує уваги «Учебно-лабораторный стенд для практического изучения микроконтроллеров» [5], розроблений у Тольятінському державному університеті. Стенд містить обчислювальний блок, інтерфейсний блок вводу/виводу, а також елементи скидання, генератор прямокутних імпульсів, RC-ланку в якості часозадаючого елемента, джерело регульованої напруги, програматор, кнопки наборного поля та блок світлодіодів. Авторами навіть запропонована корисна модель на учбово-лабораторний стенд що призначений для практичного вивчення мікроконтролерів. Судячи з аналізу опису, та доданих до опису корисної моделі структурних та функціональних схем – підходи до їх реалізації дещо застарілі, і не надто придатний для навчальних цілей.

Розглянуті приклади зазначених приладів досить цікаві, але реалізація залишає бажати кращого як в плані зручності використання (через великі габарити), так і в плані ціни - всі вони достатньо дорогі. Метою статті є розроблення лабораторного учбового комплексу робіт який дозволить студентам набути навички розроблення та створення як апаратної, так і програмної частини мікропроцесорної системи.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

В основі розробки лабораторного учбового комплексу лежить низка методичних принципів:

- індивідуалізація виконання лабораторних робіт, що сприяє розвитку в студентів навичок самостійної роботи;
- фронтальний метод, за яким студенти виконують одну роботу, пов'язану з тематикою курсу і розглянутою на лекціях;
- введення в лабораторні роботи дослідницьких елементів, що детально описані у методичних рекомендаціях;
- використання схемотехнічного моделювання під час виконання лабораторних робіт.

Лабораторний учбовий комплекс складається з таких частин:

1. Лабораторний стенд AVRLK-02 на основі мікроконтролера ATmega16A.
2. Методичні вказівки виконання лабораторних робіт;
3. Віртуальної моделі для схемотехнічного моделювання в середовищі Proteus;

Стенд лабораторний «AVRLK V2» призначений для вивчення основ мікропроцесорної техніки. Структурна схема лабораторного стенду представлена на рис. 1.

Центральним вузлом лабораторного стенду є мікроконтролер ATmega16A. Вибір даного мікроконтролера пояснюється тим, що існує велика кількість літератури, прикладів, засобів розробки для даного сімейства мікроконтролерів. Згодом, коли фахівець набуде достатнього багажу знань у програмуванні вбудованих систем йому буде достатньо фірмового опису мікроконтролера. Тому на етапі освоєння програмування мікроконтролера – необхідно мати найбільш доступні засоби програмування/відладки та готових прикладів пристроїв на основі мікроконтролера, що вивчається. Цим вимогам повністю задовольняє сімейство МК ATmega фірми Atmel. Вибраний нами для навчання мікроконтролер ATmega16 [6] має збалансовану систему команд, 8-розрядне RISC ядро, вбудований 8-канальний 10-розрядний АЦП, 4 таймери лічильники, з яких 2 можуть бути генераторами ШІМ, підтримку стандартних послідовних інтерфейсів – USART та SPI, внутрішній тактовий генератор, що дозволяє обходитись без зовнішніх тактуючих пристроїв, контролер зберігає працездатність в широкому діапазоні живлячих напруг – від 2,7 до 5,5 В, це дає можливість використовувати його як разом із застарілими мікросхемами з живленням 5 В, так і з новими, з напругою живлення 3,3 В. Пам'ять програм, об'ємом в 16 К слів дає можливість зберігати досить великі програми керування, а вбудований 1Кбайт EEPROM – дозволяє зберігати дані, які не губляться при виключеному живленні. Окрім того, МК ATmega16 має розвинуту систему переривань, опціональне апаратне «підтягування» ліній цифрових входів до потенціалу живлення, та багато інших рішень, що дозволяють мінімізувати зовнішні апаратні засоби і підвищити ефективність взаємодії з ними.

Матрична телефонна клавіатура служить основним пристроєм вводу даних в діалозі «користувач-стенд». Також використовується для вводу цифрових та символьних даних, за методикою прийнятою у телефонії. Клавіатура розмірністю 3x4 з телефонним розміщенням клавіш вибрана тому, що є досить поширеною в пристроях, які часто зустрічаються в повсякденному житті – кодових замках, панелях керування побутовими пристроями, телефонах. Крім того, вона при мінімальних розмірах і кількості клавіш є повнофункціональним пристроєм введення, за допомогою якого вводять навіть невеликі тексти (тому приклад – введення повідомлень СМС).

Знакосимвольний індикатор служить для відображення найважливіших на поточний момент часу

даних, а також як пристрій виведення інформації при використанні діалогових меню. Для зручності використано дисплей на контролері Hitachi HD44780 [7]. Розмірність дисплея – 16 символів у 2х рядках. Це формат, який найчастіше зустрічається на практиці завдяки оптимальному співвідношенню ціни і густини інформаційного відображення.

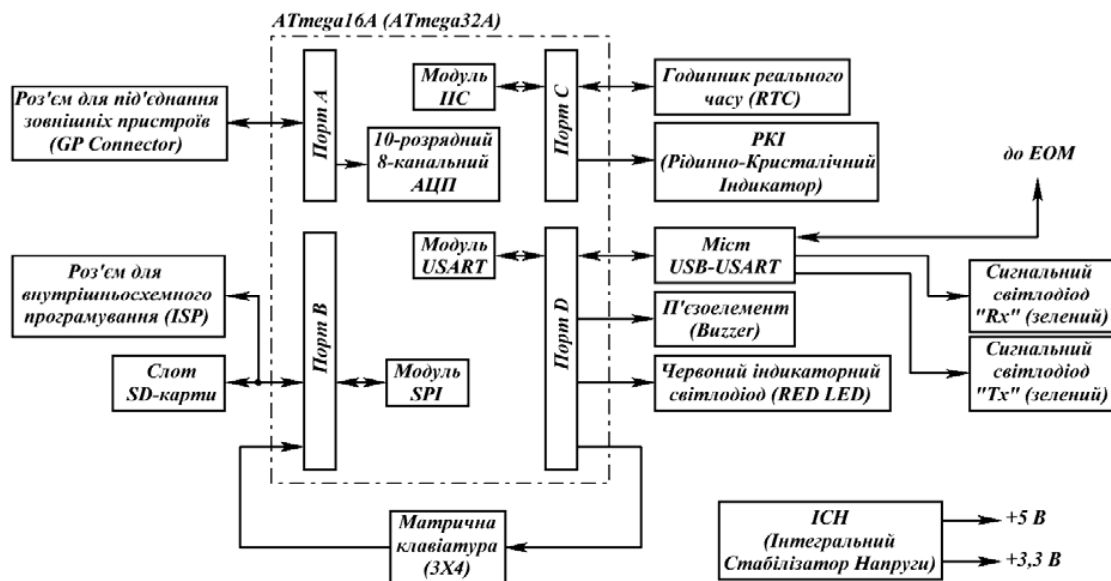


Рис. 1. Структурна схема лабораторного стенду

Лабораторний стенд обладнаний картотримачем для карт пам'яті типу SD [8] та годинником реального часу – це дозволяє використовувати стенд для оцифрування та запам'ятовування даних в реальному часі, освоювати створення файлових систем типу FAT, FAT16, [9] та ін., а також створювати придатні для практичного застосування пристрої з функціями накопичення даних та обміном з EOM.

Універсальний розширювач представляє собою роз'єм, через який мікроконтролер може обмінюватись даними із зовнішнім світом. Враховуючи, що внутрішній 10-розрядний АЦП МК мультиплексований із даним портом – отримуємо можливість оцифрування рівнів напруги на 8 входах універсального розширювача.

Різні стандартні протоколи (I²C, SPI, UART) можна реалізувати програмно з використанням будь-яких виводів порта «А» – всі вони двонаправлені, а швидкодія ядра вистачає для реалізації нескладних (але достатніх в більшості випадків для практичного використання) функцій послідовного вводу-виводу.

Живлення стенду забезпечується з допомогою зовнішнього блока напругою 6..15 вольт (в автономному режимі можна використати акумулятор чи гальванічну батарею), або безпосередньо через шину USB [10].

Лабораторно-учбовий стенд виконаний у вигляді приставки що під'єднується до комп'ютера з допомогою кабелю USB. Живлення приладу забезпечується зовнішнім блоком або безпосередньо через кабель USB комп'ютера. Стенд може бути використаний як самостійно, так і при під'єднанні до комп'ютера. При використанні приладу без комп'ютера для зміни програми МК необхідно мати будь який засіб для програмування МК AVR (рекомендується використовувати засоби фірми Atmel – STK500, STK600, AVR Dragon, та ін.). Зовнішній вигляд лабораторного стенду представлений на рис.2.

Додатково стенд може бути використаний у якості універсального контролера, який може забезпечувати функції вимірювання, контролю, збереження та передачі даних з використанням підключення до комп'ютера за допомогою інтерфейсу USB.

Методичні вказівки виконання лабораторних робіт містять наступні роботи:

1. Створення найпростішої програми на мові С;
2. Виведення інформації на дисплей з контролером Hitachi H44570;
3. Застосування матричної клавіатури 3x4;
4. Виведення звукових повідомлень;
5. Робота з годинником реального часу (RTC) DS1307;
6. Використання зовнішньої пам'яті (SD card) ;
7. Передача даних на EOM по протоколу USART;
8. Комплексна лабораторна робота.

Використання віртуальної моделі лабораторного стенду дозволяє проводити відладку роботи програми МК у режимі реального часу. Це дає можливість складати свої моделі перед тим, як починати реалізовувати, чим забезпечується суттєва економія часу, коштів і сил. Віртуальна модель розроблена так,

щоб наглядно представляти тільки всі необхідні для програмування вузли і пристрої, водночас не переобтяжуючи наглядність і не вносячи надлишковості, це дає можливість студенту сконцентруватись на основному і не допускати лишніх помилок. В моделі не внесено електричні кола, що забезпечують функціональність стенду, але не несуть змістового навантаження з точки зору алгоритмічного функціонування електронної схеми – кола живлення, обмежуючі резистори, та інше.

Студент має можливість перевірити роботу SD-карти, форматування FAT, зв'язок з EOM по протоколу USART, функціонування інтегрального годинника реального часу DS1307, рідкокристалічного дисплея, пристрою виводу звуку – віртуально, без використання лабораторного стенду – це дозволяє виконувати домашні завдання за межами навчального закладу, а також надає спрощену можливість студентам обмінюватись своїми напрацюваннями через мережу Internet при колективному вирішенні задач.

Для роботи з віртуальними моделями можна використовувати демонстраційну версію програми «Proteus». Демонстраційна версія дозволяє проводити моделювання пристроїв в повному об'ємі. Схема віртуальної моделі лабораторно-учбового стенду представлена на рис. 3.



Рис.2. Зовнішній вигляд лабораторного стенду.

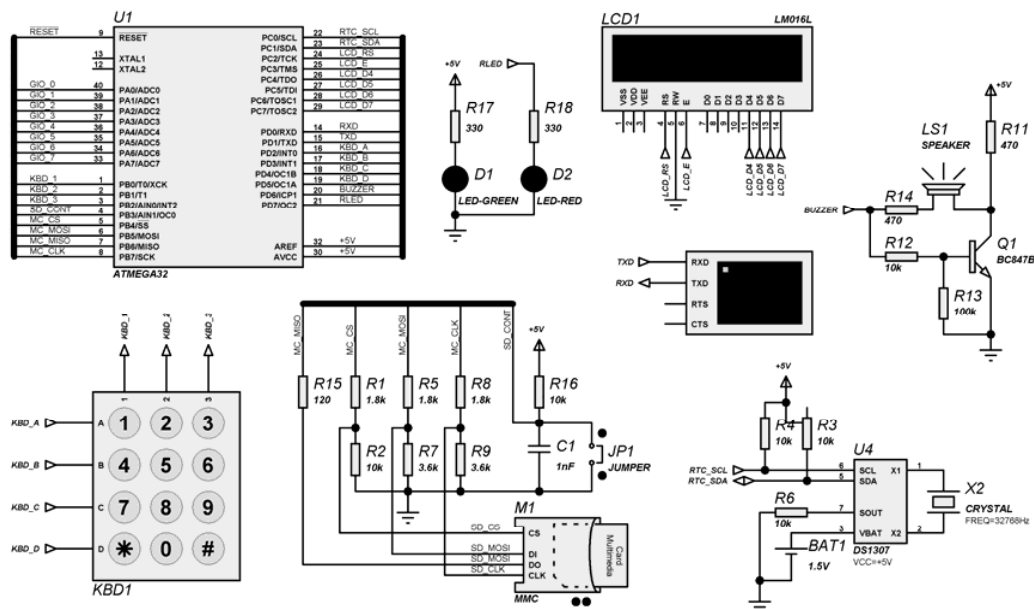


Рис.3. Віртуальна модель лабораторно-учбового стенду в середовищі моделювання Proteus

Передбачений також роз'єм для під'єднання зовнішніх пристроїв. Інтерфейс розширення призначений для підключення розроблених зовнішніх пристроїв. Апаратно інтерфейс представляє собою продовження порту «А» мікроконтролера (рис. 2), який дозволяє використовувати кожен окрему лінію як приймач/передавач цифрового рівня або як вхід АЦП. Це дає користувачеві можливості реалізовувати будь-які способи вводу-виводу на свій смак.

Також на роз'єм інтерфейсу виведено живлення +3,3В та +5В для живлення малопотужних схем. Можливе споживання струму до 100 мА. Можна значно розширити кількість лабораторних робіт при використанні модулів розширення – термометр, компас, модуль GSM/GPRS, GPS – модуль, та інші (можливе замовлення унікальних модулів розширення для потреб користувача – замовлення можна зробити на сайті авторів issi.org.ua). Основні технічні характеристики стенду зведені в таблицю 1.

Технічні характеристики стенду учбово-лабораторного KROK AVR-LK V2

| № | Параметр | Значення |
|---|---|-----------|
| 1 | Напруга живлення стенду (від зовнішнього джерела), В | 6...15 |
| 2 | Струм споживання при живленні від зовнішнього джерела, мА | 100 |
| 3 | Струм споживання при живленні від USB, мА | 70 |
| 4 | Вага стенду, не більше, г | 100 |
| 5 | Температура експлуатації, С | +10...+40 |
| 6 | Відносна вологість, % | 0...90 |

Лабораторно-учбовий стенд розроблений з урахуванням специфіки учбового процесу. Основна увага приділена інтуїтивності і зрозумілості будови стенду та роботи з ним. Робота із стендом зводиться до декількох простих кроків:

1. Під'єднати стенд до комп'ютера з допомогою кабелю USB;
2. Відкрити програму – середовище для написання, компіляції та відладки програмного коду AvrStudio;
3. Виконати процеси введення лістингу програми, компіляції та відладки;
4. Використовуючи середовище Proteus – переконатись у функціональності написаної програми;
5. Завантажити програму в пам'ять мікроконтролера, використовуючи завантажувач;
6. Працювати з пристроєм згідно виконуваного алгоритму програми.

Для завантаження програми в пам'ять мікроконтролера використовується завантажувач (bootloader) chip45boot2, що розповсюджується безкоштовно [11]. Завантажувач дозволяє вибрати швидкість передачі, з його допомогою можна завантажувати область як Flash пам'яті програм, так і EEPROM пам'яті даних. Завантажувач використано не тільки з метою здешевлення комплексу в цілому, за рахунок відсутності додаткових засобів відладки, але й з метою освоєння цього засобу практично – значна кількість пристроїв на основі МК, у яких передбачений обмін даними з ЕОМ використовують цей інструмент для оновлення програмної пам'яті мікроконтролера користувачем у процесі експлуатації.

ВИСНОВКИ

Розроблений комплекс лабораторних робіт може бути використаний для вивчення основ цифрової техніки, програмування вбудованих систем, а також як лабораторний блок керування, який може наприклад виконувати функції системи збору та накопичення даних, універсального таймера, та інші. Комплекс може бути використаний як в навчальних курсах середніх та вищих учбових закладів, так і для навчання радіолюбителів і програмістів-початківців вбудованих систем, тому що являє собою цілісну практичну систему навчання, забезпечену як методичними розробками, так і самодостатніми апаратними засобами.

Література

1. Панисько А. Лабораторные комплексы для разработчиков и учебных заведений / Новости электроники №14, 2007 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.terraelectronica.ru/files/mail/s071126.pdf>
2. Бродин В. Перевозчиков П. Аппаратно-программный комплекс на базе универсального лабораторного стенда для изучения 8-, 16- и 32-разрядных микроконтроллеров / Компоненты и технологии № 8, 2008 [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2008_08_154.pdf
3. Программно-апаратний комплекс "EV8031/AVR" / Офіційний сайт ПМП «Open System» [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://opensys.com.ua/Stend/Ev8031>
4. Лабораторні стенди для вивчення мікропроцесорної техніки на базі AVR-мікроконтролерів фірми ATMEL // Офіційний сайт компанії ТОВ «Учбово-науковий центр «Паллада» [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://pallada.vinnitsa.com/products/prod05.html>
5. Сесин А.А., Ройтбург Ю.С., Прентсель А.А. Полезная модель № 126865 «Учебно-лабораторный стенд для практического изучения микроконтроллеров» // [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://poleznayamodel.ru/model/12/126865.html>
6. ATmega16A 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash DATASHEET [Electronic resource] – Access mode: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8154-8-bit-AVR-ATmega16A_Datasheet.pdf
7. Алфавитно-цифровые индицирующие ЖК-модули на основе контроллера HD44780 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.gaw.ru/html/cgi/txt/lcd/chips/hd44780/start.htm>
8. SD Standard Overview [Electronic resource] – Access mode: <https://www.sdcard.org/developers/overview/>
9. FAT File System [Electronic resource] – Access mode: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc938438.aspx>
10. USB 2.0 Specification [Electronic resource] – Access mode: http://www.usb.org/developers/docs/usb20_docs/

11. AVR ATmega Xmega Bootloader - chip45boot2 [Electronic resource] – Access mode: http://www.chip45.com/avr_bootloader_atmega_xmega_chip45boot2.php

References

1. Panis'ko A. Laboratorniye komplekxy dlya razrabotchikov i uchebnykh zavedeniy / Novosti elektroniki №14, 2007 [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://www.terraelectronica.ru/files/mail/s071126.pdf>
2. Brodin V. Perevozchikov P. Apparato-programmnyy kompleks na baze universal'nogo laboratornogo stenda dlya izucheniya 8-, 16- i 32-razryadnykh mikrokontrollerov / Komponenty i tekhnologii № 8, 2008 [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2008_08_154.pdf
3. Programno-aparatniy kompleks "EV8031/AVR" / Ofitsiyniy sayt PMP «Open System» [Yelektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://opensys.com.ua/Stend/Ev8031>
4. Laboratorni stendi dlya vivchennya mikroprotsesoroi tekhniki na bazi AVR-mikrokontroleriv firmi ATMEL // Ofitsiyniy sayt kompanii TOV «Uchbovo-naukoviy tsentr «Pallada» [Yelektronnyy resurs] - Rezhim dostupa: <http://pallada.vinnitsa.com/products/prod05.html>
5. Sesin A.A., Roytburg YU.S., Prentsel' A.A. Poleznaya model' № 126865 «Uchebno-laboratornyy stand dlya prakticheskogo izucheniya mikrokontrollerov» // [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://poleznayamodel.ru/model/12/126865.html>
6. ATmega16A 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash DATASHEET [Electronic resource] – Access mode: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8154-8-bit-AVR-ATmega16A_Datasheet.pdf
7. Alfavitno-tsifrovyye inditsiruyushchiye ZHK-moduli na osnove kontrollera HD44780 [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://www.gav.ru/html.cgi/txt/lcd/chips/hd44780/start.htm>
8. SD Standard Overview [Electronic resource] – Access mode: <https://www.sdcard.org/developers/overview/>
9. FAT File System [Electronic resource] – Access mode: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc938438.aspx>
10. USB 2.0 Specification [Electronic resource] – Access mode: http://www.usb.org/developers/docs/usb20_docs/
11. AVR ATmega Xmega Bootloader - chip45boot2 [Electronic resource] – Access mode: http://www.chip45.com/avr_bootloader_atmega_xmega_chip45boot2.php

Рецензія/Peer review : 16.1.2015 р.

Надрукована/Printed :24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією

УДК 004.7

С.М. БАБЧУК

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВИБІР СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ У ВИБУХОБЕЗПЕЧНИХ ЗОНАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Визначено, що ефективним напрямком модернізації існуючих автоматизованих систем управління технологічними процесами, які розміщені у вибухобезпечних зонах, є впровадження спеціалізованих комп'ютерних мереж. В результаті проведеного аналізу існуючих спеціалізованих комп'ютерних мереж встановлено мережі, які мають найкращі характеристики з певного напрямку та вказано основні їх особливості.

В результаті проведеної роботи створена методична база для вибору спеціалізованої комп'ютерної мережі для модернізації існуючих АСУ ТП у вибухобезпечній зоні.

Отримані під час дослідження результати створюють умови для правильного вибору необхідної спеціалізованої комп'ютерної мережі спеціалістами служб КВП і А та керівництвом підприємств, що сприятиме прийняттю ефективних рішень щодо подальшої модернізації АСУ ТП підприємства.

Ключові слова: спеціалізовані комп'ютерні мережі, промислові мережі, HART-протокол, Interbus, CAN, WorldFIP, EtherNet/IP, автоматизовані системи управління технологічними процесами, АСУ ТП.

S. BABCHUK

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

SELECTION OF SPECIALIZED COMPUTER NETWORK SYSTEMS FOR AUTOMATION IN EXPLOSION- PROOF ZONE OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Determined that the effective direction of upgrading existing automated process control systems, placed in explosion-proof zone is the introduction of specialized computer networks. The analysis of existing specialized networks established networks that have the best performance from a certain direction and indicated their main features.

As a result of the work created by methodical selection for specialized computer network to upgrade existing APCs in explosion-proof zone.

Obtained from the survey results create the conditions necessary for the correct choice of specialized computer network specialists and automated services and management companies, which will facilitate effective solutions to further modernization APCs company.

Keywords: specialized computer networks, industrial networks, HART-protocol, Interbus, CAN, WorldFIP, EtherNet / IP, automated process control systems.

Постановка проблеми

Промисловість є одним із найважливіших структурних елементів національної економіки і має одне з ключових значень у забезпеченні економічної та політичної безпеки країни, її економічної незалежності, підвищенні добробуту населення. Вона є провідною галуззю економіки України, оскільки забезпечує всі галузі економіки знаряддями праці, сировиною і матеріалами. Від того, як працює промисловість, багато в