



ДИСТРИБУТИВНА СЕНСОРНА МЕРЕЖА ДЛЯ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ

Павло Биковий

Науково-дослідний інститут інтелектуальних комп'ютерних систем
Тернопільський національний економічний університет
pb@tneu.edu.ua

Резюме: розроблено дешевий мережевий контролер для сповіщувачів систем безпеки. Особливістю даного контролера є підтримка функціонування в двопровідній мережі топології "спільна шина", що значно зменшує кількість ліній передачі даних від сповіщувачів.

Ключові слова: система безпеки, мережевий контролер, двопровідна мережа.

1. ВСТУП

На сьогодні системам безпеки і захисту від несанкціонованого доступу приділяється значна увага [1]. Крім стрімкого росту кількості таких систем, їх функціональні можливості суттєво розширюються [2], що забезпечує комплексний захист від усіх видів загроз на всіх можливих шляхах їх виникнення. Очевидно, що при цьому системи безпеки можуть значно ускладнюватись та зростати в ціні, тому створюються системи їх автоматизованого проектування [3, 4] з подальшим виявленням оптимальних по ціні, якості і надійності.

Однією з основних умов масового використання систем безпеки і захисту від несанкціонованого доступу є їх максимальна уніфікація і стандартизація. Основна обробка сигналу, щодо виявлення загрози, зазвичай проводиться в сповіщувачі (сенсорному вузлі) [5]. Такий сповіщувач є досить складним пристроєм, в структурі якого можна виділити чотири функціональні вузли [5, 6]: (i) один або декілька чутливих елементів (сенсорів), які сприймають інформацію про загрозу і перетворюють її в електричний сигнал (як правило, за назвою цих чутливих елементів називають сповіщувач); (ii) схему аналогової обробки вихідного електричного сигналу чутливого елемента, яка виконує функції підсилення, фільтрування, селекції та процесор, що приймає рішення по виявленню наявності загрози; (iii) уніфіковану вихідну схему сповіщувача, що формує вихідні сигнали сповіщувача та представляє собою нормально замкнуті або розімкнуті контакти, які змінюють стан при виявленні загрози; (iv) схему захисту від

несанкціонованого доступу в сповіщувачі і порушення його функціонування.

Сповіщувачі з допомогою ліній зв'язку підключаються до приймально-контрольного приладу (центрالی). Кожному сповіщувачу під'єднують стільки двопровідних ліній зв'язку, скільки чутливих елементів він має, а також додаткову двопровідну лінію живлення. Наприклад, пасивні інфрачервоні сповіщувачі типу SRPG-2N фірми CROW [7] мають інфрачервоний чутливий елемент, мікрофонний чутливий елемент, а також мікроперемикач захисту від відкриття корпусу сповіщувача і вимагають для підключення чотирьох двопровідних ліній зв'язку (з врахуванням додаткової допровідної лінії живлення).

Для постійного контролю стану ліній зв'язку і захисту їх від пошкодження порушником безпеки вхідні каскади приймально-контрольного приладу налаштовані на фіксоване значення опору зовнішньої лінії. Переважна більшість виробників випускає приймально-контрольні прилади налаштовані на значення опору 2 кОм.

Зрозуміло, що розглянуті комплексні системи безпеки мають мати значну кількість каналів для диференціації загроз на окремих напрямках і ділянках. Традиційно системи безпеки будуються по топології "зірка", в яких сумарна довжина ліній зв'язку відповідає сумі відстаней до всіх сповіщувачів [1, 2]. Тому затрати на кабель зв'язку становлять значний відсоток ціни системи безпеки. Особливо це проявляється в системах безпеки периметру або територій з великою кількістю приміщень. Для зменшення кількості ліній зв'язку можливе послідовне включення

вихідних схем сповіщувачів послідовно. Тоді спрацювання чутливого елемента довільного сповіщувача приведе до ідентифікації загрози приймально-контрольним приладом. Однак, розпізнати конкретний напрям і вид загрози не вдається – система стає дешевшою і менш інформативною, і тому виникає протиріччя між затратами на лінії зв'язку і інформаційною здатністю системи.

Вирішення цього протиріччя можливе за рахунок мережевих технологій з використанням провідного каналу зв'язку. Наявність на ринку великої номенклатури різноманітних мікроконтролерів дозволяє обладнати ними сповіщувач і створювати системи безпеки, які базуються на топології “спільна шина”. Тоді сумарна довжина ліній зв'язку буде визначатися відстанню між найбільш віддаленими між собою сповіщувачами та сумою довжин відгалужень до відповідних сповіщувачів. Наявність гальванічного зв'язку між приймально-контрольним приладом і сповіщувачем дозволяє організувати живлення сповіщувача через провідники мережі.

Таким чином, метою статті є розробка архітектури дистрибутивної сенсорної мережі (ДСМ) на основі сповіщувачів систем безпеки, яка описана нижче.

2. АРХІТЕКТУРА РОЗРОБЛЕНОЇ ДИСТРИБУТИВНОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

В склад даної архітектури розробленої ДСМ доцільно включити запропонований мережевий контролер та адаптер мережі [8]. Мережевий контролер повинен забезпечити наступні функції:

- проводити обробку вихідних сигналів сповіщувачів безпеки різного типу і принципу дії;
- підтримувати роботу в спеціалізованій провідній мережі сповіщувачів безпеки з топологією “спільна шина” та живитись від цієї ж мережі.

Адаптер мережі повинен забезпечити обмін даними та живлення контролерів і сповіщувачів мережі.

2.1 УЗАГАЛЬНЕНА СТРУКТУРА СТАНДАРТНОГО КОМПОНЕНТА РОЗРОБЛЕНОЇ ДИСТРИБУТИВНОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

Узагальнена структура стандартного компонента розробленої дистрибутивної сенсорної мережі на базі запропонованого

мережевого контролера (UNC), інтегрованого в склад сповіщувача (сенсорного вузла, SU) включає (рис. 1) чутливі елементи $S_1...S_n$ сповіщувача SU, з'єднані із схемою аналогової обробки та процесором (APCP) яка передає результат (виявлення/не виявлення) вихідній схемі сповіщувача (OCSU). Мікроконтролер MC опитує виходи OCSU та взаємодіє з мережею використовуючи апаратні засоби послідовного двопровідного інтерфейсу IF HW. Джерело живлення PS забезпечує живлення усіх елементів.

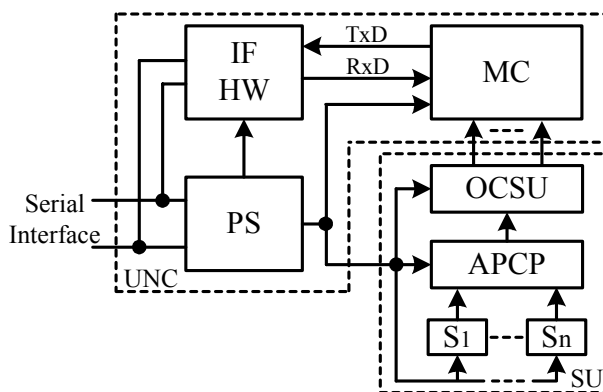


Рис. 1 – Архітектура стандартного компонента розробленої ДСМ

Одним з основних питань, які необхідно вирішити при побудові ДСМ, є питання вибору типу інтерфейсу. Слід відзначити, що основна характеристика інтерфейсу – пропускна здатність, в даному випадку не може бути критерієм відбору, оскільки потрібна для систем безпеки пропускна здатність є малою. Кількість сповіщувачів в системі безпеки зазвичай не перевищує сотні, кожен сповіщувач має не більше чотирьох чутливих елементів, а період опитування сповіщувачів - одна секунда, є цілком прийнятним. В даному випадку важливішими є вимоги топології “спільна шина”: (i) достатня потужність сигналу для живлення сповіщувачів (навантажувальна здатність); (ii) простота і низька вартість адаптації до вимог замовника.

Аналіз відомих типів послідовних інтерфейсів показав, що мінімальні затрати обладнання забезпечує інтерфейс 1-Wire фірми Dallas Semiconductors [9]. Однак цей інтерфейс призначено для комунікації на відносно малій відстані. Тому в розробленому контролері доцільно використати модифікований послідовний асинхронний інтерфейс RS-232C [10, 11]. В той же час живлення контролера доцільно організувати аналогічно до інтерфейсу 1-Wire. Таке рішення має наступні переваги: (i) широке використання інтерфейсу RS-232C у комп'ютерному обладнанні; (ii) легкість забезпечення підтримки інтерфейсу RS-232C на

програмному рівні; (iii) можливість встановлення частоти опитування сповіщувачів та швидкості обміну даними згідно потреб користувача, що дозволить використати довільні типи кабелю; (iv) велика амплітуда імпульсів (± 12 В) і можливість формування потужних вихідних імпульсів адаптера (сотні мА), що дозволить реалізувати живлення контролерів від мережі; (v) мала складність апаратного забезпечення.

В процесі функціонування мережі сервер почергово опитує мережеві контролери системи безпеки, посилаючи відповідний запит за допомогою послідовного інтерфейсу. Запит сервера через апаратні засоби провідного інтерфейсу IF HW поступає на мікроконтролер MC, який опитує виходи вихідної схеми сповіщувача на спрацювання чутливих елементів $S1...Sn$ і формує байт відповіді. Одночасно схема живлення PS формує з вхідного повідомлення (запиту сервера) живлення для MC та сповіщувача.

Всі операції, які виконує MC, не виходять за рамки традиційних завдань мікроконтролерів. Оригінальними вузлами в розробленому універсальному контролері є IF HW і PS, які повинні забезпечити функціонування контролера при живленні від мережі, а також адаптер мережі, який підключається до сервера. Розглянемо побудову цих вузлів детальніше.

2.2 СХЕМА МЕРЕЖЕВОГО КОНТРОЛЕРА

Джерело живлення (PS, див. рис. 1) у складі принципової схеми розробленого мережевого контролера (рис. 2) включає вхідну розв'язку V1, C1 і стабілізатор живлення VR з вихідним конденсатором C2. Логічні нулі, які приходять по мережі на базі модифікованого послідовного інтерфейсу RS-232C, мають амплітуду +12 В і заряджають конденсатор C1. Останній підтримує напругу на вході стабілізатора достатньою для того, щоб на його виході формувалася напруга +5 В, необхідна для живлення мікроконтролера MC і сповіщувача безпеки.

Апаратні засоби послідовного інтерфейсу IF HW включають:

- приймач на транзисторі V2 і резисторах R1, R2, який представляє собою інвертор, рівень вихідного сигналу якого узгоджений по напрузі з допустимим на вході RxD мікроконтролера MC;
- передавач на транзисторі V4, стабілітроні V3 і резисторах R3, R4, який представляє собою підсилювач-інвертор вихідних сигналів мікроконтролера MC (0 В і +5 В) до рівня, який відповідає сигналам мережі (+12 В і -12 В).

Надійне запирання транзистора V4 досягається наявністю стабілітрона V3 з напругою стабілізації, близькою до 8 В.

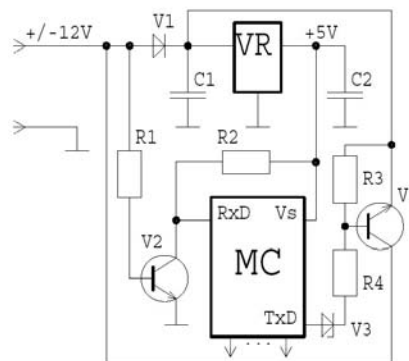


Рис. 2 – Принципова схема розробленого мережевого контролера

Важливою перевагою запропонованої схеми блоку живлення і апаратних засобів інтерфейсу є автоматичне відслідковування амплітуди імпульсів при відповіді контролера за амплітудою вхідних імпульсів, що заряджають конденсатор C1. Різниця амплітуд, яка відповідає спаду напруги на діоді V1 і транзисторі V4, не дозволяє вихідним імпульсам інтерфейсу контролера заряджати конденсатори C1 інших контролерів. В той же час, імпульси +12 В зворотання сервера підзаряджають конденсатори C1 всіх контролерів в мережі незалежно від того, до якого контролера сервер звертається з запитом. Тому в мережі відсутній перерозподіл заряду і всі контролери з точки зору живлення працюють індивідуально.

2.3 СХЕМА МЕРЕЖЕВОГО АДАПТЕРА

Важливу роль в розробленій мережі на базі модифікованого послідовного інтерфейсу RS-232C відіграє адаптер мережі, який підключається до сервера. Принципова схема розробленого мережевого адаптера (рис. 3) включає:

- блок живлення, що складається з трансформатора мережі T1, двополярного випрямляча, реалізованого на діодах V1, V2 і конденсаторах фільтрів C1, C2;
- двокаскадний підсилювач, реалізований на транзисторах V3, V5 і резисторах R1...R3. Він служить для формування потужних вихідних сигналів інтерфейсу RS-232C для заряду конденсаторів C1 мережевого контролера (див. рис. 2);
- стабілізатор струму розряду лінії (встановлення логічної 1), реалізований на польовому транзисторі V6 і резисторі R5;
- схему захисту від коротких замикань,

- реалізовану на транзисторі V4 і резисторі R4;
- схему захисту від перенапружень, реалізовану на симетричному стабілітроні V7 і резисторі R6.

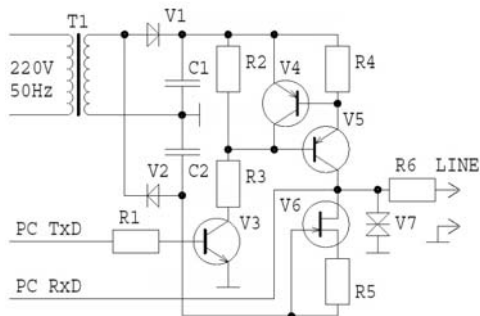


Рис. 3 – Принципова схема адаптера мережі

3. РЕАЛІЗАЦІЯ ДСМ НА БАЗІ СПОВІЩУВАЧІВ БЕЗПЕКИ

Для оптимізації використання потужності живлення в розроблених контролерах вжиті наступні заходи:

- в мережевому контролері використано мікроконтролер типу ATtiny2313 фірми Atmel [12], в якому оптимально поєднуються необхідні функціональні можливості, малий струм споживання і низька ціна;
- частота кварцового резонатора контролера вибрана пониженою – 4 МГц, що також зменшує струм споживання мікроконтролера;
- передача запитів сервера здійснюється при швидкості інтерфейсу 1200 Бод, а передача повідомлень розробленого мережевого контролера - при швидкості інтерфейсу 9600 Бод. Це дозволяє збільшити відносний час заряду конденсатора C1 блока живлення контролера (див. рис. 2);
- інтерфейс RS-232C починає повідомлення стартовим імпульсом (логічний нуль, напруга якого відповідає +12 В), далі ідуть імпульси, що відповідають молодшим розрядам байта, який передається. Тому, для покращення заряду конденсатора C1 блоку живлення (див. рис. 2), програмним шляхом перші два розряди встановлюють в нуль. Це обмежує кількість контролерів під'єднаних до одного адаптера до 64. Однак така кількість цілком прийнятна. Збільшення їх кількості не можливе через зростання енергоспоживання, що не дозволять розмістити на одній двопровідній лінії більше контролерів;
- струм розряду лінії (визначається опором резистора R5) вибраний мінімальним для даної лінії і заданої швидкодії інтерфейсу – 1,5 мА.

Стандартний компонент розробленої ДСМ

(рис.1), що включає сповіщувач безпеки SRPG-2N та мережевий контролер (рис. 4), може працювати в двопровідних мережах з топологією “спільна шина”, що забезпечує живлення сповіщувачів через мережу. Загальна кількість сповіщувачів не перевищує 64 штук, а кожен сповіщувач може мати декілька чутливих елементів.

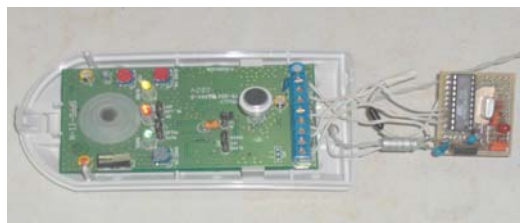


Рис. 4 – Компонент ДСМ та бази сповіщувача безпеки SRPG-2N та розробленого мережевого контролера

Структурна схема ДСМ (рис.5) включає комп'ютер (сервер мережі), що виконує функції приймально-контрольного приладу, оснащений одним (або декількома) СОМ-портами до якого підключається адаптер мережі, котрий в свою чергу з'єднаний двопровідною лінією з кожним компонентом ДСМ.

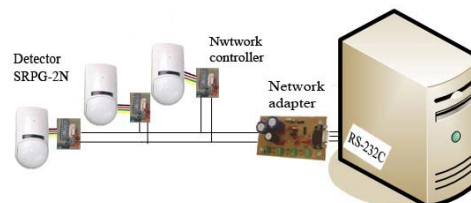


Рис. 5 – Структурна схема розробленої ДСМ

3.1 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОПОНОВАНОГО РІШЕННЯ

Оцінку ефективності пропонованого рішення ДСМ виконаємо на прикладі об'єкту (рис. 6), що налічує 18 кімнат. При цьому необхідно знайти сумарну довжину кабелю топології “зірка” і порівняти її із сумарною довжиною запропонованої топології “спільна шина”. Для визначення довжини кабелю застосовують метод сумування та статистичний метод [13]. Статистичний метод характеризується меншою точністю, але він не є трудомістким і зазвичай використовується для великих об'єктів. В нашому випадку (нескладного об'єкту) доцільно застосувати більш точний метод сумування, згідно якого сумарна довжина кожного окремого кабелю відповідно становить: 183,3 м для топології “зірка”, і 108,6 м для топології “спільна шина”.

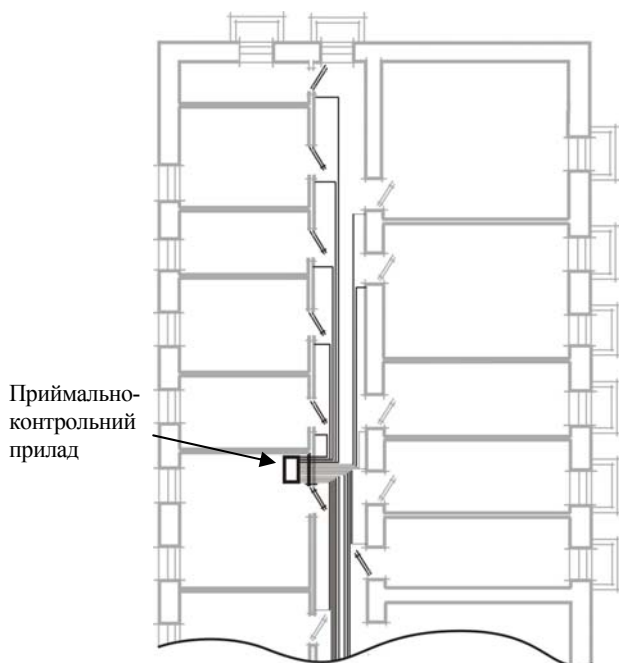


Рис. 6 – Приклад розміщення кімнат на об'єкті та кабелів по топології “зірка”.

шина”. Із проведеного розрахунку видно, що застосування мережевого контролера, який забезпечує підтримку роботи в двопровідній мережі сповіщувачів безпеки з топологією “спільна шина”, дозволяє зменшити дожину кабелю в 1,7 раза (для даного випадку). Слід зазначити, що чим більша відстань від приймально-контрольного приладу до сповіщувачів безпеки, тим доцільніше використання мережевого контролера. Крім того, застосування мережевого контролера дає можливість зменшити витрати на приймально-контрольний прилад (його функції виконує комп'ютер), акумулятор з блоками розширення і рідкокристалічне табло з клавіатурою.

ПОДЯКИ

Робота виконується за підтримки Міністерства освіти і науки України та Ради з наукових і технологічних досліджень Турецької Республіки (TUBITAK) в рамках міжнародного українсько-турецького науково-технічного проекту №М/47-2008 “Розробка методів проектування та оптимізації систем виявлення порушників безпеки”.

4. ВИСНОВКИ

Розроблено мережевий контролер та мережевий адаптер, які дозволили, в сукупності зі стандартними сповіщувачами безпеки, створити дистрибутивну сенсорну мережу з топологією “спільна шина”. Перевагою запропонованого рішення є зменшення витрат

кабелю та вартості обладнання систем безпеки. При цьому розроблені мережевий контролер і мережевий адаптер мають нескладну конструкцію з використанням дешевих компонентів.

5. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Р.Г. Магауєнов. *Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения. Учебное пособие.* – М.: Горячая линия, 2004. – 367 с.
- [2] *Perimeter Security Sensor Technologies Handbook.* Electronic Security Systems Engineering Division. – North Charleston. – South Carolina, 1997, p.107 (URL <http://www.nlectc.org/perimetr/Hb-Word.doc>).
- [3] I. Turchenko, V. Turchenko, V. Kochan, P. Bykovyy, A. Sachenko, G. Markowsky. Database design for CAD system optimising distributed sensor networks for perimeter security. *Proceedings of the 8th IASTED International Conference Software Engineering and Applications*, November 9-11, 2004, MIT, Cambridge, MA, USA, pp. 59-64.
- [4] P. Bykovyy, V. Kochan, A. Sachenko, G. Markowsky. A CAD System that optimizes distributed sensor networks for perimeter security. *Proceedings of the Second IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security and Safety*, Istanbul, Turkey, October 9-13, 2006. pp. 271-276.
- [5] ДСТУ ІЕС 60839-2-2-2001. Системи тривожної сигналізації. Частина 2. Вимоги до систем охоронної сигналізації. Розділ 2. Вимоги до сповіщувачів. Загальні принципи. *Держстандарт України*, Київ. 2002.
- [6] С. Звезжинский, В. Иванов, В. Рудниченко. Классификации, особенности и информационно – измерительные модели средств обнаружения. *Специальная техника*, № 6, 2007.
- [7] Crow Electronic Engineering, Inc, <http://www.crowelec.com/>, 2160 North Central Road, Fort Lee, NJ 07024 USA.
- [8] П. Биковий. Апаратні засоби мережі сенсорів систем безпеки. *Збірник тез міжнародної науково-технічної конференції “Комп'ютерні системи та мережні технології”*, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна, 17-19 березня, 2008, с.44-48.
- [9] <ftp://ftp.elin.ru/pdf/1-Wire/standard.pdf>
- [10] Патент 25609А України, МКІ G06F 15/00. Двopовідна локальна обчислювальна мережа, повторювач сигналу та інвертор для використання в ній / В.В.Кочан,

В.О.Тимчишин (Україна); Заявл. 30.10.97 № 97105295; Видано 30.10.98.

- [11] *V. Kochan, V. Tymchyshyn. Construction of distributed information measurement systems on the basis of modified RS-232C interface. Proceedings of the 10th IMEKO TC-4 Symposium on Development in Digital Measuring Instrumentation. Naples, Italy, 1998, pp. 723-726.*
- [12] www.atmel.com, 2325 Orchard Parkway, San Jose, CA 95131
- [13] А.Б.Семенов. *Проектирование и расчет структурированных кабельных систем и их компонентов.* М.: ДМК Пресс; М.: Компания АйТи, 416с.



Павло Биковий, аспірант,
кафедра інформаційно-
обчислювальних систем та
управління, Науково-дослідний
інститут інтелектуальних
комп'ютерних систем,
Тернопільський національний
економічний університет.
Інтереси: системи безпеки,
системи автоматизованого
проекткування.

DISTRIBUTED SENSOR NETWORK FOR SECURITY SYSTEMS

Pavlo Bykovyy

Research Institute of Intelligent Computer Systems
 Ternopil National Economic University
 pb@tneu.edu.ua

Abstract: *the low-cost network controller for security systems detectors was designed. The controller's specifics lies in two-wired network interface with the "common bus" topology support. This design reduces the amount of data communication channels from detectors.*

Keywords: *Security systems, network controller, two-wired network.*

1. INTRODUCTION

Security systems and systems that prevent non-authorized access have become tremendously popular [1]. As a result, a great diversity of such systems has been created with many different functional characteristics [2]. This has led to the construction of the complex security systems that defend against many types of threats, and which combine different subsystems into a coherent whole.

Traditionally security systems have a "star" topology, so there is a substantial expense in providing the cables [1, 2]. It is possible to reduce the number of cables and whole price of the system using a network controller which interfaces detectors of security systems. It will allow to create security systems that have a "common bus" topology where informational signals and power supply are provided by two-wired network. Thus, the total length of cables will include the distance between two most remote detectors and sum of branches to each detector.

This paper describes the distributed sensor network (DSN) architecture design based on the security system detectors described below.

2. ARCHITECTURE OF DESIGNED DISTRIBUTED SENSOR NETWORK

Architecture of the designed distributed sensor network consists of a proposed network controller and a network adapter. The network controller should provide following functions:

- output signals processing of different type and operation principle security detectors;
- to support the specialized wired network of security detectors with a "common bus"

topology and supply power through the communication lines.

Network adapter should provide data communication and power supply of network controllers and detectors.

The general structure of standard component of the designed DSN based on proposed universal network controller *UNC*, that interfaces the detectors (sensor units, *SU*) of security systems (fig.1), consists of the sensing elements $S_1...S_n$ of detector *SU* that interfaces the analog processing circuit and processor (*APCP*) which transmit results (detection/non detection) to output circuit sensor unit (*OPSU*). The microcontroller *MC* interrogates output circuit sensor unit outputs and interacts with the network by hardware tool of serial interface *IF HW*. Power supply *PS* provides power to all of the elements.

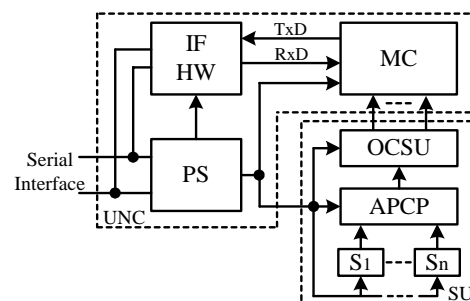


Fig. 1 – Standard component architecture of the developed DSN

It is proposed to use in the developed controller the modified serial RS-232C interface described in [4, 5]. This interface can be supplied with power in the same manner as the 1-Wire interface provided by Dallas Semiconductors [6].

During its work the network server takes turns communicating with the controllers of the security system, sending appropriate requests using its serial interface. Server inquiry goes to the microcontroller *MC* via circuit *IF HW*. *MC* interrogates the outputs of the output circuit sensor unit for detection of sensing elements $S_1...S_n$, and then forms a response out of the collected data and sends it back to the network server. At the same time *PS* forms from server requests power supply for the controller and detector.

3. DSN IMPLEMENTATION USING SECURITY DETECTORS

Standard component of developed DSN (fig.1) which include security detector SRPG-2N and network controller (fig. 2) can work in two-wired networks with the “common bus” topology that provides power supply for detectors using the network. Total number of detectors is less that 64 where each can have more that one sensing element.

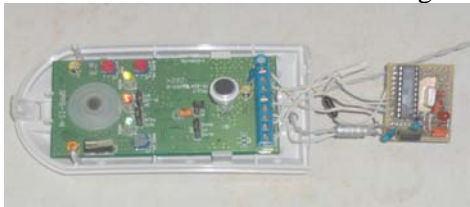


Fig. 2 – Component of DSN based on SRPG-2N detector with connected network controller

Block diagram of DSN (fig. 3) consists of personal computer (network server) that executes the central panel functions and has one or more COM-ports to which the network adapter is connected. The network adapter is connected using two-wired network with each component of DSN.

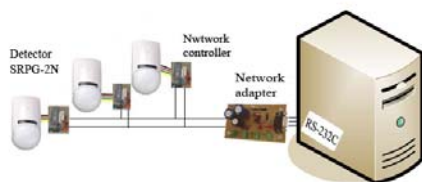


Fig.3. Block diagram of designed DSN.

ACKNOWLEDGMENTS

This work is supported by the Ministry of Education and Science of Ukraine and the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) within joint Ukrainian-Turkey project M/47-2008 entitled “Design and Optimization Methods of Physical Intrusion Detection for Security Systems”.

4. CONCLUSION

A universal network controller and a network adapter was developed. Together with traditional security detectors it allowed to implement the distributive sensor network with “common bus” topology. The advantage of the proposed solution is reduction of the cabling amount and security system equipment costs. Thus, developed controller and network adapter has a simple design and designed using low-cost components.

5. REFERENCES

- [1] R. Magauyenov. *Alarm Security Systems: theory basis and principles of construction*. Teaching aid, Hot line, 2004, 367 p. (in Russian).
- [2] *Perimeter Security Sensor Technologies Handbook*. Electronic Security Systems Engineering Division. – North Charleston. – South Carolina, 1997, p.107 (URL <http://www.nlectc.org/perimetr/Hb-Word.doc>).
- [3] P. Bykovyy. Hardware tools of security sensor networks, *Thesis of International Conference “Computer Systems and Network Technologies”*, National Aviation University, Kiev, Ukraine, 17-19 March, 2008, pp.44-48 (in Ukrainian).
- [4] Patent 25609A Ukraine, IPC G06F 15/00. Two-wired local area network, transponder and inverter / V.V. Kochan, V.O. Tymchyshyn (Ukraine); Filled 30.10.97, # 97105295; Issued 30.10.98.
- [5] V. Kochan, V. Tymchyshyn. Construction of distributed information measurement systems on the basis of modified RS-232C interface. *Proceedings of the 10th IMEKO TC-4 Symposium on Development in Digital Measuring Instrumentation*. Naples, Italy, 1998, pp. 723-726.
- [6] <ftp://ftp.elin.ru/pdf/1-Wire/standard.pdf>