

УДК 621.398.39

Н. І. КУНАХ, О. М. ТКАЛЕНКО, К. П. СТОРЧАК, О. В. НЕВДАЧИНА, А. П. БОНДАРЧУК,  
кандидати технічних наук, доценти,  
Державний університет телекомунікацій, Київ

## ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІДЕОМОНІТОРИНГУ НА ОСНОВІ СТАНДАРТУ IEEE 802.11

**Розглянуто організацію ефективного з погляду пропускної здатності та економічності радіоканалу передавання відеосигналу з використанням технології IEEE 802.11.**

**Ключові слова:** стандарт IEEE 802.11; система відеоспостереження; пропускна здатність, IP-адреса; мережа відеомоніторингу; мультиплексор; мережа SDH; провайдер.

### Вступ

Як показав аналіз технічної літератури та патентних документів, для забезпечення безпеки на дорогах і керування дорожнім рухом є сенс установити на автомобільних шляхах системи відеоспостереження [1; 2]. Адже, по-перше, відеозображення — це найбільш змістовний і адекватний особливостям людського сприйняття спосіб подання інформації. А по-друге, систему відеоспостереження можна згодом розширити до системи, що автоматично визначає характеристики дорожнього руху, аналізуючи наявне зображення.

### Основна частина

Для організації системи відеомоніторингу вибираємо існуючу мережу IEEE 802.11 [3; 4], від житлового будинку до АТС — Metro Ethernet, між АТС — волоконну оптичну SDH магістраль потужністю 2,5 Гбіт/с, побудовану на базі мультиплексорів рівня STM-16. Сьогодні технологія SDH вважається досить надійною, коли йдеться про створення транспортних мереж [5]. Структурну схему транспортної мережі SDH наведено на рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема мережі SDH провайдера

Із провайдером потрібно укласти договір щодо отримання послуги із надання ліній зв'язку, згідно з яким він має надати замовникові патч-корд, мережне ім'я, мережну адресу і маску мережі для сервера, мережну адресу шлюзу і пару мережних адрес своїх DNS серверів.

Для створення системи відеомоніторингу було вибрано три переобтяжені перехрестя м. Бровари (Київська область): вул. Шолом-Алейхема — вул. Калініна; вул. Толстого — вул. Кірова; вул. Гагаріна — бул. Незалежності. На кожному перехресті заплановано встановити камери відеоспостереження, дані від яких по каналу зв'язку IEEE 802.15.1 надходять у полк ДАІ, де фіксуються, обробляються й зберігаються.

Важливу роль у забезпеченні нормальної роботи відеокamer відіграє вибір місця встановлення

kamer на відповідному перехресті. Тут особливо важливі два моменти. По-перше, потрібно, по можливості, уникнути засвічення об'єктива прямим чи відбитим сонячним світлом або променями з потужних джерел штучного освітлення, наприклад прожекторів. І, по-друге, слід орієнтувати відеокamerу так, щоб у поле зору потрапляли всі вразливі місця (вікна, двері, люки і т. ін.) [6].

Для того, аби уникнути засвічень, **не рекомендується** орієнтувати відеокamerу в південному напрямі; установлювати її на стелі, на стіні або в кутку з нахилом униз; направляти відеокamerу на блискучі поверхні, такі, що добре відбивають світло (дзеркала, калюжі, вікна). Як місця встановлення kamer відеоспостереження вибрано світлофори та стовпи освітлення, оскільки це дає змогу забезпечити безперебійне подання живлення до kamer і простоту монтажу (розміщена на стовпі камера повністю охоплює територію спостереження).

Кут огляду камери визначається розмірами зони. Наприклад, для відеоспостереження відкритих майданчиків на перехрестях використовуються камери з кутом огляду близько 90° або навіть меншим, але тоді вони встановлюються на обертальних платформах.

У розглядуваному випадку, як уже зазначалося, відеокamerи встановлюються на світлофорах (на висоті  $h = 3$  м) і стовпах освітлення (на висоті  $h = 4$  м). Параметри відеокamer наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Необхідні параметри kamer відеоспостереження

Перехрестя, де розташовано камери 1, 2 і 3	Камера	Дальність виявлення $D$ , м	Висота підвісу $h$ , м	Довжина $L$ мертвої зони під відеокamerу, м
Вул. Шолом-Алейхема — вул. Калініна	1	11	4	1
	2	11	4	1
	3	11	4	1
Вул. Толстого — вул. Кірова	1	11	3	1
	2	11	3	1
	3	11	3	1
Вул. Гагаріна — бул. Незалежності	1	13	3	1
	2	13	3	1
	3	13	4	1

Кут огляду відеокамери по вертикалі менший від кута огляду по горизонталі, що визначається відношенням сторін матриці пункту зовнішнього спостереження — ПЗС-матриці, яке дорівнює  $\frac{4}{3}$ .

Якщо відеокамеру встановлено нижче від центра площини спостереження, то кут  $\alpha_1$  (у градусах) огляду по вертикалі знаходимо зі співвідношення

$$\alpha_1 = 2 \arctg\left(\frac{h}{2D}\right), \quad (1)$$

яке впливає з рис. 2.

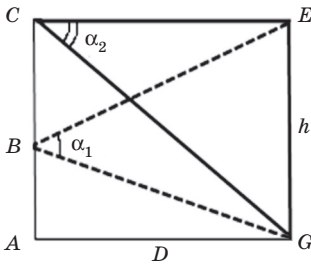


Рис. 2. Визначення кута огляду відеокамери по вертикалі

Якщо відеокамеру встановлено вище від центра площини спостереження, то необхідний кут огляду по вертикалі зменшується від значення  $\alpha_1$  до значення  $\alpha_2$  (див. рис. 2).

Тоді цей кут визначаємо згідно з рівністю

$$\alpha_2 = \arctg(EG/CE) = \arctg\left(\frac{h}{D}\right). \quad (2)$$

Результати обчислення кута  $\alpha_B$  огляду відеокамери по вертикалі наведено в табл 2.

Таблиця 2

Результати розрахунку кута  $\alpha_B$  огляду відеокамери по вертикалі, ...°

Перехрестя, де розташовано камери 1, 2 і 3	Камера	$\alpha_B, \dots^\circ$	$\beta, \dots^\circ$
Вул. Шолом-Алейхема — вул. Калініна	1	75	52,5
	2	75	52,5
	3	75	52,5
Вул. Толстого — вул. Кірова	1	70	55
	2	70	55
	3	70	55
Вул. Гагаріна — бул. Незалежності	1	70	55
	2	70	55
	3	75	52,5

Отже, якщо відеокамеру встановлено на висоті  $h$ , та абсолютне зменшення  $\Delta$  необхідного кута огляду по вертикалі обчислюємо так:

$$\Delta = \alpha_1 - \alpha_2 = 2 \arctg\left(\frac{h}{2D}\right) - \arctg\left(\frac{h}{D}\right). \quad (3)$$

У разі визначення кута огляду по вертикалі стандартним методом відносна похибка  $\delta$ , %, набирає вигляду

$$\delta = \frac{\left[2 \arctg\left(\frac{h}{2D}\right) - \arctg\left(\frac{h}{D}\right)\right]}{2 \arctg\left(\frac{h}{2D}\right)} \cdot 100. \quad (4)$$

Дуже важливо при проектуванні системи відеоспостереження врахувати довжину  $L$ , м, мертвої зони під відеокамерою:

$$L = L_1 + L_2 = L_1 + h \tg\left(\beta - \frac{\alpha}{2}\right), \quad (5)$$

де  $L_1$  — довжина відеокамери.

Кут  $\alpha_r$  (у градусах) огляду по горизонталі визначається так (рис. 3):

$$\alpha_r = 2 \arctg\left(\frac{V}{2D}\right). \quad (6)$$

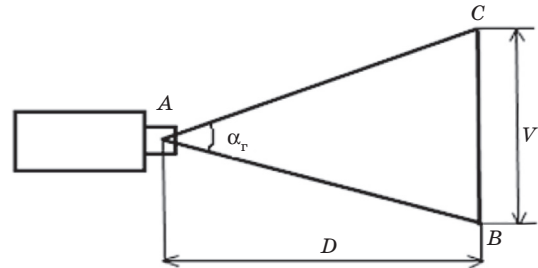


Рис. 3. Визначення кута огляду відеокамери по горизонталі

Результати обчислення кута  $\alpha_r$  огляду відеокамери по горизонталі наведено в табл 3.

Таблиця 3

Результати обчислення кута  $\alpha_r$  огляду відеокамери по горизонталі, ...°

Перехрестя, де розташовано камери 1, 2 і 3	Камера	$\alpha_B, \dots^\circ$	$\alpha_r, \dots^\circ$
Вул. Шолом-Алейхема — вул. Калініна	1	75	100
	2	75	100
	3	75	100
Вул. Толстого — вул. Кірова	1	70	93
	2	70	93
	3	70	93
Вул. Гагаріна — бул. Незалежності	1	70	93
	2	70	93
	3	75	100

Об'єктом спостереження наших камер є переобтяжені транспортом перехрестя. Кути огляду відеокамер по горизонталі варіюють від 93 до 100°. Щоб площа зон огляду камер покривала площу перехрестя, достатньо встановити три відеокамери на кожному з перехресть. При цьому камери не повинні зосереджуватися в одній точці. Необхідно встановити їх так, щоб відповідні зони огляду трохі перекривалися.

Розміщення камер відеоспостереження на зазначених перехрестях ілюструють рис. 4, 5 і 6.

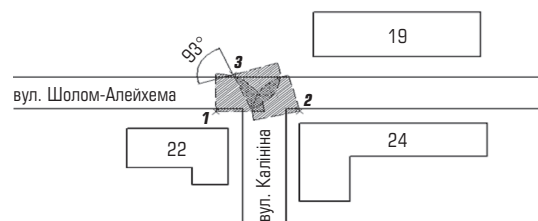


Рис. 4. Розміщення камер 1, 2 і 3, що здійснюють відеоспостереження на перехресті вул. Шолом-Алейхема — вул. Калініна

Таблиця 4

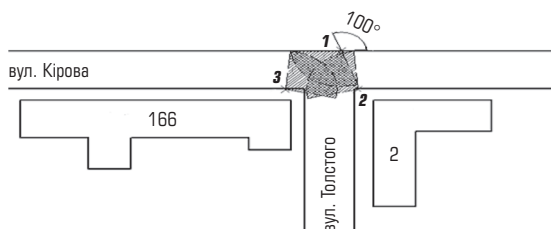


Рис. 5. Розміщення камер 1, 2 і 3, що здійснюють відеоспостереження на перехресті вул. Толстого — вул. Кірова

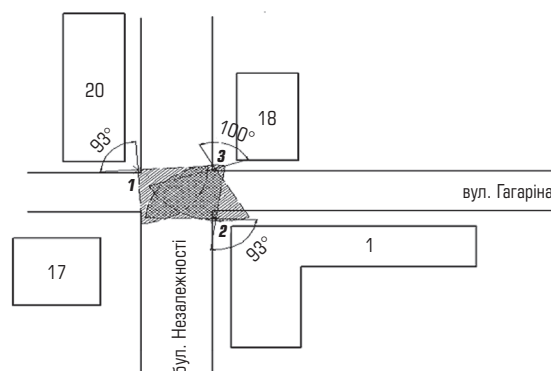


Рис. 6. Розміщення камер 1, 2 і 3, що здійснюють відеоспостереження на перехресті вул. Гагаріна — бул. Незалежності

У проектованій системі відеомоніторингу для надійного захисту від зовнішньої дії знадобляться камери з широким діапазоном робочих температур і високої міцності, оскільки розташовуватимуться вони просто неба. У нашій системі необхідно знати колір відстежуваного об'єкта (автомобіля), а також забезпечити детальну ідентифікацію особи людини чи автомобіля. Оскільки спостереження має вестися і в нічний час, то доведеться використовувати підсвічування або електронну діафрагму. Кут огляду відеокамери залежить від формату ПЗС-матриці. Так, за однакових об'єктивів камера з великим форматом матриці має більший кут огляду, що важливо для відеоспостереження за розосередженим об'єктом. Оптимальний формат матриці 1/3" (4,8 × 3,6).

Технічні характеристики цифрових відеокамер AXIS 221, Smartec STC-IP2580 і D-Link 8906F наведено в табл. 4.

Як впливає з табл. 4, відеокамера D-Link 8906F вирізняється найкращим відношенням сигнал/шум, найменшими габаритними розмірами, досить широким робочим діапазоном температур, необхідним для покриття площі перехрестя кутом огляду, вбудованим безпроводовим інтерфейсом і найвищим розділенням.

При організації системи відеомоніторингу постає питання про те, як зв'язати відеокамери з мережею провайдера, тобто який канал зв'язку між ними доцільно використати. Завдання можна розв'язати, застосувавши системи радіодоступу. Передавання даних по радіоканалу в багатьох ви-

Порівняльна таблиця трьох відеокамер за їхніми технічними характеристиками

Параметр	AXIS 221	STC-IP2580	D-LINK 8906F
Роздільна здатність	640 × 480 pix	640 × 480 pix	704 × 480 pix
Порогова чутливість, лк	Колір: 2; ч/б: 0,6;	0,3; F2.0	Колір: 1; ч/б: 0,2;
Кут огляду, ...°	По горизонталі: 50 ... 75; по вертикалі 45 ... 50	75 × 36	По горизонталі: 85 ... 120; по вертикалі: 60 ... 85
Відношення сигнал/шум, дБ	> 40	> 48	> 60
Гамма-корекція	0,45	0,4	0,45
Світлочутливий елемент	1/2" ПЗС-матриця	1/3" ПЗС-матриця	1/3" ПЗС-матриця
Напруга електроживлення, В	12 ... 24	12	220; 12
Габаритні розміри, мм	60 × 88 × 286	62 × 99 × 250	Діаметр — 58; довжина — 40
Робочий діапазон температур, °С	-20 ... +50	-15 ... +40	-30 ... +50

падах надійніше і дешевше, ніж передавання по комутованих або орендованих каналах і, особливо, по каналах стільникових мереж зв'язку.

У нашому випадку при організації системи відеомоніторингу найдоцільніше використати технологію Wi-Fi, яка забезпечує: достатню швидкість розгортання; можливість поетапного розвитку мережі, починаючи з мінімальної конфігурації; низькі витрати на експлуатацію; характеризується широкою інфраструктурою, уможлиблюючи масштабування; має радіус дії до 10 м (цього вистачає для організації радіодоступу на широких перехрестях, проспектах, кільцевих дорогах); простоту використання.

Технологія IEEE 802.11 дає змогу здійснювати обмін інформацією між будь-якими пристроями на надійній, недорогій, усюди доступній радіочастоті для близького зв'язку [5]. Обладнання IEEE 802.11 має радіопередавач і приймач, що працюють у діапазоні 2,4 ГГц.

Приймачі IEEE 802.11 виконують найрізноманітніші функції як для під'єднання групи пристроїв (кожний із безпроводовим мережним адаптером) в самостійні мережі (режим Ad-hoc), так і для виконання функції моста між безпроводовими і кабельними ділянками мережі (режим Infrastructure). Радіоприймач Cellink Bluetooth F8T030 вирізняється великою кількістю каналів прийому, малими габаритними розмірами, низькою вартістю, широким діапазоном робочих температур і високою чутливістю. Висота підвісу радіоприймача з огляду на потребу забезпечення прямої видимості між приймально-передавальним обладнанням береться 4,5 м.

Одна з головних вимог — найменша ширина смуги на виході камер за заданої якості зображення. Тобто необхідно досягти якомога меншого обсягу інформації. Як обчислювальне ядро вибрана вулична камера використовує фірмовий процесор компресії 3-го покоління ARTPEC-2, який оцифровує відеосигнал, стискає його у формати MJPEG і MPEG-4 та відправляє по мережі. Завдяки процесору ARTPEC-2 камера в режимі реального часу здійснює паралельне стиснення та передавання по мережі потоків MJPEG і MPEG-4, що дозволяє максимально ефективно використовувати ресурси локальної мережі. Для вилученого перегляду «живого» відео оптимально підходить MPEG-4; якщо ж постає необхідність у детальному аналізі відео, то можна використати більш ресурсомісткий формат MJPEG.

Якість зображення обмежують два чинники: ширина смуги частот відеосигналу (або кількість пікселів на один кадр) і бітова швидкість.

Максимальна частота у спектрі відеосигналу визначається за формулою, Гц:

$$f_{\max} = \frac{kz^2 f_k}{2},$$

де  $k$  — розмір кадру,  $k = \frac{4}{3}$ ;

$z$  — кількість рядків у кадрі,  $z = 625$ ;

$f_k$  — частота кадрів,  $f_k = 25$ .

Процесор компресії 3-го покоління ARTPEC-2 вибраних камер здійснює потрібне стиснення за будь-якого розрізнення. Згідно з довідковими даними, прийнятне за чіткістю відео виходить вже при розрізненні  $320 \times 240$ . Тому у спектрі відеосигналу

$$f_{\max} = \frac{\frac{4}{3} \cdot 240^2 \cdot 15}{2} = 576 \text{ (кГц)}.$$

Сигнал яскравості містить найбільші відеочастоти. Частота дискретизації визначається за теоремою Котельникова і дорівнює 1152 кГц.

Від рівня чорного до рівня білого у формі телевізійного сигналу достатньо мати 200 градацій яскравості (більше брати немає сенсу, оскільки людське око їх не розрізнятиме).

Швидкість цифрового потоку, або бітова швидкість відеосигналу з виходу однієї камери, дорівнює 9 Мбіт/с.

Виконавши налаштування мережної інформації, вводимо ім'я користувача і пароль, а далі запускаємо програмне забезпечення «Video Viewer», що дозволяє керувати одночасно багатьма (їхня кількість може досягати 16) мережними камерами.

Результат одночасної роботи чотирьох мережних камер ілюструє рис. 7.

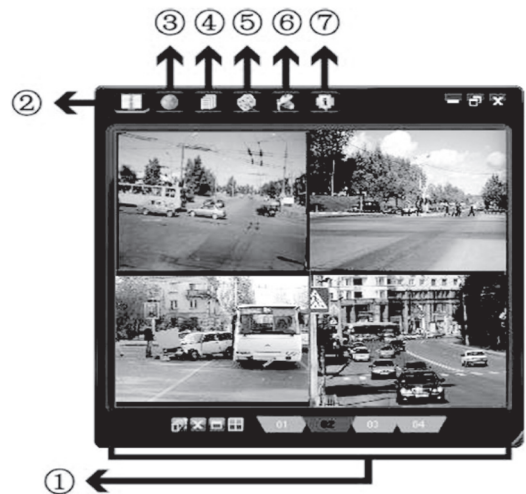


Рис. 7. Зони огляду чотирьох мережних камер, керованих з одного центру

### Висновки

Використання системи безпроводового передавання даних дозволяє швидко й просто організувати канали зв'язку для здійснення відеомоніторингу дорожнього руху.

Технологія комп'ютерної обробки зображень, сформованих за допомогою відеокмери, встановленої поблизу певної ділянки автотраси, має багато переваг порівняно з іншими способами відстежування характеристик транспортних потоків. Відеозображення — це найбільш змістовний спосіб подання інформації. Автомобілі як об'єкти спостереження мають доволі простий і передбачуваний характер поведінки. Адаже область і можливі напрями їх руху відомі заздалегідь. У разі правильного встановлення телекамери корпуси окремих автомобілів на трасі не закривають один одного. Усе це спрощує організацію відеоспостереження за автомобілями, підвищуючи якість роботи відповідних систем.

Інформація про транспортні засоби та характер їх руху може становити велику цінність для різних категорій користувачів.

Система відеомоніторингу на базі мережі провайдера дозволяє розпізнавати транспортні засоби та їхні номери; зберігати в архіві потрібні знімки; здійснювати моніторинг дорожньої обстановки в режимі реального часу із забезпеченням відео- та фотофіксації різних видів порушень правил дорожнього руху.

### Література

1. Арлащенков, Ю. П. Выбор и применение систем видеоконтроля / Ю. П. Арлащенков.— М.: 2009.— 300 с.

2. Бутусов, М. М. Волоконно-оптические системы / М. М. Бутусов.— М.: Радио и связь, 2000.— 250 с.

3. Васин, В. А. Радиосистеми передачі інформації / В. А. Васин.— М.: 2005.— 280 с.

4. Горлов, Н. И. Оптические линии связи и пассивные компоненты ВОСП / Н. И. Горлов.— Новосибирск: СибГУТИ, 2005.— 230 с.

5. Феер, К. М. Беспроводная цифровая связь / К. М. Феер; пер. В. И. Журавлева.— М.: Радио и связь, 2007.— 300 с.

6. Дамьяновски, В. CCTV. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии / В. Дамьяновски; пер. с англ.— М.: ООО «Ай-Эс-Эс Прес», 2006.— 480 с.

7. Григорьев, В. А. Сети и системы радиодоступа / В. А. Григорьев, О. И. Лагутенко, Ю. А. Распаев.— М.: Ач-Трендз, 2005.— 384 с.

Рецензент: доктор техн. наук, професор В. І. Гостєв, Державний університет телекомунікацій, Київ.

Н. И. Кунах, О. Н. Ткаленко, К. П. Сторчак, О. В. Невдачина, А. П. Бондарчук

#### ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВИДЕОМОНИТОРИНГА НА ОСНОВАНИИ СТАНДАРТА IEEE 802.11

Рассмотрена организация эффективного с точки зрения пропускной способности и экономичности радиоканала передачи видеосигнала с использованием технологии IEEE 802.11.

**Ключевые слова:** стандарт IEEE 802.11; система видеонаблюдения; пропускная способность; IP-адрес; сеть видеомониторинга; мультиплексор; сеть SDH; провайдер.

N. I. Kunakh, O. M. Tkalenko, K. P. Storchak, O. V. Nevdachina, A. P. Bondarchuk

#### ORGANIZATION OF VIDEO MONITORING SYSTEM BASED ON THE STANDARD IEEE 802.11

In the article are viewed the organization possibilities of efficient, in terms of capacity and efficiency, the radio video transmission with use of technology IEEE 802.11.

**Keywords:** standard IEEE 802.11; a video surveillance system; bandwidth; IP-address; network video monitoring; multiplexer; network SDH; provider.

УДК 621.396

А. П. ПОЛОНЕВИЧ, канд. техн. наук,  
Державний університет телекомунікацій, Київ

## КОМБІНОВАНІ ЦИФРОВІ СИСТЕМИ ФАЗОВОГО АВТОПІДСТРОЮВАННЯ ЧАСТОТИ

**Розроблено цифрову комбіновану систему ФАПЧ із розімкненим компенсаційним зв'язком за задавальним впливом, яка дає змогу істотно підвищити показники якості системи ФАПЧ. Для підтвердження здобутих результатів виконано моделювання розробленої цифрової системи ФАПЧ.**

**Ключові слова:** цифрова комбінована система ФАПЧ із розімкненим компенсаційним зв'язком за задавальним впливом; показники якості системи ФАПЧ; моделювання розробленої цифрової системи ФАПЧ.

### Вступ

У систематизованій добірці статей [1–3] досліджено аналогові комбіновані системи ФАПЧ із розімкненим компенсаційним зв'язком за задавальним впливом (фазою  $\alpha_{\Delta\omega}$ ). Зазначений компенсаційний зв'язок синтезовано відповідно до умов підвищення динамічної точності та швидкодії системи ФАПЧ. Підвищення динамічної точності досягнуто завдяки збільшенню порядку астатизму щодо задавального та збурювального впливів, а підвищення швидкодії — у результаті компенсації повільно загасаючого компонента перехідного процесу, що відповідає парі комплексно-спряжених коренів характеристичного рівняння замкненої частини системи.

З огляду на численні переваги цифрових систем автоматичного управління порівняно з аналоговими було виконано перетворення аналогової комбінованої системи ФАПЧ на цифрову та здійснено моделювання отриманої системи, аби переконатися, що цифрові системи ФАПЧ із принципом комбінованого управління, так само як і аналогові комбіновані системи, забезпечують набагато вищі показники якості, ніж традиційні системи з принципом управління за відхиленням.