

УДК 681.3

О.Г. Коробка, Р.В. Воробйов, О.П. Кулик

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ЗАСТОСУВАННЯ СТАНДАРТУ IEEE 802.11 ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБМІНУ ІНФОРМАЦІЄЮ МІЖ ПУНКТАМИ УПРАВЛІННЯ ТА ОБ'ЄКТАМИ АВІАЦІЙНОЇ БРИГАДИ

*Розглянуті особливості побудови бездротової мережі зв'язку авіаційної бригади, її топологія, архітектура та склад. Представлені основні технічні та економічні характеристики типової мережі стандарту IEEE 802.11, яка забезпечує обмін інформацією між пунктами управління та об'єктами авіаційної бригади.*

**Ключові слова:** бездротова мережа зв'язку, стандарт IEEE 802.11, обмін інформацією, авіаційна бригада, топологія та архітектура мережі

### Вступ

**Постановка проблеми та аналіз досліджень і публікацій.** Технічна та моральна застарілість, стрімке зменшення ресурсу техніки зв'язку, що знаходиться на озброєнні військ зв'язку, радіотехнічного забезпечення, автоматизованих та інформаційних систем Повітряних Сил Збройних Сил України на фоні стрімкого розвитку телекомунікаційних технологій, інтеграції і конвергенції мереж зв'язку стали одним з поштовхів до розробки Програми розвитку військ зв'язку радіотехнічного забезпечення, автоматизованих та інформаційних систем Повітряних Сил на 2006-2011 роки. В її рамках поряд з іншими поставлено завдання адаптації засобів зв'язку авіаційних бригад до міжнародних стандартів.

В [1] було обґрунтовано доцільність створення бездротової мережі зв'язку (БМЗ) стандарту IEEE 802.11 у складі системи наземного радіозв'язку (СНРЗ) авіаційної бригади (авбр) для забезпечення обміну інформацією між її пунктами управління (ПУ) та об'єктами. В даній статті наведені результати подальших досліджень авторів за цією тематикою.

**Метою статті є** розгляд можливих рішень щодо визначення компонентів, топології та архітектури бездротової мережі зв'язку авіаційної бригади, яка б забезпечила виконання СНРЗ авбр покладених на неї завдань та визначення її економічних параметрів.

### Викладення основного матеріалу

З [2] відомо, що стандарт IEEE 802.11 „Специфікація фізичного рівня і рівня контролю доступу до каналу передачі бездротових локальних мереж” (Wireless LAN) визначає принципи доступу пристроїв користувачів до каналів зв'язку, вимоги до функцій цих пристроїв, формат пакетів передачі інформації, способи визначення автентичності захисту даних та можливу архітектуру мережі, яка тісно пов'язана з її топологією. Бездротова мережа, як і будь-яка мережа, будується з окремих функціональних модулів. Дані модулі уявляють собою активне і

пасивне мережеве устаткування, яке забезпечує передачу даних, маршрутизацію пакетів, підключення комп'ютерів до мережі по радіоканалу і т.і. До такого устаткування відносяться: точки доступу, мережеві адаптери, мости, маршрутизатори, багатофункціональні роутери, VPN-роутери, принт-сервери, підсилювачі, антени і т.і. Ефективне функціонування устаткування можливо за умови правильного конфігурування БМЗ, якому передують процес розробки її топології й архітектури виходячи з поставлених перед СНРЗ авбр завдань.

Виходячи з структури системи управління авбр і функцій управління та завдань, що вирішуються посадовими особами, їх доступ до БМЗ стандарту IEEE 802.11 доцільно здійснювати згідно політики віддаленого доступу. При цьому абоненти розподіляються відповідно до займаних посад на групи (категорії) з відповідними пріоритетами доступу до мережі. Крім цього, розподіл абонентів необхідно також здійснювати ще й за ознакою належності до відповідного підрозділу або виконання певних завдань. Абоненти, які належать до однієї групи (категорії), об'єднуються у віртуальній локальній мережі. Доступ абонентів до мережі здійснюється шляхом їх авторизації та аутентифікації із застосуванням стандартів IEEE 802.1x, RADIUS-серверів та VPN-тунелів.

Бездротову мережу зв'язку авбр стандарту IEEE 802.11 доцільно створювати за стільниковою структурою, яка складається з радіостільників (базових станцій (БС) та абонентського обладнання (АО)). Базові станції розміщуються таким чином, щоб забезпечити покриття визначеної зони обслуговування. Ці станції з'єднуються між собою за допомогою опорної мережі та утворюють єдину інфраструктуру. Опорна мережа може бути дротовою чи бездротовою.

Оскільки структура системи управління авбр побудована за ієрархічною схемою і більшість абонентів БМЗ є рухомими, то для забезпечення безперервності зв'язку між абонентами необхідно забез-

печити їх роумінг в мережі. Необхідність відокремленого вирішення завдань управління посадовими особами авбр на різних рівнях управління обумовлює необхідність створення декількох радіомереж і радіонапрямків на одній території. Специфіка БМЗ авбр також полягає в необхідності створення захищених каналів зв'язку, застосуванні надійних методів авторизації та аутентифікації. В СНРЗ авбр існує ряд специфічних каналів передачі даних, до яких пред'являються високі вимоги щодо надійності. В таких каналах зв'язку застосування протоколу множинного доступу з контролем несучої та запобіганням колізіям неприпустимо. Для забезпечення зв'язку з віддаленими об'єктами та підрозділами в СНРЗ авбр створюються радіонапрямки, що викликає в деяких випадках потребу в застосуванні топології „клієнт-клієнт” з використанням загального каналного ресурсу. Це можливо завдяки тунелюванню (способу інкапсуляції будь-яких пакетів одного протоколу в один з транспортних протоколів) мережі існуючими апаратними чи програмними засобами.

З метою підвищення живучості, перепускної здатності та зменшення вартості мережі пропонується застосування гібридної архітектури БМЗ авбр, під якою будемо розуміти сукупність структурованої багаторівневої мережі з радіальною топологією та мережі з сіткоподібною або радіально-кільцевою топологією. Об'єднання окремих сегментів мережі до єдиної інфраструктури здійснюється за деревоподібною топологією. Такий вид мережі забезпечує велику надійність, перепускну здатність та масштабованість мережі. Остаточний вид мережі залежить від потрібної зони покриття, яку необхідно створити, та навантаження на канали зв'язку.

Також на вибір структури мережі стандарту IEEE 802.11 суттєво впливають обмеження щодо кількості частотних каналів зв'язку, що не перекриваються. Таких частотних каналів в стандарті IEEE 802.11 всього три – №1, №6 та №11. Це обумовлює те, що при розгортанні БМЗ стандарту IEEE 802.11, яка створена стільниками і транспортними каналами, необхідно застосовувати чітке частотно-територіальне планування мережі. Варіант архітектури типової бездротової мережі зв'язку (включаю-

чи опорну мережу) авіаційної бригади із застосуванням обладнання стандарту IEEE 802.11 представлено на рис.1.

До складу БС входять: маршрутизатор, точка доступу, мости в залежності від кількості каналів зв'язку опорної мережі, що підходять до БС (не більше 6 каналів). Перепускна здатність стільника, визначається кількістю мостів БС оскільки пакети інформації від кореспондента до адресата можуть передаватися декількома маршрутами одночасно. Отже, кількість радіорелейних стовпів визначається завантаженістю трафіком каналів зв'язку. Незначна кількість абонентів в стільнику не означає малий трафік в каналі зв'язку оскільки він може бути транзитним у разі обміну даними між віддаленими стільниками. На сьогодні бездротове устаткування виробляють такі фірми як Cisco, RadioLink, Z-Com, Linksys, Orinoco, Acer, Proxim, Planet, Nortel, Папіра, NetGear, Senao, HP, Symbol, Aruba, OvisLink, 3Com, Asus, D-Link, Gigabyte, MSI, Trendnet, US Robotics, ZyXEL, SMC та інші. Продуктивність усього сучасного бездротового обладнання стандарту IEEE 802.11 практично однакова (табл. 1).

При цьому воно може відрізнитися тільки функціональними можливостями, наприклад, такими, як алгоритм роумінгу, можливість роботи під керуванням контролерів мережі, реалізація інших протоколів доступу до середовища. Це обумовлено використанням виробниками обладнання стандарту IEEE 802.11 чипів, які виробляють у суворій відповідності до його вимог. Тому характеристики обладнання стандарту IEEE 802.11 обумовлюються самим стандартом і є залежними від нього. Разом з тим на сьогодні запропонувати професійне устаткування може досить вузьке коло компаній. У першу чергу – це лідери ринку устаткування для бездротових мереж – Cisco, Orinoco. При цьому безумовним законодавцем на ринку рішень для бездротових мереж є компанія Cisco Systems. Її обладнання дозволяє реалізувати в бездротовій мережі цілий ряд інтелектуальних мережевих функцій, у тому числі і такі, як Wi-Fi Multimedia (WMM), керування якістю обслуговування (QoS), віртуальні локальні мережі і захищений роумінг на другому і третьому рівнях моделі ISO/OSI.

Таблиця 1

Характеристики обладнання стандарту IEEE 802.11, що використовується в БМЗ авбр

Назва обладнання	Cisco AIR-CB21AG-E-K9	Cisco AIR-LAP1505G	Cisco AIR-LAP1310G-E	Orinoco AP-1000 (Gold)
Мережевий стандарт	IEEE 802.11a/b/g	IEEE 802.11a/b/g	IEEE 802.11b/g	IEEE 802.11b
Частотні діапазони, ГГц	2.40 - 2.49, 5.15 - 5.85	2,41 -2.48, 4,91 - 5,85	2,41 -2.47	2,41 -2.47
Протокол доступу до середовища	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA Polling
Швидкість передачі даних, Мб/с	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54	1, 2, 5.5, 11

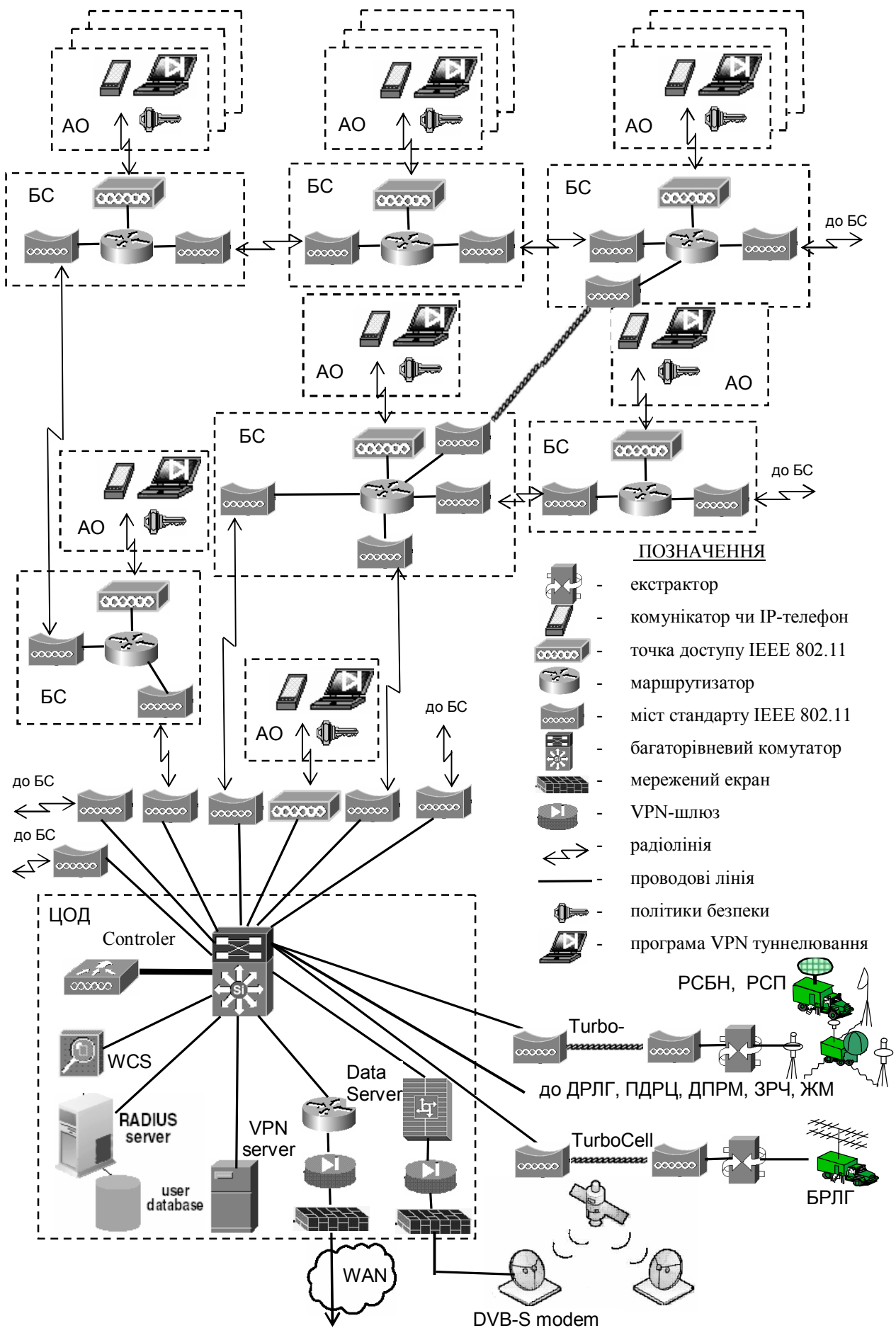


Рис. 1. Архітектура БМЗ авбр стандарту IEEE 802.11

Для керування точками доступу та забезпечення безшовного роумінгу у складі БМЗ *авбр* передбачено мати бездротовий контролер. Діагностика та управління мережею, керування розподілом трафіку між точками доступу здійснюється з окремого серверу за допомогою системи WCS від Cisco.

Територіально ЦОД доцільно розташовувати в зоні максимальної щільності абонентів (біля КДП, штабу, КП). При цьому в стільнику необхідно застосувати максимальну кількість бездротових каналів зв'язку з іншими стільниками.

При побудові бездротової мережі СНРЗ *авбр* слід обов'язково враховувати що вона повинна забезпечувати зону покриття переважно поза спорудами (будівлями). Це обумовило вибір точок доступу і мостів компанії Cisco System - Cisco Aironet серій 1300 і 1500, які мають зовнішнє виконання та знаходяться під керуванням бездротового контролера.

Для забезпечення виходу на зовнішні канали зв'язку в БМЗ *авбр* необхідно передбачити засоби захисту від впливу на інформацію, що циркулює в мережі, та на мережу в цілому. Для цього необхідно використовувати міжмережеві програмні або апаратні екрани, а також окремі, інтегровані або програмні VPN-шлюзи.

В якості дротових модемів на зовнішні канали зв'язку можуть бути рекомендовані до використання модеми, які входять до складу маршрутизаторів Cisco серії 1800. Бездротові зовнішні канали зв'язку можуть будуватися на радіорелейних, тропосферних або супутникових каналах зв'язку. Перспективним є застосування супутникових каналів зв'язку стандарту DVB-S зі швидкістю передачі й прийому до 4-5 Мбіт/с.

Абонентське обладнання може представляти собою бездротові адаптери для персональних чи портативних комп'ютерів (ноутбуків), кишенькові персональні комп'ютери (КПК), комунікатори, смартфони та бездротові IP-телефони. До абонентського обладнання пред'являються такі основні вимоги, як працездатність в польових умовах та відповідність стандарту IEEE 802.11g.

Метою розгортання БМЗ *авбр* на основі стандарту IEEE 802.11 в першу чергу є забезпечення посадових осіб телефонним зв'язком (IP – телефонією). На клієнтській стороні мобільна IP-телефонія апаратно забезпечується мобільним IP-телефоном, комунікатором або КПК. Більшість сучасних бездротових IP-телефонів мають стандарт IEEE 802.11b, але не мають належних засобів захисту інформації. За останній час з'явилися телефони стандарту IEEE 802.11g (D-Link DPH-541, Belkin F1PP000GNukSK і Edge-Core WM4201), які підтримують шифрування WPA2, що задовольняє сучасним вимогам щодо захисту інформації і можуть бу-

ти рекомендовані для використання в якості АО БМЗ системи наземного радіозв'язку *авбр*.

Слід зазначити, що в смузі частот 2,4 – 2,5 ГГц якість зв'язку суттєво залежить від умов розповсюдження радіохвиль. Перешкодами стають дерева, будівлі, техніка, люди і т.і. З метою подолання перешкод на шляху радіолінії використовують ретранслятори. Вони можуть бути активними і пасивними. Мости активних ретрансляторів розташовують осторонь від перешкод, та спрямовують головні пелюстки діаграм спрямованості їх антен на відповідних кореспондентів радіолінії. Пасивні ретранслятори доцільно використовувати у випадках, коли не можливо забезпечити електроживлення мостів, при малих відстанях від ретранслятора до кореспондента або у разі значного енергетичного потенціалу радіолінії.

З метою забезпечення управління мережею та контролю її працездатності, збалансовування та ущільнення трафіку, захисту інформації на різних рівнях в БМЗ застосовується різноманітне програмне забезпечення. Керувати точками доступу можна за допомогою контролерів бездротових мереж Cisco і системи Cisco Wireless Control System (WCS). Cisco WCS уявляє собою платформу на базі сервера Windows або Linux. Ця платформа створює надійну основу, що дозволяє мережевим адміністраторам проектувати бездротові мережі, вести їхній моніторинг і керувати ними в централізованому режимі. Вона дозволяє спростити процес експлуатації мережі (радіочастотне планування, встановлення політик безпеки, оптимізацію мережі, усунення неполадок і керування мережею) та знизити вартість її створення і експлуатації.

Ефективна система захисту в БМЗ може бути досягнута застосуванням:

- централізованої аутентифікації, що спрямована на абонента;
- ключів, що динамічно шифруються;
- управління зашифрованими ключами;
- взаємною аутентифікацією.

Рекомендованими поєднаннями методів шифрування і аутентифікації для захищених бездротових мереж є:

- WPA2/AES і EAP-FAST;
- WPA2/AES і EAP-PEAP;
- WPA2/AES і EAP-TLS;
- WPA2/AES і PEAP-MS-CHAP v2.

Крім того, доцільним також є застосування IAS- та RADIUS-серверів. Усе це дозволить забезпечити безпеку інформації, обмін якою здійснюється в бездротовій мережі стандарту IEEE 802.11, протягом 10 років при використанні ключа довжиною 256 біт [3]. Для визначення необхідної кількості компонентів БМЗ *авбр* з певною зоною покриття проведемо енергетичний розрахунок чотирьох типів радіоліній (табл. 2).

Вихідні дані та результати розрахунків радіоліній

Тип радіолінії	Тип радіолінії							
	Тип 1 (ТД - мобільне АО)		Тип 2 (ТД - стаціонарне АО)		Тип 3 (міст – міст) (Cisco)		Тип 4 (міст - міст) (Orinoco)	
	прд	прм	прд	прм	прд	прм	прд	прм
Параметри радіолінії	Точка доступу Cisco AIR-LAP1505G	КПК з Wi-Fi чіпом VWLAN7101 SyChip	Точка доступу Cisco AIR-LAP1505G	Міст Cisco AIR-LAP1310G-E-K9-R	Міст Cisco AIR-LAP1310G-E-K9-R	Міст Cisco AIR-LAP1310G-E-K9-R	Міст Orinoco AP-1000 PC 3 Card Gold	Міст Orinoco AP-1000 PC 3 Card Gold
$P_{\text{ПРД}}$ , дБ/Вт	-6	-15	-6	-15	-15	-15	-15	-15
$P_{\text{ПРМ}}$ , дБ/МВт	-89	-90	-89	-89	-89	-89	-82	-82
$G_{\text{ПРД}}$ (ПРМ), дБ	5,5	1,5	5,5	21	21	21	21	21
$W_{\text{ФТ}}$ , дБ	1,2	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
$W_{\text{С}}$ , дБ/м	0,2	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$W_{\text{СС}}$ , дБ	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$W_{\text{ДОП}}$ , дБ	0	0	0	0	0	0	0	0
N	2	0	2	2	2	2	2	2
L, м	1	0	1	1	1	1	1	1
h, м	10	1,8	10	8	8	8	13	13
d, км	1,3		14		85		38	

Бездротова мережа зв'язку *авбр* повинна мати суцільну зону покриття, що охоплює льотне поле та більшу частину смуг повітряних підходів і віддалені об'єкти (дальня радіолокаційна група (ДРЛГ), ПДРЦ, ДПРМ, зенітно-ракетна частина (ЗРЧ), житлове містечко (ЖМ)). Основні об'єкти авіаційної бригади сконцентровані на території в радіусі 5,75 км з площею 103 км<sup>2</sup>.

В табл. 2 наведено вихідні дані та результати розрахунків радіоліній, де  $P_{\text{ПРД}}$  – потужність передавача;  $P_{\text{ПРМ}}$  – чутливість приймача;  $G_{\text{ПРД}}$ ,  $G_{\text{ПРМ}}$  – коефіцієнт підсилення передавальної /приймальної антени;  $W_{\text{ФТ}}$  – коефіцієнт загасання сигналу в фідерному тракті радіолінії;  $W_{\text{С}}$  – погонне загасання сигналу в кабелі на робочій частоті;  $W_{\text{СС}}$  – втрати сигналу в роз'ємах;  $W_{\text{ДОП}}$  – втрати сигналу в додаткових антенно-фідерних пристроях; N – кількість роз'ємів; L – довжина кабелю; h – висота підвісу фазового центру антени; d – довжина радіолінії.

Розрахунки енергетичного потенціалу радіолінії стандарту IEEE 802.11 проведені за умови, що швидкість передачі даних встановлена на рівні 11 Мбіт/с. Корисна інформація при цьому передається зі швидкістю приблизно 5-6 Мбіт/с, а решта перепускної здатності витрачається на підтримку безколізійного доступу, IP-протоколів та протоколів

тунелювання. За попередніми даними бітрейт (кількість інформації, що передається в одиницю часу) аудіопотоку складає 30 кбіт/с на канал, а відеопотоку – 1,4 Мбіт/с.

Оскільки для радіолінії типу 1 дальність дії однієї точки доступу при роботі з мобільним терміналом не перевищує 1,3 км, то для створення суцільної зони покриття на вказаній вище площі необхідно встановити до 20 точок доступу Cisco AIR-LAP1505G, які утворюють вузли топології мережі.

Решта типів радіоліній мають такі дальності дії, що перевищують розмір потрібної зони покриття, отже на розрахунок кількості потрібних точок доступу не впливають. Кожний такий вузол може мати від однієї до шести ліній зв'язку в залежності від об'єму трафіку, що передається. Середня кількість ліній зв'язку на один вузол мережі може дорівнювати 4. Отже, для організації магістральних каналів зв'язку потрібно мати 80 точок доступу/мостів Cisco AIR-LAP1310G-E-K9-R.

Для забезпечення радіозв'язку з віддаленими об'єктами (ДПРМ-1, ДПРМ-2, ПДРЦ та житлове містечко) доцільно на кінцях радіолінії використати мости Cisco AIR-LAP1310G-E-K9-R загальною кількістю 8 штук. Радіолокаційну інформацію від РСР, ближньої радіолокаційної групи (БРЛГ) і ДРЛГ на

КДП і КП, а також між КП і КДП, доцільно передавати по окремих радіолініях з маркерним полігном за допомогою мостів Otinoco AP-1000 PC з Card Gold в кількості 10 штук, які встановлюються на обох кінцях радіоліній.

Стаціонарне АО доцільно встановлювати на стаціонарних об'єктах. При цьому близько розташовані один до одного об'єкти можуть використовувати одну абонентську станцію. Для утворення БМЗ *авбр* може знадобитись приблизно 50 штук стаціонарного абонентського обладнання Cisco AIR-LAP1310G-E-K9-R.

Мобільним АО повинні забезпечуватись посадові особи від командира підрозділу (начальника служби) до командира *авбр* включно. Для розрахунку вартості мережі, при зазначених умовах, припустимо, що кількість мобільного АО у вигляді КПК не перевищує 50 штук. Остаточо ж кількість АО визначається виходячи з рішення, яке буде прийнято на організацію СНРЗ в *авбр*. В якості бездротового контролера (Controler) в БМЗ *авбр* необхідне встановлення одного контролера AIR-WLC4402-25-K9. Керування точками доступу та маршрутизація пакетів інформації в мережі здійснюється за допомогою маршрутизаторів CISCO 1811/K9 - по одному на кожну точку доступу. Комутація потоків інформації здійснюється центральним комутатором типу 3560-24TS-S.

Для забезпечення функціонування мережі, її захисту та організації зовнішніх каналів зв'язку потрібно встановлення серверів з відповідним програмно-апаратним забезпеченням.

Досвід забезпечення наземного радіозв'язку в авіаційних частинах Повітряних Сил свідчить, що в БМЗ *авбр* достатньо організувати три основних сервіси:

1. Телефонія;
2. Передача даних (тексти, радіолокаційна та радіонавігаційна інформація, команди і сигнали ТУ-ТС);
3. Відеоспостереження. Вочевидь, що така мережа має бути мультисервісною мережею типу Triple Play (ТСР/ІР+ІРТV+VoІР), яка повинна забезпечити надання доступу до усіх видів стандартних та інтерактивних послуг зв'язку.

Враховуючи вимоги стандарту IEEE 802.11 пропонується на одній точці доступу організувати не більше ніж один канал відеопотоку, а решту перепускної здатності каналу можливо поділити на впіл між VoІР та ТСР/ІР сервісами. Це обумовлено тим, що, по-перше, потік даних відеоспостереження існує тільки в певні проміжки часу, обумовлені, наприклад, спрацюванням "датчиків руху". В решту ж часу перегляд камер відеоспостереження може здійснюватись по черзі. По-друге, в авіаційній бригаді передача даних має таке ж саме велике значення, як і телефонний зв'язок.

Таким чином, в мережі стандарту IEEE 802.11 з встановленою перепускною здатністю 11 Мбіт/с можливо організувати в одному стільнику 70 телефонних каналів з бітрейтом 30 кбіт/с на канал, канал передачі даних зі швидкістю 2 Мбіт/с та 1 канал відеоспостереження з бітрейтом 1,4 Мбіт/с. При цьому, за даними розробника радіолокаційних екстракторів НВП "Аеротехніка", що стоять на озброєнні Збройних Сил України швидкість передачі, яка забезпечує передачу радіолокаційної інформації без затримок складає 9600 біт/с. Всього перепускна здатність БМЗ *авбр* на розглянутому обладнанні та за умов, що наведені вище, складе: 1400 каналів мобільної ІР-телефонії, передачі даних з сумарним потоком в 40 Мбіт/с (без урахування каналів передачі радіолокаційної інформації) та 20 каналів відеоспостереження з можливістю встановлення в кожному каналі декількох камер з послідовним переглядом.

Необхідна кількість обладнання для створення БМЗ *авбр* стандарту IEEE 802.11 описаної вище архітектури та її орієнтовну ринкову вартість в цінах сьогодення наведено в табл. 3.

Таким чином бездротова мережа зв'язку, що побудована за представленою на рис. 1 архітектурою, спроможна утворити потрібну зону покриття, забезпечити сервіси телефонії, передачі даних і відеоспостереження, збалансувати трафік як між точками доступу, так і по маршрутам потоку інформації.

## Висновки

Підсумовуючи вищевикладене, можна зробити такі висновки:

- архітектура БМЗ *авбр* стандарту IEEE 802.11 має бути стільниковою з сіткоподібною або радіально-кільцевою топологією та забезпечувати безшовний роумінг;
- БМЗ *авбр* має бути мультисервісною;
- з метою більш повного використання загального каналного ресурсу декількома радіомережами доцільно застосувати механізм віртуальних локальних мереж;
- для захисту інформації в мережі рекомендується ешелонована система аутентифікації, авторизації, шифрування і інкапсуляції з використанням сучасних технологій кодування з гарантованою стійкістю;
- для розгортання мережі пропонується використовувати обладнання Cisco Systems;
- максимальна вартість мережі з максимальною кількістю базових станцій, що дорівнює 20 одиницям, у цінах сьогодення складає близько 1600 тисяч гривень;
- за визначеною вартістю БМЗ *авбр* здатна забезпечити 1400 каналів аудіопотоку, 20 каналів відеопотоку, потік передачі даних в 40 Мбіт/с в радіомережах та потік передачі даних в 25 Мбіт/с в радіонапрямах.

Таблиця 3

Кількість та вартість обладнання стандарту IEEE 802.11 для побудови БМЗ авбр (варіант)

Назва обладнання	Специфікація(тип) бездротового обладнання	Кількість	Вартість однієї одиниці, у.о.	Повна вартість, у.о.
Точка доступу	Cisco AIR-LAP1505G-E-K9	20	2999	59980
Міст	Cisco AIR-LAP1310G-E-K9-R	138	1299	179262
Міст	Orinoco AP-1000 PC з Card Gold	10	995	9950
Контролер	AIR-WLC4402-25-K9	1	14395	14395
Маршрутизатор	CISCO 1811/K9	20	927	18540
Комутатор	3560-24TS-S	1	5720	5720
Сервер	R-Line Professional	3	3000	9000
Антенна, 21 дБ	Cisco AIR-ANT3338	148	999	147852
Антенна, 5 дБ	Cisco AIR-ANT2455V-N	20	159	3180
НВЧ кабель і роз'єми	ANT24-ODU3M (LMR-400)	168	20	3360
ПО WCS	AIR-WCS-WB-1.0-K9	1	3995	3995
ПО Turbocell	TurboCell Satellite	10	262	2620
Комунікатор	E-Ten X500 (Glofiish) Plus	50	664	33200
Всього				491054 (1600 тис. грн.)

Результати досліджень стали підґрунтям для розробки проекту Концепції впровадження стандарту IEEE 802.11 в систему наземного радіозв'язку авіаційних бригаад Повітряних Сил Збройних Сил України і можуть бути покладені в основу проекту Комплексної програми впровадження цього стандарту.

### Список літератури

1. Коробка О.Г. Дослідження можливості застосування бездротових мереж передачі даних в системі управління авіаційною бригадою / О.Г. Коробка, Р.В. Воробйов, О.П. Кулик, В.П. Поздняк, І.М. Ігнатов // *Наук.*

*практ. конф. „Перспективні технологічні та ринкові напрями розвитку телекомунікаційних послуг у новітніх бездротових системах зв'язку“: Праці ін-та / Укр. наук. досл. інс-т радіотелеб. – 2007. – С. 54-56.*

2. *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. – L. ANSI/IEEE Std 802.11, 1999. – 127 p.*

3. Девіс Д. Сертифікати та інфраструктура откритых ключей [Електронний ресурс] / Джозеф Девіс // 2006. – Режим доступу до статті: [www.matrix.ua](http://www.matrix.ua).

Надійшла до редколегії 15.04.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Кузнецов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ПРИМЕНЕНИЕ СТАНДАРТА IEEE 802.11 ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ МЕЖДУ ПУНКТАМИ УПРАВЛЕНИЯ И ОБЪЕКТАМИ АВИАЦИОННОЙ БРИГАДЫ

О.Г. Коробка, Р.В. Воробьёв, О.П. Кулик

*Рассмотрены особенности построения беспроводной сети связи авиационной бригады, ее топология, архитектура и состав. Представлены основные технические и экономические характеристики типичной сети стандарта IEEE 802.11, которая обеспечивает обмен информацией между пунктами управления и объектами авиационной бригады.*

**Ключевые слова:** беспроводная сеть связи, стандарт IEEE 802.11, обмен информацией, авиационная бригада, топология и архитектура сети

### STANDARD IEEE 802.11 APPLICATION FOR INFORMATION EXCHANGE BETWEEN COMMAND POSTS AND UNITS OF AVIATION BRIGADE

O.G. Korobka, R.V. Vorobiow, O.P. Kulik

*The aviation brigade wireless communication network construction peculiarities, its topology, architecture and composition, are considered. Main technical and economical characteristics of standard IEEE 802.11 typical network provide an information exchange between the command posts and aviation brigade units.*

**Keywords:** wireless communication network standard IEEE 802.11, information exchange, aviation brigade, topology and architecture of network.