

УДК 621.34.58

Залужний О. В., ад'юнкт

Гурський Т. Г., канд. техн. наук (E-mail: 025572@gmail.com)

Борисов О. В., канд. техн. наук

Мацаєнко А. М., канд. техн. наук (E-mail: matsaenko2007@ukr.net)

(Державний університет телекомунікацій, м. Київ)

АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ВИКОРИСТАННЯ ОДНОСТОРОННІХ РАДІОЛІНІЙ В СУЧАСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Залужний О. В., Гурський Т. Г., Борисов О. В., Мацаєнко А. М. Аналіз варіантів використання односторонніх радіоліній в сучасних телекомунікаційних системах. Розглянуто варіанти використання односторонніх радіоліній в системах персонального радіовиклику, системах радіоуправління, телеметрії, моніторингу віддалених об'єктів та оповіщення. Проаналізовано особливості їх застосування. Зроблені висновки щодо можливих напрямків подальших досліджень.

Ключові слова: одностороння радіолінія, одностороння радіопередача, пейджинг, система охоронно-пожежної сигналізації, радіоуправління, телеметрія

Залужный А. В., Гурский Т. Г., Борисов О. В., Мацаенко А. Н. Анализ вариантов использования односторонних радиолиний в современных телекоммуникационных системах. Рассмотрены варианты использования односторонних радиолиний в системах персонального радиовызова, системах радиоуправления, телеметрии, мониторинга отдаленных объектов и оповещения. Проанализированы особенности их применения. Сделаны выводы относительно возможных направлений последующих исследований.

Ключевые слова: односторонняя радиолиния, односторонняя радиопередача, пейджинг, система охранно-пожарной сигнализации, радиоуправление, телеметрия

Zaluzhnyy O. V., Hurskyi T. H., Borysov O. V., Matsayenko A. M. Ananalysis of variants of using one-way radio lines in the modern telecommunication systems. Variants of using one-way radio lines in the paging systems, telemetry, monitoring remote sites and warning system are considered. The specifics of their application are analyzed. Conclusions regarding possible directions for future research are made.

Keywords: one-way radio line, one-way radio transmission, paging, multiguard system, radio control, telemetry

Невід'ємною складовою сучасних телекомунікаційних систем є радіолінії, які слугують середовищем передачі різних видів інформації. За напрямком обміну повідомленнями вони поділяються на односторонні (одна із радіостанцій здійснює тільки передачу, інша (інші) – тільки прийом) та двосторонні (радіостанція здійснює передачу і прийом). Перші хоч і мають деякі функціональні обмеження, проте достатньо широко використовуються. Найвідомішими прикладами є телебачення та радіомовлення. Крім цього, на односторонній радіопередачі базуються системи персонального радіовиклику (пейджинг), вона має місце в системах радіоуправління, телеметрії, моніторингу віддалених об'єктів та оповіщення, які можуть бути як цивільного, так і спеціального призначення. Останні є незамінними в умовах ведення сучасних бойових дій, що пов'язано із застосуванням цілого ряду рознесених у просторі засобів розвідки, управління та вогневого ураження.

Незважаючи на велику кількість публікацій, присвячених розгляду окремих систем, які повністю, або частково побудовані на принципах одностороннього радіозв'язку, в літературі відсутній узагальнений аналіз варіантів використання такого способу доведення інформації.

Тому метою роботи є здійснення аналізу використання односторонніх радіоліній (ОРЛ) та визначення напрямків подальших досліджень.

Розглянемо найбільш поширені варіанти використання ОРЛ в цивільних системах (окрім систем радіоуправління), інформація про які є загальнодоступною. На основі отриманих результатів зробимо узагальнені висновки для систем різного призначення.

Системи персонального радіовиклику. Системи персонального радіовиклику (пейджингові від англ. *paging* – виклик) забезпечують односторонній радіозв'язок від центральної базової станції до мобільного абонентського пейджера, куди пересилаються адресовані власникові цього пейджера повідомлення. Вони мають вигляд послідовності літерно-цифрових символів або короткого мовного повідомлення. Оскільки пейджер не призначений для передачі сигналу, він споживає мало енергії та має невеликі розміри. Стандартна пейджингова система складається з центру обробки викликів, базового передавача та мобільних приймачів (пейджерів) [1].

В нинішніх умовах стрімкого розвитку телекомунікаційних технологій ці системи відходять у минуле, проте все ж таки знаходять місце в системах охоронної, пожежної, охоронно-пожежної сигналізації та оповіщення, або в тих випадках коли інші засоби зв'язку є недоступними. Прикладом такого використання є системи безпроводового підземного оповіщення, персонального виклику, спостереження і пошуку людей такі, як «СУБР-1П» і «СУБР-1СВМ» [2], в них передані від оператора до шахтарів повідомлення містять інформацію про тип аварії, її характер, місце, розвиток та наслідки, а також шлях найшвидшого виходу на поверхню.

Системи телеметрії, моніторингу віддалених об'єктів та оповіщення. Досить активно односторонні радіолінії застосовуються в телеметрії, системах моніторингу віддалених об'єктів та оповіщення, про що свідчать існуючі розробки та дослідження, які проводяться в цьому напрямку [2...7].

Одним із різновидів таких систем є радіосистеми передачі сповіщень (РСПС), які зазвичай складаються з багатьох передавачів об'єктових пристроїв (ОП) і приймача пункту центрального спостереження (ПЦС), зараз вони широко використовуються в системах охоронної, пожежної сигналізації, при виникненні надзвичайних ситуацій, для передачі тривожних повідомлень. До них висуваються різні вимоги по надійності функціонування (достовірність та гарантованість передачі повідомлень) в залежності від категорій об'єктів, які знаходяться під наглядом. Відповідно до [8] сповіщення – вид інформації про один певний стан або режим роботи системи тривожної сигналізації (охоронної або охоронно-пожежної), яка за допомогою РСПС може прийматись, передаватись, збиратись, оброблятись, формуватись в заданому вигляді (відображатись, звуковідтворюватись, друкуватись); тривожне сповіщення – вид інформації про тривогу (проникнення, напад, розкриття (злом), пожежу).

Досить поширеними в наш час є односторонні асинхронно-адресні РСПС, в яких для ПЦС невідомий момент формування і передачі чергового сповіщення. Вони гнучкі при побудові системи (легко нарощується число ОП, полегшується використання статистичних властивостей повідомлень для підвищення ефективності системи), мають потенційний економічний вигравш в порівнянні з іншими типами РСПС. Негативною особливістю асинхронно-адресних РСПС є наявність внутрішньосистемних завад – сигналів сповіщень сусідніх ОП, тому важливим завданням є мінімізація вірогідності колізій цих сигналів. Синхронно-адресні односторонні РСПС дозволяють позбавитися від проблеми колізій, проте для їх побудови вимагаються високостабільні джерела опорної частоти або годинник реального часу з синхронізацією по супутниковому сигналу GPS/Глонасс, що значно ускладнює ОП і, як наслідок, збільшує його вартість [7].

Розглянемо приклади РСПС, в яких використовуються односторонні радіолінії.

Система передачі охоронно-пожежних сповіщень «Иртыш-ЗРМ» (Росія) [3] призначена для створення централізованої мережі охорони об'єктів із передачею сповіщень по радіоканалу. Вона представляє собою програмно-апаратний комплекс, який містить ПЦС,

концентратори та периферійні (об'єктові) пристрої (Рис. 1). Обмін інформацією між ПЦС та ОП здійснюється по радіоканалу і не вимагає будь-якої прив'язки до існуючих мереж або прокладки нових ліній зв'язку. Цим досягається велика гнучкість при створенні мережі об'єктів, що охороняються.

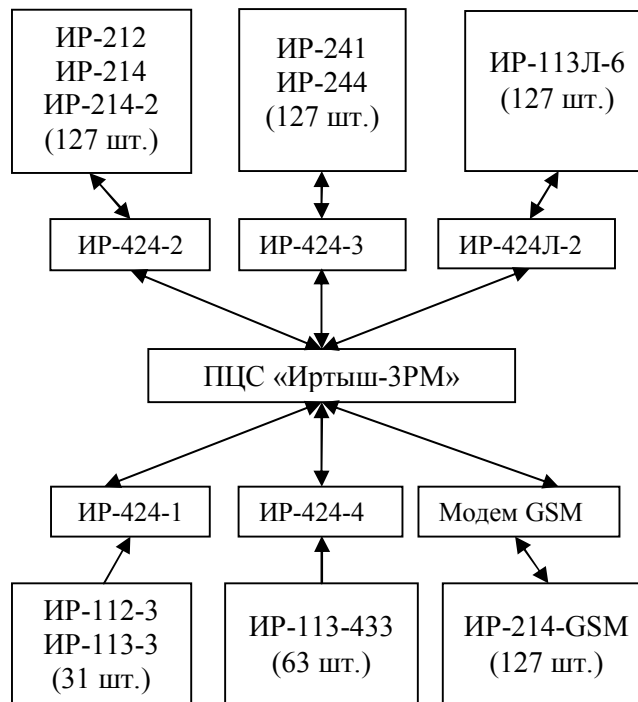


Рис. 1. Узагальнена структурна схема РСПС «Іртыш-ЗРМ»

Концентратор «Іртыш-424-4» здійснює прийом інформації від ОП та передачу її на ПЦС по радіоканалу в діапазоні частот 433 МГц. Обслуговує передавачі «Ір-113-433» загальною кількістю до 63 шт.

Концентратор «Іртыш-424-3» здійснює обмін інформацією з ОП та передачу її на ПЦС по радіоканалу в діапазоні частот 433 МГц, вихідна потужність передавача 10 мВт. Обслуговує ОП «Ір-241» та «Ір-244» загальною кількістю до 127 шт.

Концентратор «Іртыш-424-2» здійснює обмін інформацією з ОП та передачу її на ПЦС по радіоканалу 150-170МГц, вихідна потужність передавача 0,5 Вт. Обслуговує ОП «Ір-212», «Ір-214» загальною кількістю до 127 шт.

Концентратор «Іртыш-424-1» здійснює прийом інформації від ОП та передачу її на ПЦС по радіоканалу в діапазоні частот 150-170МГц. Обслуговує передавачі «Ір-112», «Ір-113» загальною кількістю до 31 шт.

Концентратор «Іртыш-424Л-2» здійснює обмін інформацією з ОП по двохпроводовій лінії зв'язку RS-485. Обслуговує ОП «Ір-113Л-6» загальною кількістю до 127 шт.

При використанні ОП «Ір-214-GSM» тривожні повідомлення через модем передаються на ЦПС мережею GSM.

На Рис. 1 приведена узагальнена структурна схема системи. Наявність різних видів ОП не є обов'язковою. Вони вибираються в залежності від призначення РСПС. Для багатьох випадків використання пристроїв із двостороннім зв'язком є економічно невиправданим. В такому разі застосовуються передавачі «Іртыш-112» та «Іртыш-113». Повідомлення концентратором приймаються в асинхронному режимі, а передаються на ПЦС в

синхронному тому кількість передавачів обмежена (не більше 31 шт.). Якщо ОП небагато, то можлива конфігурація системи без використання концентраторів.

Система централізованого спостереження та охорони «LARS» (Ізраїль) [4]. Призначена для збору інформації від віддалених об'єктів по радіоканалу інформації про зміни стану об'єктів, що охороняються, і обробки її на ПЦС. На Рис. 2 представлена функціональна схема системи.

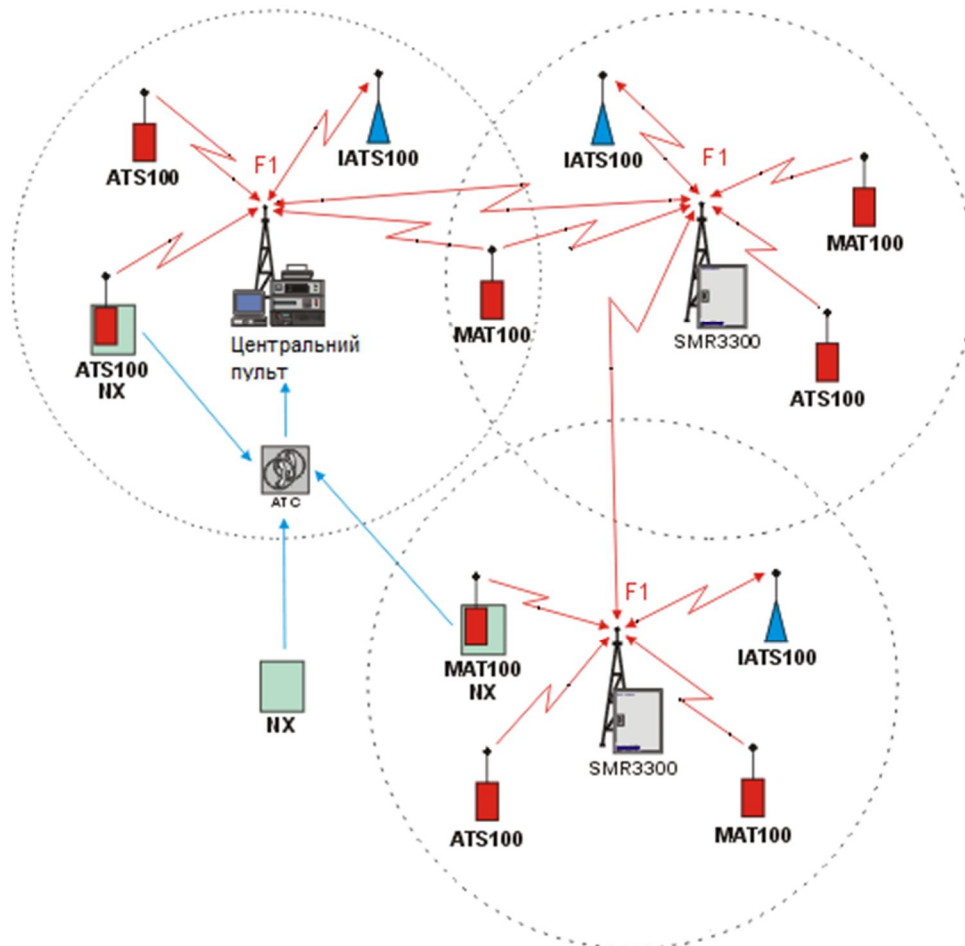


Рис. 2. Система «LARS»

- SMR3300 – інтелектуальний ретранслятор із мікроконтролером, який накопичує та аналізує інформацію;
- MAT100, ATS100 – передавачі тривожних повідомлень;
- IATS100 – прийомопередавач тривожних повідомлень;
- NX – приймально-контрольний пристрій для передачі тривожних повідомлень телефонним каналом;
- AT100NX – передавач, до складу якого входить приймально-контрольний модуль.

Повідомлення на ПЦС можуть передаватись як радіоканалом, так і проводимим телефонним каналом в залежності від особливостей застосування системи. Якщо об'єкт, що охороняється, обладнаний передавачем, то система працює в односторонньому режимі, якщо ж прийомопередавачем, то – у двохсторонньому. Кількість і довжина кодівих посилок (сповіщень) визначається оператором системи під час її програмування. Для надійності та достовірності передачі повідомлень здійснюється їх повторна передача, також застосовуються оптимальні методи модуляції та завадостійкого кодування. В разі двонаправленої роботи з цією ж метою використовується відправлення квитанції, проте воно є не завжди доцільним оскільки ускладнює алгоритми функціонування системи, завантажує радіоэфір надлишковою інформацією, що значно ускладнює доступ окремим ОП до

загального частотного ресурсу (всі ОП працюють на одній частоті). Система працює в асинхронному режимі. Відсутність адресної маршрутизації забезпечує простоту розгортання та резервування шляхів проходження повідомлень. За рахунок наявності ретрансляторів значно розширюється зона покриття системи. В разі реалізації системи LARS1 інформація передається тільки в одному напрямку.

Достатньо відомою є система «Informer» (США) [5]. Об'єктові пристрої даної системи, на відміну від попередньої, працюють тільки в односторонньому режимі. Її обладнання може складатися з передавачів, приймачів і ретрансляторів. Передача сигналів від усіх ОП, розташованих у межах зони контролю, здійснюється безпосередньо на ПЦС. Обладнання дозволяє організувати незалежні РСПС, які працюють на одній частоті в одному регіоні. Для підвищення надійності та достовірності передачі повідомлень також використовується багатократна передача.

Сповіщення містить в собі інформацію про номер зони, номер передавача та код тривожного повідомлення. Особливістю системи є також те, що контрольні панелі, встановлені на об'єктах, можуть використовуватися не тільки як стандартні охоронні та пожежні системи. Вони можуть служити для контролю температури, тиску, переміщення людей в межах обмеженого простору, витoku газу, виконувати медичне оповіщення та ін.

Системи «Informer», «ИРТЫШ-3Р», «LARS» є асинхронно-адресними. Перша базуються на односторонній передачі сповіщень. Останні можуть працювати як в односторонньому, так і в двосторонньому режимі (залежно від необхідності). До односторонніх РСПС також належать системи охоронно-пожежної сигналізації такі, як MG6160 (Paradox Security Systems), PowerMax Pro (Visonic). Вони призначені для захисту об'єктів житлового сектора нерухомості.

Розробником цифрових модемів, які використовуються зокрема і в системах передачі тривожних сповіщень є фінська компанія SATEL Oy [9]. На Рис. 3,а зображено найпростішу реалізацію системи, яка контролює стан (замкнено або розімкнено) сигнальних ланцюгів в залежності від конфігурації. Якщо відбувається зміна в схемі, посилається сигнал сповіщення.

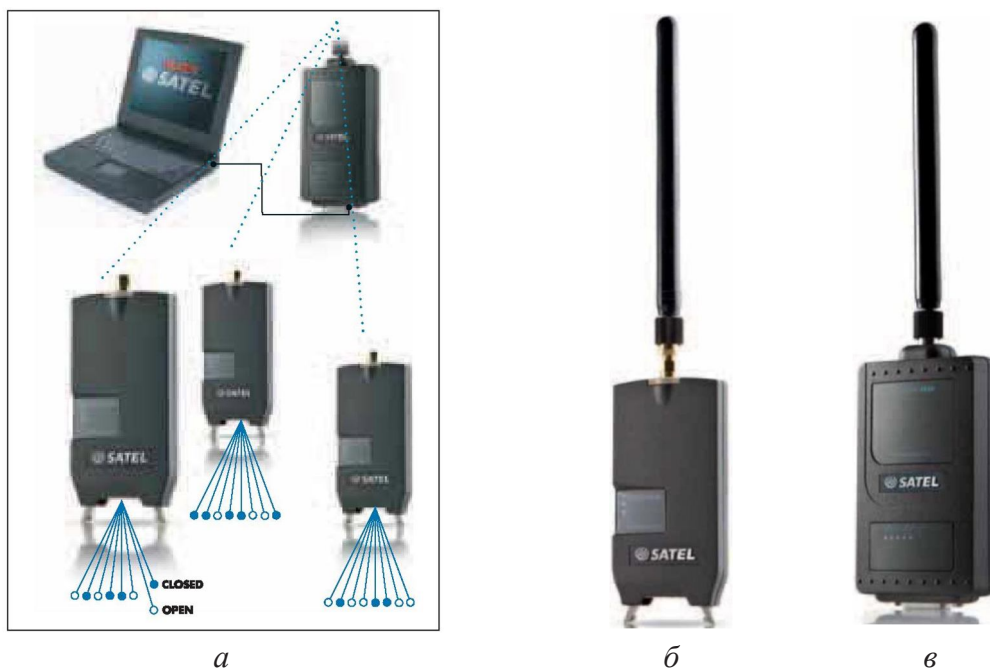


Рис. 3. Зразки обладнання компанії SATEL Oy та приклад реалізації системи сигналізації на їх основі

SATELCODE (Рис. 3,б) – це односторонній радіомодем з передавачем потужністю 0,1-4 Вт і синтезатором частоти, що працює в діапазоні 140-170 МГц. Він використовується для передачі сигналів сповіщення, пов'язаних з управлінням виробничим обладнанням або з безпекою людей. Сигнал сповіщення включається при спрацюванні схеми сигналізації.

SATELNODE X8SR (Рис. 3,в) – це універсальний приймач з високою чутливістю, що працює в діапазоні 140-170 МГц. Спільно з 4-ватним передавачем SATELCODE, він забезпечує радіозв'язок на кілька кілометрів. SATELNODE X8SR також забезпечує сполучення інтерфейсу одержувача з контролюючим обладнанням.

Односторонні радіолінії застосовуються в інноваційній системі дистанційного збору показів лічильників різного призначення «SensusBase» (Великобританія) [6], яка заснована на принципі односторонньої радіопередачі даних від лічильників до мережевого вузла і призначена для дистанційного знімання показів з лічильників води, газу, теплової та електроенергії, а також електронних розподільників витрат на опалення з наступною передачею показів в ПК для зберігання, обробки та аналізу. Система «SensusBase» складається з трьох основних елементів:

- 1) лічильників з радіопередавальними модулями Base-R, Base-MB і Base-P. Ці модулі дозволяють інтегрувати всі види лічильників в радіомережу;
- 2) мережевих вузлів – приймально-передавальних радіомодулів для автоматичного збору даних, здатних отримувати дані з лічильників, зберігати і передавати їх іншим вузлам мережі;
- 3) мережевих вузлів із шлюзом EtherNet, GSM або GPRS (для віддаленої передачі даних). До такого вузла підключається ПК з програмним забезпеченням BaseRemote для зчитування показів.

Система «SensusBase» максимально гнучка, вона здатна самостійно пристосовуватися до розмірів будівель і установ будь-яких типів.

Схема організації системи збору інформації із лічильників води з використанням «SensusBase» зображена на Рис. 4.

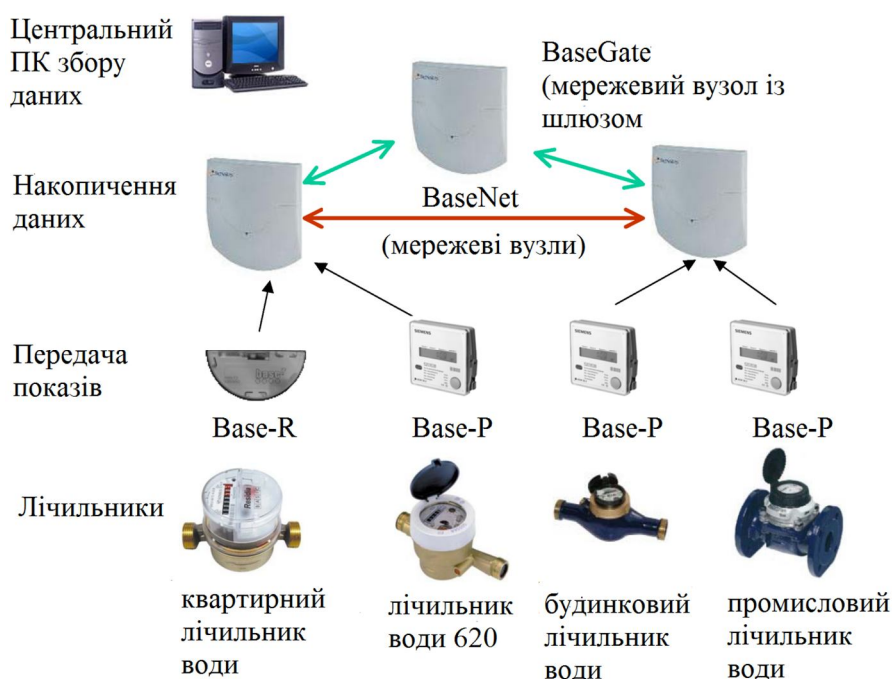


Рис. 4. Схема організації системи збору інформації із лічильників води з використанням «SensusBase»

В наш час такі системи активно розвиваються та впроваджуються.

На односторонній радіопередачі базується система аварійного оповіщення підземного персоналу шахт і родовищ – «Радиус-2» (Росія) [2]. Комплекс складається з передавальної апаратури (ПРД), антенно-фідерного пристрою (АФП) і приймальних пристроїв (ПРМ). До складу передавальної апаратури входить пульт дистанційного управління (ПДУ) гірничого диспетчера. Структура комплексу «Радиус-2» приведена на Рис. 5.

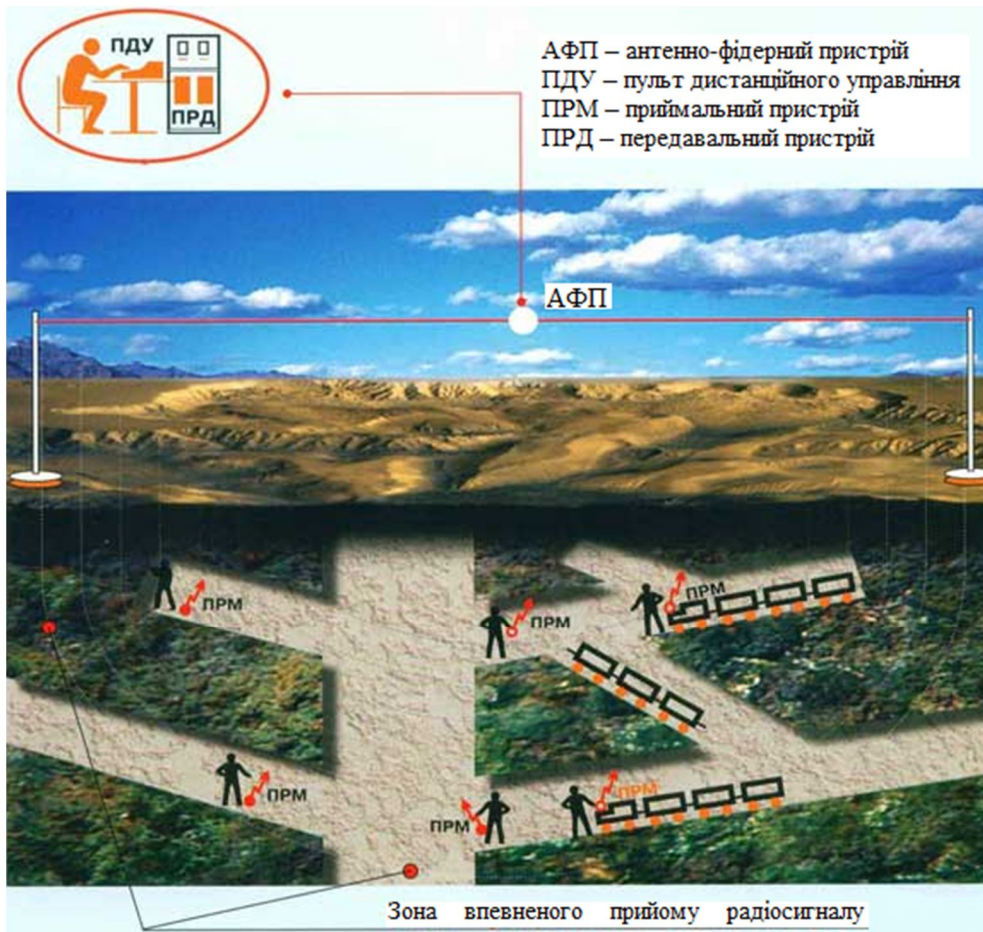


Рис. 5. Структура комплексу «Радиус-2»

Приймальний пристрій, вбудований всередину корпусу шахтного головного ліхтаря, забезпечує виконання наступних функцій: оповіщення про аварії, персональний виклик працюючих незалежно від того, в якому місці шахти вони знаходяться; пошук людей, яких застала аварія у шахті; спостереження місця знаходження, автоматичний табельний облік персоналу шахти.

У разі передаварійної чи аварійної ситуації гірничий диспетчер з ПДУ передає кодові радіосигнали оповіщення або персонального виклику в підземні виробки крізь товщу гірських порід. Приймальні пристрої вловлюють низькочастотні сигнали і перетворюють їх в миготіння лампи ліхтаря різної частоти, тривалості і паралельно в звукові сигнали. За типом цих сигналів шахтарі отримують інформацію про події в шахті.

Для реалізації пошуку людей, яких застала аварія, в приймальний пристрій вбудований шахтарський радіомаяк. Він включається диспетчером з ПДУ після подачі сигналу про аварію і починає випромінювати спеціальні сигнали потужністю до 10 мВт.

Спостереження місця знаходження або позиціонування персоналу виконано в комплексі «Радиус-2» за технологією активних RFID-міток, що являють собою передавачі високої частоти (434,5; 433,3 МГц), вбудовані в головні ліхтарі. Приймачі (зчитувачі) цих сигналів з'єднуються з комп'ютером диспетчера оптоволоконним каналом зв'язку.

В телеметрії, різних системах моніторингу, особливо спеціального призначення, для збору інформації часто використовуються безпроводові сенсорні мережі (БСМ) [10]. Одним з найбільш важливих обмежень для них є мале споживання енергії, зниження вартості та збільшення відмовостійкості [11, 12]. При розробці БСМ необхідно обирати оптимальні параметри мережі в залежності від особливостей застосування та поставлених вимог. Наприклад сучасні «multi-hop» БСМ (передача інформації від сенсорних вузлів до шлюзу мережі може здійснюватись, як безпосередньо так і через проміжні вузли) мають багато переваг, але вони дуже складні і в багатьох випадках їх практичне застосування не є необхідним. Існує багато варіантів використання, де сенсорні вузли (далі – сенсори, або моти) передають невелику кількість інформації на відносно великих проміжках часу, в такому випадку архітектура «single-hop» (кожен сенсор передає інформацію безпосередньо на шлюз) буде достатньою.

В роботах [13, 14] розглянуто концепцію БСМ з випадковою в часі односторонньою передачею, використовуючи одну радіочастоту. Під час досліджень було запропоновано архітектуру «single-hop». Проаналізовано мережу, що складається з N мотів (Рис. 6), які здатні направити інформацію про вимірювані фізичні величини на одній частоті до шлюзу абсолютно незалежно один від одного. Тривалість протоколу зв'язку позначено як t_p . Сенсори відправляють інформацію в точку прийому в випадково вибрані моменти часу T , але ці моменти відносно рідкісні. Моти повністю незалежні один від одного і їх включення або виключення не має ніякого впливу на експлуатацію мережі.

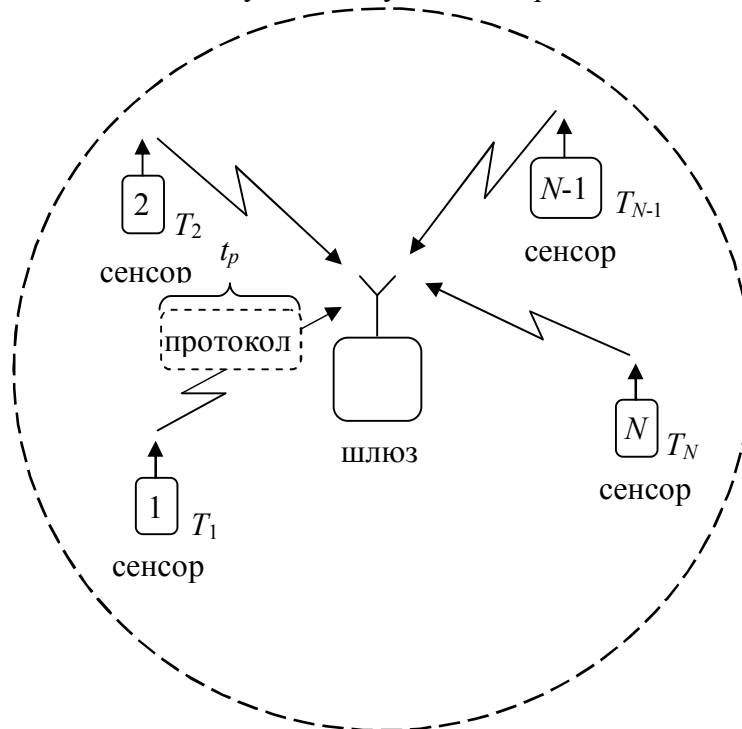


Рис. 6. Архітектура БСМ «single-hop» із випадковою в часі односторонньою передачею

Запропонована мережа реалізує максимально короткий протокол передачі, який не вимагає ніякої синхронізації або додаткового розширення меж протоколу за рахунок додаткових байт, пов'язаних із процедурами доступу управління потоком і т.д. Передача

повідомлень від окремих сенсорів до шлюзу не потребує складних процедур маршрутизації. Такий підхід також надзвичайно вигідний з точки зору економії енергії батарей, що пов'язано із відсутністю приймальних пристроїв в мотах та максимально коротким протоколом передачі інформації. Така мережа хоч і має значні функціональні обмеження але разом з тим може бути єдиним можливим варіантом в багатьох ситуаціях, а особливо під час ведення бойових дій.

Серед сучасних технологій, які використовуються в сенсорних мережах є технологія Bluetooth low energy, що передбачає для мінімізації використання електроенергії застосування одностороннього режиму передачі [15].

Системи радіоуправління. Радіоуправління – область науки і техніки, що пов'язана з дослідженням, розробкою та експлуатацією радіоелектронних засобів, які забезпечують управління на відстані різними технічними системами, процесами та діями обслуговуючого персоналу (екіпажу) [16]. Одним із прикладів його реалізації є командне радіоуправління, для якого характерним є те, що команда управління формується на пункті управління. Сформована команда передається об'єкту управління (ОУ) по командній радіолінії (КРЛ).

Командні радіосистеми [17] використовуються для дистанційного управління (ДУ) обладнанням в системах передачі відео-аудіо інформації, відео контролю і т.д. (для забезпечення дистанційного включення і виключення обладнання, зміни режимів його роботи, переключення мікрофонів та відеокамер), для управління різними електромеханічними пристроями і т.п.

Прикладом односторонньої передачі команд є управління електронними пристроями перехоплення інформації, яке розглядається, зокрема в [18]. Електронними пристроями перехоплення інформації називаються приховано встановлювані малогабаритні спеціальні електронні пристрої несанкціонованого знімання інформації. Такі пристрої часто називають закладними пристроями або просто закладками.

Найширше використовуються акустичні закладки, що передають інформацію по радіоканалу. Такі пристрої часто називають радіозакладками [19].

Для підвищення прихованості, а також збільшення часу автономної роботи сучасні радіозакладки обладнуються системою дистанційного управління (ДУ). В основному ДУ використовується для включення і виключення передавача. Це досить складні електронні системи. До їх складу додатково входить радіоприймач команд ДУ. У черговому режимі напруга подається тільки на радіоприймальний пристрій, постійно готовий до прийому сигналу управління, при отриманні якого подається команда на включення передавача, і закладка починає працювати на випромінювання. Як правило, сигнали управління передаються на частотах УКХ діапазону і для їх передачі використовуються спеціальні передавальні пристрої. Причому сигнал управління кодується для виключення помилкових спрацьовувань.

У деяких радіозакладках ДУ використовується для зміни параметрів випромінюваного сигналу і режимів роботи (як наприклад в РК - 2010 S) [18].

Для підвищення прихованості роботи використовуються закладки з розподілом етапів знімання і передачі інформації. Такі закладки часто називаються закладками з проміжним накопиченням. Вони мають у своєму складі безкінематичний цифровий накопичувач, приймач сигналів дистанційного управління і спеціальний передавач для прискореної передачі інформації [18]. Протягом порівняно тривалого часу закладка з проміжним накопиченням здійснює перехоплення акустичної інформації із записом її в цифровий накопичувач (тобто закладка працює в пасивному режимі). Передача інформації здійснюється за порівняно короткий час при заповненні накопичувача або за сигналом ДУ.

В системах охоронної сигналізації також є невід'ємними радіолінії передачі команд управління для постановки на охорону, зняття з охорони, передачі команд що стосуються зміни характеристик системи та ін.

Таким чином, проведений аналіз показує, що в наш час односторонні радіолінії досить активно використовуються і займають свою нішу в різних системах радіозв'язку. Доцільність такого способу доведення інформації залежить від специфіки застосування системи та призначення.

Загалом одностороння радіопередача дозволяє знизити вартість обладнання, зменшити затрати на розгортання та експлуатацію, спростити алгоритми функціонування, збільшити термін роботи окремих пристроїв від автономного джерела живлення.

При відомчому застосуванні особливо важливим є той факт, що ускладнюється, а іноді навіть унеможлиблюється спроможність виявлення місцезнаходження приймальних пристроїв. Варто підкреслити, що в умовах ведення бойових дій розглянуті системи можуть бути розгорнуті не тільки на полі бою, а навіть глибоко в тилу противника. В цих умовах важливу роль відіграють прихованість передачі інформації, тривалість автономної роботи (оскільки в більшості випадків немає можливості заміни джерела живлення) та оперативність розгортання (системи датчиків або сенсорів можуть бути розкидані із використанням літальних апаратів, в тому числі безпілотних). Оскільки існує велика імовірність фізичного знищення радіозасобів за короткий проміжок часу то важливим фактором є зниження їх вартості, що призводить до зменшення економічних втрат.

Проте у випадку одностороннього радіозв'язку обмежується об'єм переданої інформації, що зумовлено асинхронністю роботи системи, яка в свою чергу призводить до загрози виникнення внутрішньосистемних завад. Синхронно-адресні системи дозволяють усунути цей недолік, але мають значно більшу вартість, складність та меншу автономність (потребують високостабільного джерела опорної частоти або годинника реального часу з синхронізацією по супутниковому сигналу GPS/Глонасс). Відсутність зворотного каналу зумовлює необхідність в максимізації надійності та достовірності передачі команд і повідомлень, що є особливо важливо для систем спеціального призначення, які часто працюють в складних заводських умовах (існує імовірність постановки імітаційних завад).

Тому одним із основних напрямків подальших досліджень є підвищення стійкості односторонніх радіоліній до впливу різних видів завад.

Література

1. Весоловский Кшиштоф. Системы подвижной радиосвязи / Весоловский Кшиштоф; [пер. с польск. И. Д. Рудинский; под ред. А. И. Ледовского]. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2006. – 536 с.
2. Кочнев В.О. В радиусе повышенного внимания к шахтеру / В. О. Кочнев // Уголь Кузбасса. – Кемерово, 2011. – № 2 (014). – С. 68-69.
3. Радиосистема передачи охранно-пожарных извещений "Иртыш-ЗРМ". – Омск: ООО Научно-техническая компания "Интеллектуальные комплексные системы" (НТК "ИНТЕКС")[Электронный ресурс] //– Режим доступа:
<http://www.intecs.ru/okhrana/radiosistema-peredachi-okhranno-pozharnykh-izveshchenii-irtysh-3rm>.
4. "LARS NET™" – Long-Range Radio Alarm Systems (Радиосистема централизованной охраны дальнего действия): Техническое описание системы. Руководство[Электронный ресурс]. – Москва : ЗАО "АССТИР". – 16 с. – Режим доступа:
<http://asstir.ru/userfiles/file/docs/Lars.pdf>.

5. Волхонский В.В. Система передачи извещений Informer 12000 / В. В. Волхонский, С.В. Кот. – Санкт-Петербург : Экополис и Культура, 1999. – 32 с.
6. “SensusBas” стационарная радиосистема для съема показаний в многоэтажных домах [Электронный ресурс]. – Киев: ООО “Инвест Премекс”, 2010. – 8 с. // – Режим доступа:
http://www.in-prem.com.ua/files/pdf/pr_SensusBase.pdf.
7. Василевский В.В. Разработка асинхронно-адресной односторонней радиосистемы передачи извещений нелицензируемого диапазона частот: дис. кандидата техн. наук: 05.12.04 / В. В. Василевский. – Омск, 2010. – 164с.
8. Системи тривожної сигналізації, системи охоронної і охоронно-пожежної сигналізації. Терміни та визначення: ДСТУ 3960-2000. – [Чинний від 2000-07-01]. — Київ : Держстандарт України. – 2000. – 37 с.
9. Каталог “SATEL” [Электронный ресурс]. – Киев: АОЗТ “Новые технологи”, 2010. – 25 с. // – Режим доступа: http://www.ntech.kiev.ua/files/SATEL_Catalogue_2010_RUS.pdf.
10. Winkler M. Wireless Sensor Networks for Military Purposes / M. Winkler, M. Street, K.-D. Tuchs, K. Wrona // Autonomous Sensor Networks. Collective Sensing Strategies for Analytical Purposes. – 2013. – P. 365-394 .
11. Бойко Ю.М. Концептуальні особливості реалізації безпроводних сенсорних мереж / Ю.М. Бойко, В.М. Локазюк, В.В. Мішан // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 2. – С. 94-98.
12. Коваленко І.Г. Аналіз методів енергозбереження в сенсорних радіомережах / І. Г. Коваленко, В. А. Романюк, І. М. Діянчук // Збірник наукових праць ВІПІНТУУ «КПІ». – 2011. – № 1. – С. 76-84.
13. Rajba S. A wireless sensor network with a random control / S. Rajba // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – 2012. – № 738. – С. 106-112.
14. Rajba S. SIMULATION STUDY OF THE RANDOM ACCESS CONTROL IN THE WIRELESS SENSOR NETWORK / S. Rajba, T. Rajba, P. Raif // Ukrainian Scientific Journal of Information Security. – 2013. – Vol. 19, issue 1. – P. 7-13.
15. Gomez C. Overview and evaluation of bluetooth low energy: an emerging low-power wireless technology [Электронный ресурс] / Carles Gomez C., Oller J., Paradells J // Sensors. – 2012. – №12. – P. 11734-11753 // – Режим доступа : <http://www.mdpi.com/1424-8220/12/9/11734/pdf>.
16. Радиосистемы управления: учеб. для вузов / [В. А. Вейцель, А. С. Волковский, А. И. Жодзишский А.И. и др.]; под ред В.А. Вейцеля. – Москва : Дрофа, 2005. – 416 с.
17. Сердюков П.Н. Цифровые системы командного радиоуправления / П. Н. Сердюков, С.В. Аверин. – Москва : ГУ НПО «Специальная техника и связь» МВД России, 2002. – 81 с.
18. Хорев А.А. Методы и средства поиска электронных устройств перехвата информации / А. А. Хорев. – Москва : МО РФ, 1998. – 224 с.
19. Хорев А.А. Аналоговые акустические радиозакладки / А. А. Хорев // Спецтехника и связь. – 2010. – № 1. – С 20-27.

Дата надходження в редакцію: 15.08.2014 р.

Рецензент: д.т.н., проф. С. В. Толюпа