

АРГУМЕНТАЦІЯ ПОЄДНАННЯ БПЛА ТА БСМ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН

Карпенко М.І., Чумаченко С.М., Мошенський А.О.

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

E-mail: sapta@ukr.net

ARGUMENTATION OF THE CONNECTION OF UAVS AND WSN FOR REMOTE SENSING OF DANGEROUS SUBSTANCES

This article considers the prospects of using unmanned aerial vehicles (UAV) and wireless sensor networks (WSN) of the Internet of Things (IoT) for remote sensing of dangerous substances. In the context of contemporary realities in the form of Russian terrorist attacks with the use of chemical weapons and shelling of nuclear power plants, the author emphasizes the advantage of UAVs in identifying and monitoring dangerous substances. The article proposes the combination of UAVs and WSN into a single network and shows the results of the analysis of possible methods and means of communication of WSN network devices.

Дистанційне виявлення небезпечних речовин покладено на війська РХБЗ. Виділяють радіаційну, хімічну та біологічну розвідки. Кожна з них проводиться по-своєму та має власний набір методів та засобів щодо виявлення та розпізнавання небезпеки. Радіаційна та хімічні розвідки проводяться як наземно, так і в повітрі. Наземний тип розвідки передбачає наявність засобів виявлення та розпізнавання. Більшість із цих засобів є старими зразками радянських часів. Наприклад, для радіаційної розвідки характерна наявність таких спеціальних засобів: : індикатори (ДП-63, ДП-63А, ДП-64), вимірювачі потужності дози (ДП-5В, ДП5ВБ(А,Б,В), ИМД-5, ИМД-1, ДБГ-06Т, ИМД-21Б, ИМД-31), вимірювачі дози (ДП-22В, ДП- 24, ИД-11), комплекси дозиметрів (ИД-1, ИД-11, ДК-0,2), дозиметри-радіометри (МКС-05, МКС-У, ДП-12, ДП-100М, ДП-100АДМ, «Луч-А», «Тиса»), дозиметричні установки (КДУ-6Б), а також прилади радіаційної та хімічної розвідки (ПРХР, ПРХР-МЕ) [1]. Однак, є і нові зразки, на кшталт блоків детектування БДБГ-Т виробництва тм. ЕКОТЕСТ, що встановлюються на наземну техніку. Хімічна розвідка також має наземну техніку у вигляді БРДМ-РХ, УАЗ-469-РХ, БТР-РХ. Повітряний моніторинг здійснюється за допомогою літальних апаратів на кшталт БЛР оп "Стриж", БЛР "Рейс". Дана ситуація у вигляді здійснення моніторингу ручними засобами (дозиметрами, радіометрами, і т.п.) та встановленими на наземну техніку приладами (блоки детектування, хім лабораторії і т.п.) показує нам необхідність популяризації застосування БПЛА. Переваги дистанційного зондування перед звичайним беззаперечні, оскільки усувається необхідність наражати людину на небезпеку знаходження в зонах забруднення, небезпечних для життя. Тим паче, що точність вимірювання від цього значно зростає [2]. Наземна техніка краще

вберігає екіпаж від шкідливого середовища, однак повне перенесення блоків детектування на БПЛА дало б змогу повністю ізолювати оператора від шкідливих впливів та значно пришвидшити обстеження заражених зон.

Ручні та стаціонарні дозиметри вкрай рідко мають знімні носії для запису отриманої інформації, ще рідше вони мають канал зв'язку, по якому вони передають дані дистанційно. З бортовими приладами ситуація краще, але все одно вони зазвичай мають закриту мережу для кількох блоків. Створення динамічної БСМ підвищило б ефективність моніторингу на порядок. Цей факт доводить підписання Міноборони України Меморандуму про співпрацю з аналітичним проєктом DeepStateUA, який публікує карту з оновленнями щодо перебігу бойових дій в Україні. Маршрути для БПЛА можна побудувати [3] та використовувати дані точок вимірювання у реальному часі. Це стане можливим за допомогою включення БПЛА в мережу IoT як рухомого датчика, обладнаного необхідними сенсорами та радіо модулями [4].

Подібна мережа може бути сформована на основі безпроводового каналу передачі даних повнозв'язної топології мережі або mesh в УКХ діапазоні.

Ультракороткі хвилі мають діапазон 300 МГц - 3 ГГц і є ідеальним вибором за рахунок кількох факторів: можливість передавати велику кількість даних на великі відстані; коротка довжина хвилі дозволяє зменшити розміри антен та модулів, що важливо для створення блоку з модулів для розміщення їх на БПЛА за рахунок зменшення розміру та ваги блоку пристроїв; радіосигнали на ультрависоких частотах мають хорошу проникність через перешкоди, що дозволяє передавати дані через стіни та інші перешкоди без значного зниження якості сигналу; передача числової інформації датчиків не потребує такої широкої смуги пропускання, що дозволяє уникнути необхідності використання діапазонів радіохвиль з вищою пропускнуою здатністю для передачі фото та відео.

Mesh та повнозв'язна мережа забезпечить створення зон суцільного інформаційного покриття великої площі, масштабованість та стійкість мережі до втрати окремих елементів.

Для забезпечення роботи мережі типу mesh (яка вимагається нашим проєктом) необхідно обрати радіомодуль, який підтримує відповідні протоколи LPWAN. LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) - це група протоколів зв'язку, які дозволяють передавати дані на великі відстані з мінімальним використанням енергії. Відомі наступні протоколи LPWAN: LoRa, SIGFOX, NB-IoT або LTE-M.

Підхід, що використовується передачі даних в LPWAN-мережі, схожий принцип роботи стільникових мереж. Розумні датчики або лічильники передають сигнал радіоефіру. Базові станції приймають та оцифровують сигнали від LPWAN-пристроїв, передаючи їх далі на сервер. На серверах дані від усіх станцій у мережі обробляються та надаються у зручному для користувача вигляді. Зворотній зв'язок дозволяє керувати пристроями віддалено.

Згідно з матеріалів порівнянь технологій радіозв'язку у праці Топал, О.І. та ін., найкращою для наших потреб є технологія LoRa, яка базується на технології розширення спектру (Spread Spectrum Modulation) та варіації лінійної частотної модуляції (Chirp Spread Spectrum, CSS), що дозволяє забезпечити високу стійкість зв'язку на великих відстанях.

Для формування мережі УКХ діапазону кожному з модулів для збору даних необхідний трансивер. Від якості трансивера залежать параметри зв'язку, такі як чутливість, максимальна потужність передачі, дальність зв'язку, швидкість передачі даних тощо. Найпопулярнішими виробниками трансиверів є Semtech, Texas Instruments, Microchip Technology, STMicroelectronics, Silicon Labs, RF Solutions, HopeRF, Murata. Найвищу дальність мають радіомодулі з підтримкою протоколу LoRaWAN (частота, швидкість передачі, дальність зв'язку): Ra-06(410-525МГц, 300Кб/с, 5км), RFM95W (868МГц, 300Кб/с, 8км), Lora32u4 II (868-915 МГц, 300Кб/с, 4-7.2км), N533LS (868-915МГц, 2000 Кб/с, 14км). Усі названі радіомодулі мають малі габарити (від 16×16 у RFM95W до 53×25 в Lora32u4 II) та доволі високі ціни (438,670, 514 грн в Ra06, Lora32u4 II та N533LS відповідно), окрім RFM95W, який можна знайти на ринку за 271 грн станом на 17.03.2023[6].

Розглянуто перспективи використання безпілотних літальних апаратів, підкреслено перевагу БПЛА у визначенні та моніторингу небезпечних речовин, показано результати аналізу можливих методів та засобів комунікації пристроїв мережі БСМ.

Література

1. Чернявський І. Ю., Марущенко В. В., Мартинюк І. М. (2022). Військова дозиметрія: підручник. К. : Вид. «КНТ», 530 с. ISBN 978-966-570-818-6.
2. Connor, D., Martin, P. G., & Scott, T. B. (2016). Airborne radiation mapping: overview and application of current and future aerial systems. *International journal of remote sensing*, 37(24), 5953-5987.
3. Чумаченко, С. М., et al. "42. МЕТОД ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ ПРО СТАН ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ З ВУЗЛІВ БЕЗПРОВОДОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ." CHALLENGES AND THREATS TO CRITICAL INFRASTRUCTURE (2023): 171.
4. Лисенко, О. І., Тачиніна, О. М., Пономаренко, С. О., & Гуйда, О. Г. (2023). Теорія оптимальних розгалужених траєкторій.
5. Топал, О.І., Любарець, М.І., Прищепов Є.О. (2020) ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ОБЛІКУ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ: СКЛАДНИКИ, ТЕХНОЛОГІЇ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ, ВЧЕНІ ЗАПИСКИ ТАВРІЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО Серія: Технічні науки Том 31 (70) № 6 2020 Частина 1 сторінка 31.
6. Карпенко, М.І., Чумаченко, С.М., Мошенський, А.О. (2023) Вибір оптимального способу передачі даних для створення програмноапаратного комплексу інформаційної системи виявлення небезпечних речовин. *International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution"*, April, 3-7, 2023. Book of abstract. Part 2. NUFT, Kyiv.