

УДК 004.93:621.391

ВИБІР ШИРОКОСМУГОВИХ БЕЗДРОТОВИХ СИСТЕМ З ЗАХИСТОМ ВІД РАДІОВИЯВЛЕННЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ СТАЦІОНАРНИХ СИСТЕМ ВІДЕОМОНІТОРИНГУ

Сербський Г.О.

Науковий керівник – к.т.н., асистент Волох А.В.

e-mail: hlib.serbskyi@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС,
студ. наук. гурток «Розробка вбудованих систем»,
м. Харків, Україна

The article analyzes wireless data transmission technologies for stationary video monitoring systems using YOLO neural networks. It evaluates 5 GHz OFDM/TDMA systems, tactical COFDM solutions, and 60 GHz WiGig standards in terms of throughput, latency, and low probability of detection (LPD). It is established that the millimeter-wave (mmWave) band is optimal for stationary objects, as it provides gigabit speeds, low latency, and high stealth from radio detection due to narrow antenna directivity and signal absorption by oxygen.

Організація стаціонарних систем відеомоніторингу з автоматичним відстеженням та ідентифікацією об'єктів на основі нейромереж, зазвичай потребує планування та вирішення складних технічних питань. Одним з таких питань може бути вибір технологій організації передачі даних з місця встановлення відеокамери до центру обробки інформації. Наприклад, якщо для обробки відеоданих буде залучатися нейромережа на базі моделі YOLO, то для максимізації точності ідентифікації людей та великих предметів шляхом уникнення артефактів стиснення, необхідно буде передавати кадри в форматі RAW10 з роздільною здатністю 640 на 640 при 30 fps [1]. Для забезпечення таких умов бездротова система повинна мати швидкість передачі даних 150-200 Мбіт/с з низькою затримкою. Якщо існує можливість використати або організувати дротові мережі, чи існуючі бездротові, такі як Wi-Fi 6, 5G, тоді питання вибору технології передачі даних не виникає. Але якщо немає можливості використати вказані мережі в зоні розгортання системи відеомоніторингу, інтерес представляє аналіз існуючих бездротових систем, здатних забезпечити вказані характеристики щодо швидкості та затримки, особливо якщо такі системи повинні бути захищеними від радіовиявлення.

Серед існуючих комерційних рішень, першими бездротовими системами, здатними забезпечити вказану швидкість передачі даних і організувати з'єднання точка-точка, є широкосмугові бездротові мости (на основі OFDM, TDMA), які побудовані з дотриманням стандарту 802.11. Прикладом таких систем є Ubiquiti airMAX або MikroTik LHG 5 ac, що здатні забезпечити реальну швидкість 180–250 Мбіт/с на відстані до 5–10 км при

прямій видимості (LOS) [2]. Такі системи мають порівняно низьку вартість, широкий спектр практичних прикладів їх використання на рівні провайдерів. Водночас вони не забезпечать необхідний рівень захисту від радіовиявлення і їх робота може бути порушена за допомогою подавлення каналу.

Альтернативною попереднім бездротовим системам можуть бути системи, які також працюють на частотах 2.4/5 ГГц, але використовують завадостійке ортогональне частотне розділення каналів з кодуванням (COFDM). Прикладами таких систем може бути обладнання Silvus Technologies (серія StreamCaster), Doodle Labs (серія Smart Radio), DTC (серія NETNode). Завдяки використанню COFDM такі системи мають ряд переваг: стійкість до багатопроменевого поширення, стійкість до вузькосмугових завад, здатність працювати без прямої видимості, низьку ймовірність виявлення та перехоплення. Використання технології просторового мультиплексування (MIMO) в таких системах дозволяє підвищити спільну швидкість передачі даних між точкою передачі та прийому [3]. В більшості таких систем використовуються вузькі смуги частот для передачі даних (2, 4, 8, 10 МГц), які, навіть з урахуванням використання MIMO, спроможні забезпечити швидкість передачі даних до 30 Мбіт/с на канал. Окремо можна виділити обладнання Smart Radio від Doodle Labs, яке підтримує роботу каналу зі смугою частоти до 40 МГц, що при застосуванні технології MIMO 2x2 дозволить забезпечити швидкість 100 Мбіт/с. Підтримка цим обладнанням технології Channel Bonding (об'єднання каналів) та Dual-Radio Mesh для використання двох радіомодулів одночасно, дозволить досягти швидкості 150-200 Мбіт/с. Однак робота системи в таких широких смугах частот на «типовій» несучій 2.4/5 ГГц, фактично робить такі системи так само вразливими до радіовиявлення та подавлення сигналів, як і попередньо розглянуті Wi-Fi системи.

Системи бездротового зв'язку, які працюють в діапазоні міліметрових хвиль (60 ГГц) з використанням стандартів передачі даних WiGig є ще одним прикладом реалізації широкосмугового радіоканалу, який здатен забезпечити гігабітні швидкості на коротких відстанях з затримками 1 мс та менше. Ці системи не використовують технології розширення спектру, натомість під передачу даних виділяється природно широка смуга частот, яка доступна в діапазоні 60 ГГц (V-band), для одного каналу – 2,16 ГГц. Прикладами таких систем є Ubiquiti airFiber 60 LR, MikroTik Wireless Wire Dish, Siklu EtherHaul 600TX. Вони забезпечують швидкість 1000–1800 Мбіт/с на відстані 1-2 км [4]. До недоліків таких систем можна віднести необхідність прямої видимості (LOS), точного позиціонування антен та відносно коротку дистанцію можливості організації надійного каналу. Ці недоліки пов'язані зі специфікою поширення радіохвиль в діапазоні V-band: суттєве загасання міліметрових хвиль на молекулах кисню у повітрі та на атмосферних перешкодах, наявних в зоні прямої видимості; вузька спрямованість радіови-

промінювання антен таких систем, яка складає 1-2 градуси. Якщо точне позиціонування антен вдається забезпечити для стаціонарної системи відеомоніторингу, що використовуватиме бездротовий зв'язок WiGig, загасання міліметрових хвиль перетворюється в перевагу, якщо важливою вимогою до системи є забезпечення захисту від радіовиявлення. Інтенсивне поглинання міліметрових радіохвиль молекулами кисню приводить до того, що сигнал швидко загасає за межами робочої дистанції та вузького сектору випромінювання антени, що робить практично неможливим його виявлення вже за дистанції 2-3 км від джерела сигналу.

Кожна з попередньо розглянутих систем бездротового радіозв'язку здатна забезпечити необхідну швидкість передачі даних для використання в стаціонарній системі відеомоніторингу з подальшою обробкою зображень за допомогою нейромереж, з метою автоматичного визначення та ідентифікації предметів та людей. Однак, якщо важливим фактором є захищеність таких бездротових систем від радіовиявлення, то найкращим рішенням буде вибір саме систем міліметрових хвиль WiGig. Інтенсивне затухання сигналів з частотою 60 ГГц в повітрі та вузький промінь радіоканалу забезпечує швидке загасання сигналу за межами робочої дистанції, робить можливим радіовиявлення таких систем тільки у випадку безпосереднього перебування поряд з ними або на шляху поширення вузького радіопроміню.

Список використаних джерел:

1. Bochkovskiy A., Wang C. Y., Liao H. Y. M. YOLOv4: optimal speed and accuracy of object detection // Comput. Eng. Appl. 2020. P. 100 –108.
2. Gliwan A. O., Eltarjaman W. M., Almela H. B. Performance investigation of 5 GHz fixed wireless access network//Journal of Engineering Sciences. 2022. P. 1-13.
3. Harkat H., Monteiro P., Gameiro A. et al. A survey on MIMO-OFDM systems: Review of recent trends // 7th International Conference on Intelligent Information Processing. 2022. P. 359-395.
4. Mackay M., Raschella A., Toma O. Modelling and Analysis of Performance Characteristics in a 60 Ghz 802.11ad Wireless MeshBackhaul Network for an Urban 5G Deployment // Future Internet 14(2). 2022. P. 1-16.