УДК 621.391:358

Голобородько Юрій Миколайович,

к.т.н., доцент кафедри безпеки інформаційних технологій Харківського національного університету радіоелектроніки

КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ БАГАТОЦІЛЬОВИХ СИСТЕМ РАДІОКОНТРОЛЮ ДЛЯ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ БЕЗПЕКИ

Анотація. У роботі обґрунтовано необхідність та технічну можливість створення уніфікованої багатоцільової системи радіоконтролю в інтересах Збройних Сил України, Служби безпеки України, Міністерства внутрішніх справ та Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах електронних комунікацій (НКЕК). Розглянуто архітектуру системи, яка об'єднує стаціонарні, мобільні, авіаційні (на базі БПЛА) та переносні засоби радіоконтролю на основі технології SDR. Визначено спільні та відомчо-специфічні завдання системи, охоплюючи виявлення, пеленгування, аналіз спектра, моніторинг радіомереж та наведення оперативних підрозділів. Висвітлено питання безпеки даних, інтеграції з ситуаційними системами, а також використання алгоритмів штучного інтелекту для розпізнавання складних типів модуляції.

Ключові слова: система радіоконтролю, засоби радіоконтролю, виявлення випромінювань, пеленгування, аналіз спектра, моніторинг радіомереж.

Вступ. В умовах динамічного розвитку воєнних технологій та зростання залежності систем озброєння від сенсорів і телекомунікацій, ефективність сучасних армій на полі бою нерозривно пов'язана з потенціалом радіоелектронної боротьби (РЕБ) та радіоелектронної розвідки (РЕР). На високотехнологічному полі бою нейтралізація сил противника часто досягається через придушення або виведення з ладу його електронних засобів, систем зв'язку та управління, що вимагає їх своєчасного та точного виявлення.

В умовах тривалої війни протиповітряний та електромагнітний простір вимагає неперервного моніторингу. Водночас широке використання радіочастотного ресурсу невійськовими суб'єктами (комерційними структурами, державними органами, а також злочинними формуваннями) створює підвійне завдання: регуляторний контроль спектра та створення єдиного інформаційного поля радіоконтролю.

Наразі різні силові та регуляторні відомства (ЗСУ, СБУ, МВС, НКЕК)

експлуатують власні автономні системи радіоконтролю, які вирішують однотипні завдання, але функціонують ізольовано. Це призводить до дублювання функцій та неефективного використання ресурсів.. Метою цієї роботи є обґрунтування концепції та технічних принципів побудови уніфікованої багатоцільової системи радіоконтролю, здатної вирішувати як спільні, так і відомчо-специфічні завдання в єдиному цифровому просторі.

Призначення та завдання багатоцільової системи. Багатоцільова система радіоконтролю розробляється як міжвідомча платформа, завдання якої структуровано за трьома основними напрямками:

1. Оперативно-розвідувальні завдання (ЗСУ, СБУ, МВС):

– Виявлення та моніторинг: Пошук, ідентифікація та розкриття радіомереж противника чи кримінальних структур, оцінка їхньої активності, боєздатності та складання «радіопортретів» джерел випромінювання.

– Перехоплення та аналіз: Реєстрація переданих повідомлень, розкриття резервних та запасних частот.

– Відстеження динаміки: Контроль переміщення оперативно цінних кореспондентів та транспортних засобів у просторі та часі.

– Прогнозування та протидія: Прогноз діяльності об'єктів спостереження та надання цільових даних для оперативних дій або дооснащених засобів радіоподавлення.

2. Регуляторно-контрольні завдання (НКЕК):

– Контроль чистоти спектру: Моніторинг завантаженості каналів урядового, відомчого та спецзв'язку.

– Дотримання регламенту: Перевірка дотримання користувачами радіочастотного ресурсу ліцензійних умов і технічних параметрів випромінювання.

– Виявлення НДП: Автоматизований пошук та виявлення

незаконно діючих передавачів та несанкціонованого завадового випромінювання.

3. Спільні системно-технічні завдання:

– Суцільний моніторинг ефіру: Постійний огляд контрольованих полос частот із фіксацією параметрів випромінювань.

– Автоматизована пеленгація: Визначення координат стаціонарних та рухомих джерел із відображенням результатів на геоінформаційних картах (GIS) місцевості.

– Цілевказання та наведення: Передача координат для мобільних пеленгаторних груп чи підрозділів реагування/затримання.

Склад та архітектура системи:

Система будується як розподілена багаторівнева мережа, що включає:

– Стаціонарні пости радіоконтролю: Розміщуються на панівних висотах для постійного панорамного огляду та первинної пеленгації.

– Мобільні станції на автотранспорті: Забезпечують оперативний вихід у район виявленого джерела, локалізацію в умовах щільної міської забудови та складного рельєфу.

– Авіаційні пеленгаційні комплекси (на базі БПЛА): Безпілотні літальні апарати коптерного та крилатого типів, що розширюють радіогоризонт та забезпечують пеленгування джерел у важкодоступних зонах.

– Переносні (портативні) комплекси: Використовуються оперативними групами безпосередньо під час дій на місці.

Розмежування доступу та безпека даних:

Оскільки система призначена для міжвідомчої експлуатації, її інформаційна структура базується на моделі ролевого доступу (RBAC) та надійному шифруванні каналів зв'язку. Це гарантує, що цивільний регулятор (НКЕК) отримує доступ лише до параметрів використання

спектра та завадової обстановки, тоді як оперативно-розвідувальні дані ЗСУ, СБУ та МВС залишаються суворо розмежованими відповідно до рівня доступу до кожної структури.

Інтеграція із ситуаційними системами. Централізовані сервери та АРМ операторів оснащуються уніфікованим програмним інтерфейсом (API). Це дозволяє в режимі реальної години передавати виявлені координати ворожих або несанкціонованих джерел радіовипромінювання в вітчизняні системи ситуаційної освідомленості (зокрема АСУ «Дельта», «Кропива» тощо).

Принципи функціонування та методи пеленгування. Основою роботи системи є суцільний цифрований панорамний аналіз радіочастотного спектру на основі апаратури Software-Defined Radio (SDR).

Пеленгування та розрахунок координат джерел радіовипромінювання здійснюються за допомогою комбінації сучасних методів:

1. **TDOA (Time Difference of Arrival - різницево-дальномірний):** Визначення координат шляхом вимірювання затримки прийому сигналу кількома синхронізованими стаційними та БПЛА-постами. Для забезпечення необхідної точності застосовується високоточна годинна синхронізація через GNSS-приймачі або протокол PTP (Precision Time Protocol).
2. **AoA (Angle of Arrival – кутомірний):** Визначення кутів приходу хвилі за допомогою багатоелементних антенних решіток і методу тріангуляції.

Оператори на автоматизованих робочих місцях (АРМ) отримують топографічну карту території з накладеними пеленгаційними сітками, параметрами сигналів та автоматично розрахованими зонами ймовірного знаходження об'єктів.

Вимоги до апаратури та алгоритмів обробки. З огляду на високу щільність сигналів у сучасному ефірі та застосування складних типів

модуляції, до апаратно-програмного комплексу висуваються такі вимоги:

– Широкодіапазонність та динамічний діапазон: Здатність охоплювати широкий спектр частот із високою чутливістю та стійкістю до завад.

– Застосування алгоритмів штучного інтелекту (ШІ / Machine Learning): Автоматичне виявлення та класифікація сигналів з псевдовипадковим переналаштуванням робочої частоти (ППРЧ / FHSS), цифрових типів модуляції та формування автоматичних «радіопортретів» джерел.

– Мобільність та автономність: Малі габарити, оптимізоване енергоспоживання та дистанційне керування модулями системи.

Висновки. Створення уніфікованої багатоцільової системи радіоконтролю є стратегічним кроком для підвищення обороноздатності та забезпечення внутрішньої безпеки держави. Інтеграція стаціонарних, мобільних, безпілотних та переносних засобів в єдиний інформаційний простір дозволяє подолати міжвідомчу роз'єднаність та суттєво підвищити оперативність виявлення загроз в електромагнітному спектрі.

Впровадження технологій SDR, методів TDOA/AoA пеленгації, алгоритмів штучного інтелекту та захищених API для ситуаційних систем забезпечує високу точність та швидкість прийняття рішень. Подальший розвиток системи має бути спрямований на покращення алгоритмів автоматичного розпізнавання складних сигналів в умовах активних радіозавад.

Список використаних джерел

1. Слободянюк П.В., Благодарний В.Г. Радіомоніторинг: вчора, сьогодні, завтра (Теорія та практика побудови системи радіомоніторингу). – Прилуки: ООО «Издательство «Аір-Поліграф», 2010. - 296 с.
2. Голобородько Ю. М., Захаров В. М., Русинов М. Г. та інш.,

Комплексна система радіомоніторингу засобів радіозв’язку. Честь і закон, №3/2005, Військовий інститут внутрішніх військ МВС України, 2005. С.18 – 22
3. Белокурський Ю.П., Іохов О.Ю. та інш., Принципи побудови системи радіоелектронного захисту підрозділів Національної Гвардії України під час виконання завдань за призначенням, Системи озброєння і військова техніка, 2017, № 4(52), С. 73 - 80.
4. Голобородько Ю. М., Розвиток багатоцільових систем радіоконтролю для сучасних викликів безпеки, Science and Information Technologies in the Modern World: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. October 1-3, 2025. Athens, Greece. 233 p. С. 133 - 137.