

УДК 621.396.967

к.військ.н. Нікіфоров М.М. (ВІКНУ)

к.т.н., доц. Пампуха І.В. (ВІКНУ)

Бурій С.В. (ВІКНУ)

Пусан В.В. (ВІКНУ)

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ РАДІО ПРОСТОРУ НА БАЗІ SDR ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВЕДЕННЯ ЗАВДАНЬ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ РОЗВІДКИ

У роботі проведено аналіз можливостей, та доцільності застосування існуючих програм та пристроїв для вирішення завдань радіоелектронної розвідки (РЕР) та радіоелектронної боротьби (РЕБ). Проведений аналіз пристроїв та програм спеціально розроблених для ведення пошукового радіомоніторингу показує, на не відповідність їх основних технічних характеристик, та бойових можливостей сучасним вимогам. Сформовано висновки на подальше удосконалення технічної бази РЕР та РЕБ внаслідок модернізації існуючих і розроблення принципово нових радіосистем на базі SDR технології, створення перспективного програмно-апаратного комплексу для вирішення завдань РЕР та РЕБ, що дозволяє швидко та якісно проводити оперативний моніторинг радіоефіру, визначати і запобігати несанкціонованому доступу до ефіру, шукати напрямки та обчислювати координати джерел сигналів, розпізнавати сигнали і перехоплювати радіозв'язок, аналізувати і оптимізувати використання частотних і каналних ресурсів.

Ключові слова: SDR технологія, система РЕР та РЕБ, обробка інформації, система моніторингу.

Вступ та постановка задачі. Події на Сході України стали випробовуванням на зрілість, насамперед для радіоелектронної розвідки. Нині швидкий розвиток радіосистем приводить до виникнення проблем автоматизованого моніторингу радіосигналів. Оперативний моніторинг радіоефіру дозволяє своєчасно виявляти напрямки та обчислювати координати джерел сигналів, розпізнавати сигнали і перехоплювати радіозв'язок, аналізувати і оптимізувати використання частотних і каналних ресурсів. Ці завдання грають ключову роль в радіоелектронній розвідці і радіоелектронній боротьбі в інтересах національної безпеки.

Основне завдання РЕР, це добування відомостей шляхом виявлення, перехоплення відкритих, кодованих передач радіостанцій, пеленгування джерел радіосигналів та визначення їх місцезнаходження, обробка та аналіз перехопленої інформації в цілях розкриття її змісту [1].

Одна з особливостей систем моніторингу та розпізнавання радіосигналів в реальному часі є вимога до виконання безлічі операцій. Прикладом такої системи може служити програмно визначена радіосистема (SDR).

Цифрова технологія Software Defined Radio (SDR) дозволяє передавати і обробляти сигнали з використанням різних частот і стандартів, при цьому усі параметри пристрою визначаються програмно. Суть концепції SDR полягає в тому, що базові параметри приймально-передавального пристрою визначаються саме програмним забезпеченням, а не апаратною конфігурацією, як в класичних конструкціях. SDR- технології дозволяють на рівні програмного забезпечення реалізувати багато режимність, багатодіапазонність, скритність від РЕР супротивника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ряд країн виконують свої національні програми по програмованим радіостанціям (SDR - Software Defined Radio) в системі РЕР, в яких переважають портативні варіанти. Результати аналізу невідповідностей між ефективністю и вимогами до РЕР частин та підрозділів ЗС України вказують на відсутність програм та наявність чітких злагоджених дій в діяльності наукових структур, відносно модернізації існуючих технічних засобів РЕР та управління з впровадження SDR технологій в нові розробки та проекти [2-4].

Аналіз існуючих програм та пристроїв РЕР та РЕБ на базі SDR технологій показує наявність практично підкріпленого інтересу до активного впровадження SDR технологій, комплексування методів і підвищення мети інтеграції від окремих дискретних приладів до багатоканальних систем збору даних з єдиним центром обробки і представлення інформації.

Мета статті. Провести аналіз пристроїв та програм спеціально розроблених для ведення пошукового радіомоніторингу, та визначити напрямки на подальше удосконалення технічної бази РЕР внаслідок модернізації існуючих і розроблення принципово нових радіосистем на базі SDR технологій, створення перспективного програмно-апаратного комплексу для вирішення завдань РЕР та РЕБ.

Викладення основного матеріалу. Стан справ в технології сучасної РЕР, може бути продемонстровано на прикладі деяких технологій обробки двох спеціалізованих постачальників NSA: Applied Signal Technology Inc (AST, Sunnyvale, California) і The IDEAS Operation of Columbia, Меріленд (частина Science Applications International Corporation (SAIC)) [1].

AST стверджує, що обладнання використовується для збору сигналів з зарубіжних засобів телекомунікації та вирішує основні завдання:

- Виділення і аналіз сигналу з широкосмугових ліній зв'язку.
- Фільтрування, обробка та аналіз факсів.
- Аналіз трафіку, розпізнавання ключових слів, отримання тексту і аналіз тем.
- Системи розпізнавання мови.
- Безперервне розпізнавання мови.
- Ідентифікація мовця і інші методи вибору голосових повідомлень.
- Зниження навантаження або підрив криптографічних систем.

Для своєчасного забезпечення командирів підрозділів необхідною інформацією з метою прийняття правильних рішень і успішного виконання поставлених завдань в сучасній електронній розвідки мають вирішальне значення, деякі мережеві технології та програми:

РЕО ІЕВ6S: Розробка програм РЕР, РЕБ і сенсорів Program Executive Office Intelligence, Electronic Warfare and Sensors (РЕО ІЕВ & S, «Управління по розробці програм розвідки, радіоелектронної боротьби і датчиків») - завдання цієї організації полягає в забезпеченні доступних і високоякісних можливостей сенсорів і засобів радіоелектронної боротьби, які сприяли б оперативному розуміння ситуації і прийняття рішень. Продукти РЕО ІЕВ & S можуть бути використані для вибору цілей, забезпечення ситуаційної обізнаності, захисту

військ, збору інформації, спостереження й цілевказівки (RSTA). Кілька критично важливих систем інтегровані в шарах мережі і забезпечують постійний нагляд, що дозволяє об'єднаним і коаліційним силам контролювати оперативний простір, таймінги і супутні фактори при значному підвищенні військової потужності і живучості сил.

Система Prophet є - все добова, всепогодна, наближена до режиму реального часу система наземного базування, що здійснює РЕР та РЕБ на рівні бригадної тактичної групи (ВСТ). Сімейство систем Prophet забезпечує бойову охорону, ситуаційну обізнаність і активну розвідку.

Система Prophet Enhanced (PE) - базова платформа армійської наземної радіорозвідки. При збільшенні кількості комунікаційних платформ оператори отримують гнучкість, що дозволяє одночасно виконувати роздільні, базові, фіксовані і мобільні операції. PE встановлюється на бронемашини з посиленою протимінною захистом (MRAP) типу Panther.

Base Expeditionary Tar-get Surveillance System- Combined (BETSS-C, «Комбінована базова / експедиційна система розвідки») являє собою сімейство систем, які використовують існуючі сенсори і нові технології для надання інтегрованого виду ситуаційних даних, для підвищення точності і широти ситуаційної обізнаності в рамках театру військових дій. Військові зазначили, що в разі правильного позиціонування та експлуатації систем BETSS-C активність супротивника на передньому краї знижується приблизно на 60 відсотків. Вигляд системи BETSS-C надано на рис. 1.



Рис. 1. Вигляд BETSS-C, комбінована базова / експедиційна система розвідки

Термінал системи радіорозвідки AN / MLQ-40 (V) з Prophet Enhanced Medium Altitude Reconnaissance and Surveillance System (EMARSS, «Удосконалена середньовисотних система розвідки і спостереження») знаходиться в стадії розробки і забезпечить на рівні бригадної тактичної групи можливість виявлення, визначення місця розташування, класифікації, ідентифікації та супроводу наземних цілей з високою оперативністю і точністю. EMARSS є багатоцільовою інтелектуальну систему розвідки, спостереження і рекогносцировки повітряного базування (AISR), що встановлюється на невеликий двомоторний літак King Air 350 ER. Система забезпечує можливість одночасного розпізнавання цілей різними способами (повно кадрову відео, електронно-оптичні сенсори, ІК-сенсори, прив'язка джерел радіовипромінювання до місцевості та ін.). Система передбачає мережеві канали зв'язку «точка - точка» («датчик - стрілок») і мережеві канали зв'язку з системою DCCS En-terprise за

межами прямої видимості. Ці системи поряд з моделями загального призначення і вдосконаленими бортовими низько висотними розвідувальними системами забезпечать надійну багатоканальну розвідку, спостереження і рекогносцировку в інтересах експедиційних сил.

Distributed Common Ground System-Army (DCGS- A, «Армійська розподілена єдина система») збирає, аналізує і розподіляє значні обсяги інформації, підвищує ситуаційну обізнаність солдатів і розширює можливості командирів в частині забезпечення безпеки особового складу. DCGS-A є глобальна мережева флагманська розвідувальна система, яка підтримує безперервну постановку розвідувальних завдань, операції обробки, аналізу і передачі даних як в мирний, так і у воєнний час. DCGS-A надає дієву підтримку розвідки на всіх рівнях. Система приймає дані з усіх датчиків: від датчиків космічного базування до інформації, що надходить від окремих солдатів, і об'єднує інформацію за допомогою єдиного рішення, сумісного з прийнятими стандартами військової розвідувальної інформації, розвідувального співтовариства і загальних інформаційних армійських стандартів, отримуючи інформацію з більш ніж 600 джерел. DCGS-A забезпечує прийом, обробку, передачу та розподіл інформації з датчиків, аналізує метео умови, враховує рельєф місцевості і геопросторові чинники, веде обробку візуальної інформації з підтримкою відео потоків з високою роздільною здатністю, аналізує канали зв'язку, виробляє візуалізацію і ідентифікацію цілей.

На рис. 2 в таблиці представлені технічні характеристики програм, спеціально розроблених для ведення пошукового радіомоніторингу [2].

Технічні характеристики	Фірма виробник обладнання, модель						
	Tektronix		Hewlett-Packard		Элвира	Rohder Schwar	Advantest
	2795	2712	8561E	ESA-L1500A	Belan	FSA	U3641
Нижня гранична частота, кГц	0,1	9	9	9	100	100	-
Верхня гранична частота, кГц	1,8	1,8	1,8	1,5	2,1	1,8	3
Погрішність вимірювання частоти	± 6	± 510	3	3	3	0,8	5
Роздільна здатність по частоті	0,16	0,28	0,55	0,2	0,05	0,16	0,1
Паразитна частотна модуляція, Гц	3	100	80	32	20	1000	60
Динамічний діапазон, дБ	90	80	77	85	80	100	100
Чутливість, дБ	131	127	-	-	85	-	130
Похибка вимірювання амплітуди, дБ	2	2	1,7	1,5	2,7	1,5	2
Відносні уходи частоти опорного гетеродина	1E-9	1E-9	2E-6	2E-6	2E-8 1E-7	5E-10 1E-7	2E-8 1E-7
Нелінійні спотворення, дБс	-60	-66	-70	-75	-70	-75	-70
Інтермодуляційні спотворення, дБс	-10	-70	70	74	70	75	70
Вхідний опір, Ом	75/50	75/50	75/50	75/50	50	50	50
Наявність АМ і ФМ демодуляторів	ні	так	так	так	так	так	так
Інтерфейси зв'язку з ПЕОМ	GPIB	GPIBRS-232	HP-IR RS-232 PI	HP-IR RS-232 PI	RS-232	RS-232	RS-232
Маса, кг	19	9,5	14,5	12,3	6	50	6,1

Рис. 2. Технічні характеристики програм, спеціально розроблених для ведення пошукового радіомоніторингу

На російському ринку в даний час відомо велика кількість програм, спеціально розроблених для ведення пошукового радіомоніторингу. Найбільш відомі серед них - це «Скан AP», Sedif, Filin, RSPlus, «Крит-mini», Arcon, Radio-Search, а також деякі інші.

Для ведення ефективної РЕР по повітряних і наземних радіо випромінювальних цілям застосовуються спеціалізовані комплекси РЕР, наприклад: «Валерія», МКТК РЕІ ПП «Тигр-М», РБ-531Б «Інфауна», РП-377ЛА «Лоранд» і т.д. [2]. Комплекси працюють в частотному діапазоні пеленгування і аналізу джерел випромінювання від 100 кГц до 48 ГГц і здатні працювати практично з будь-яких радіостанціям і радіолокаційним станціям.

Комплекс оперативно-тактичного рівня «Палантин» забезпечує РЕР і радіо заглушення перспективних систем радіозв'язку противника, в тому числі радіо засобів, побудованих на основі SDR-технологій[6]. У комплексі реалізована сучасна система підтримки прийняття рішень, яка дозволяє апаратурі самої вибудовувати оптимальний алгоритм виконання завдань, автономно розподіляти ресурси і функціональне навантаження кожної з машин. Комплекс має системо утворюючою функцією, тобто об'єднує роботу різних комплексів РЕБ в єдину мережу, що значно підвищує ефективність систем. «Палантин» здатний пригнічувати багатофункціональні засоби зв'язку противника, в тому числі що базуються на сучасній платформі (SDR), коли параметри приймо передаючого пристрою визначаються саме програмним забезпеченням, а не апаратної платформою.

Українське агентство перспективних науково-технічних розробок UA.RPA також проводить нові розробки у сфері айти-технологій і високоінтелектуальних систем, які вже розроблені або перебувають на стадії реалізації: Науковцями UA.RPA розроблено радіоелектронний сканер ефіру з використанням SDR-технології який призначене для ведення розвідки в КВ/УКВ- діапазонах. Фірмою "МКТ-COMMUNICATION" розроблений SDR комплекс радіомоніторингу "Кажан-2М"[5], призначений для прослуховування та моніторингу ефіру в діапазоні від 18кГц до 1680 Мгц. До складу комплексу входить: SDR-приймач, широкосмугова антена, програмне забезпечення, ВЧ-фідер, USB-кабель.

Основні можливості

- Діапазон частот: 18КГц-1680МГц.
- Швидкість сканування: 20МГц / сек.
- Види модуляції: АМ, FM, SSB, СW.
- Цифрові стандарти: DMR, APCO-25, NXDN, D-Star.
- Смуга огляду: від 250КГц до 3МГц.

Можливості обробки:

- Містить смуговий аудіо фільтр, шумо понижувач за наявності аудіо сигналу і скремблер сигналів з інверсією спектру.
- Великі можливості придушення паразитних перешкод.

Можливості сканування:

- Сканує задані діапазони частот. Має менеджер діапазонів з гнучкою конфігурацією.
- Зберігає частоти, яких немає в менеджері, і час активності на цих частотах.
- Може сканувати кілька діапазонів з різним кроком сітки, модуляцією, смугою сигналу.
- Є режими сканування будь-яких частот в діапазоні або тільки частот, які є в менеджері частот, або навпаки, тільки частот яких немає в менеджері.

Можливості аналізу:

- Аналіз аудіо і частотних характеристик сигналів.
- Аналіз цифрових видів модуляції.
- Обробка даних раніше записаних IQ потоків з можливістю демодуляції і декодування.
- Показує CTCSS тони при наявності їх в сигналі і містить шумо понижувач, що реагує на заданий тон.
- Показує DCS коди при наявності їх в сигналі і містить шумо понижувач, що реагує на певний код або на наявність будь-якого коду в сигналі.

Можливості записи:

- Записує весь IQ потік приймається з комплексу в файл, є можливість вибрати папку для збереження записів і присутній планувальник запису за часом.
- Великий буфер для запису потоків з високою частотою дискретизації без втрат.
- Може управлятися з інших плагінів.

- Записує IQ потік проміжної частоти в файл.
- Записує аудіо сигнал в файл. Широкі можливості по управлінню форматом вихідного файлу (моно, стерео, розрядність, частота дискретизації).
- Широкі можливості по управлінню записом (не писали при відсутності сигналу, створювати нові файли при зміні частоти і т.д.).
- Настроюванні імена файлів і папок.

Висновки. Аналізуючи стан існуючих програмних засобів і пристроїв РЕР та РЕБ провідних армій світу приходимо до висновку, про обґрунтовану необхідність проведення глибокої модернізації та подальшого вдосконалення наявних зразків озброєння РЕР та РЕБ за наступними напрямками:

1. Удосконалення технічної бази РЕР внаслідок модернізації існуючих і розроблення принципово нових радіосистем на базі SDR технологій, що дозволяє швидко та якісно проводити оперативний моніторинг радіоефіру, визначати і запобігати несанкціонованому доступу до ефіру, шукати напрямки та обчислювати координати джерел сигналів, розпізнавати сигнали і перехоплювати радіозв'язок, аналізувати і оптимізувати використання частотних і каналних ресурсів.

2. Удосконалення способів добування, збирання, оброблення і розподілу радіолокаційної інформації, управління розвідкою ;

3. Розширення діапазону робочих частот засобів радио- і радіотехнічної розвідки з метою підвищення вірогідності виявлення сигналів підвищеної скритності;

4. Збільшення енергоінформаційного потенціалу засобів РЕР;

5. Забезпечення сполучення комплексів та станцій РЕР із засобами РЭБ, а також створення єдиних інтегрованих комплексів для ведення радіоелектронної війни;

6. Впровадження засобів і методів штучного інтелекту для автоматизації процесів розвідки.

Запропоновані напрямки підвищення ефективності радіорозвідки не є остаточними, але вони пропонуються як основні, на сучасному етапі розвитку теорії і практики РЕР.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Іванов О. Радіоелектронна розвідка Збройних Сил України. 2013. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://topwar.ru/30952-radioelektronnaya-rozvedka-vooruzhennvh-sil-ukraina.html>.
2. Брауде-Золотарев Ю.М. Теория и практика защиты радиостанций от средств радиоборьбы // Мир и безопасность. – 2013. – № 3.
3. Офіційний сайт корпорації Harris [Эл. ресурс]. – URL: <http://rf.harris.com>.
4. В. Ф. Заїка, І. А. Корчагін, О. П. Мірошников. Розвідка в операціях – К. :Національний ун-т оборони України, 2012. –200 с.
5. Режим доступу: <http://www.milnavigator.com/uk/v-kieve-sostoyalsya-pokaz-vysokotekhnologichnoj-produkcii-dvojnogo-naznacheniya/>.
6. Макаренко С.И. Помехозащищенность систем связи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты. Монография / Макаренко С.И., Иванов М.С., Попов С.А. – СПб.: Свое издательство, 2013. – 166 с.

REFERENCES:

1. Ivanov O. (2013). Radioelektrona rozvidka Zbroinykh Syl Ukrainy. <https://topwar.ru/30952-radioelektronnaya-rozvedka-vooruzhennvh-sil-ukraina.html>. (accessed 13 February 2017)
2. Braude-Zolotarev Yu.M. (2013). Teoryia y praktyka zashchity radyostantsyi ot sredstv radyoborby // Myr y bezopasnost. no. 3, pp. 36-42. (In Russian).
3. Ofitsiyniy sait korporatsii Harris. Available at: <http://rf.harris.com>. (accessed 17 April 2017).
4. . Zaika V. F., Korchahin I. A, Mirosnykov O. P. (2012). Rozvidka v operatsiiakh. Ukrainy, Kyiv, Natsionalnyi un-t oborony, 200 p. (In Ukrainian).
5. U Kyievi vidbuvsya pokaz vysokotekhnolohichnoyi produktsiyi podviynoho pryznachennya (2015). <http://www.milnavigator.com/uk/v-kieve-sostoyalsya-pokaz-vysokotekhnologichnoj-produkcii-dvojnogo-naznacheniya>.(Accessed 17 April 2017).

6. Makarenko S.Y., Yvanov M.S., Popov S.A. (2013) Pomekhozashchyschennost system sviazy s psevdosluchainoi perestroikoi rabochei chastoty. Monografya, SPb.: Svoe yzdatelstvo, 166 p.

Рецензент: к.т.н., с.н.с. Мірошніченко О.В., начальник відділу наукових методологічних розробок та високих технологій начальника науково-дослідного центру, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

к.воен.н. Никифоров Н.Н., к.т.н., доц. Пампуха И.В., Бурый С.В., Пусан В.В.
**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА
РАДИО ПРОСТРАНСТВА НА БАЗЕ SDR ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ЗАДАНИЙ
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ РАЗВЕДКИ**

В работе проведен анализ возможностей, и целесообразности применения существующих программ и устройств для решения заданий РЕР и РЕБ. Проведенный анализ устройств и программ специально разработанных для ведения поискового радиомониторинга показывает, на не соответствие их основных технических характеристик и боевых возможностей современным требованиям. Сформированы выводы на дальнейшее усовершенствование технической базы РЕР и РЕБ в результате модернизации существующих и разработки принципиально новых радиосистем на базе SDR технологий, создание перспективного программно-аппаратного комплекса для решения заданий РЕР и РЕБ, что позволяет быстро и качественно проводить оперативный мониторинг радиозфира, определять и предотвращать несанкционированный доступ к эфиру, искать направления и вычислять координаты источников сигналов, распознавать сигналы и перехватывать радиосвязь, анализировать и оптимизировать использование частотных и канальных ресурсов.

Ключевые слова: SDR технологии, система разведки и РЕБ, обработка информации, система мониторинга.

Ph.D. Nikiforov M.M., Ph.D. Pampukha I.V., Bury S.V., Pusan V.V.
**AN ANALYSIS OF MODERN CASS OF MONITORING OF SPACE RADIO IS ON BASE OF
SDR OF TECHNOLOGY FOR CONDUCT OF TASKS OF RADIO ELECTRONIC SECRET
SERVICE**

The analysis of possibilities is in-process conducted, and to expediency of application of the existent programs and devices for the decision of tasks of PEP and REB. The conducted analysis of devices and programs specially of worked out shows for the conduct of searching of radio is secret service, on falling short of them basic technical descriptions, and battle possibilities to the modern requirements. Conclusions are formed on the further improvement of technical base of PEP and REB as a result of modernisation of existing and development fundamentally of new radio system on a base SDR of technologies, creation of perspective programmatic vehicle complex for the decision of tasks of PEP and REB, that allows quickly and qualitatively to conduct the operative monitoring of radio ether, determine and prevent an unauthorized division to ether, to search directions and calculate the coordinates of sources of signals, recognize signals and intercept a radio contact, analysis and optimize the use of frequency and channel resources.

Keywords: SDR of technology, system of secret service and REB, treatment of information, system of monitoring.