

УДК 621.396.96

Даценко О. О.

Науковий керівник: Свид І. В., к.т.н., доцент

ORCID ID: 0000-0002-6685-0070

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

ОЦІНКА ЧАСТОТНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВТОРИННИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

Інформаційне забезпечення системи управління повітряного руху значною мірою базується на основі первинних та вторинних радіолокаційних системах спостереження [1-4]. Однак вторинні системи спостереження (ВСС), як доводить практика їхнього використання, та показано в значній кількості робіт [5-8], мають незадовільну завадостійкість та завадозахищеність, які обумовлені принципом побудови (несинхронна мережа) та принципом обслуговування сигналів запиту (одноканальна система масового обслуговування з відмовами). Ці принципи обумовлені підходом до цих інформаційних систем як до системи спостереження. Ця обставина обумовила потребу виміру координат повітряного об'єкту на запитувачі, що потребує прийому пачки сигналів відповіді, що складно в умовах складної завадової обстановки. При цьому слід зазначити, що координати повітряного об'єкту з значно більшою точністю визначаються на борту повітряного об'єкту і можуть бути передані на запитувач по каналу відповіді. Таким чином, ВСС, які мають канал запиту та канал відповіді, більш відносяться до систем обміну інформацією між наземним пунктом управління та бортом повітряного об'єкту і можуть характеризуватися як запитальні системи передачі інформації, за допомогою яких можливо здійснити передачу координат з борту повітряного об'єкту.

Принцип побудови ВСС [9, 10] та принцип обслуговування сигналів запиту [11] визначає значну щільність внутрісистемних завад та можливість у зацікавленої сторони використання літакових відповідачів шляхом несанкціонованого запиту як для отримання польотної інформації, так і для паралізації літакових відповідачів.

Для оцінки ефективності систем передачі інформації в каналах передачі даних вторинного радіолокатора [12-14] може використовуватися коефіцієнт частотної ефективності

$$\gamma = R/\Delta F, \quad (1)$$

де R – швидкість передачі інформації; ΔF – ширина смуги частот, яка зайнята радіоканалом передачі інформації.

У ВСС швидкість передачі інформації може бути визначена як

$$R = f(C_0, \vec{V}_m, \vec{V}_k, \vec{V}_{kan}, P_e), \quad (2)$$

де C_0 – відносна пропускна спроможність відповідача; $\vec{V}_m$ – вектор параметрів модуляції каналу відповіді; $\vec{V}_k$ – вектор параметрів способу кодування каналу

відповіді; $\vec{V}_{kan}$ – вектор параметрів радіоканалу відповіді; P_e – імовірність помилки у каналі відповіді.

У свою чергу відносна пропускна спроможність літакового відповідача може визначатися як

$$C_0 = f(t_p, k_r, k_z, \vec{V}_m, \vec{V}_k, \vec{V}_{kan}, P_e), \quad (3)$$

де t_p – час паралізації відповідача при обслуговуванні запиту; k_r – коефіцієнт розрядки відповідача; k_z – коефіцієнт максимальної завантаженості відповідача; $\vec{V}_m$ – вектор параметрів модуляції каналу запиту; $\vec{V}_k$ – вектор параметрів способу кодування у каналі запиту; $\vec{V}_{kan}$ – вектор параметрів радіоканалу запиту; P_e – імовірність помилки у каналі запиту.

ВСС вирішують задачі ідентифікації та передачі польотної інформації (ПІ). На теперішній час у світі широко використовуються дві ВСС [15]:

- поєднана, у якій задачі передачі ПІ та ідентифікації повітряного об'єкту вирішуються за наявності різних режимів;
- роз'єднана, у якій передача ПІ вирішується однією системою, а ідентифікація повітряного об'єкту – іншою.

Поєднана ВСС для передачі використовує 12 розрядний код. Сигнал відповіді має два опорних імпульси координатної відмітки, між якими передаються 12 розрядів двійкового коду. Передача ПІ здійснюється на кожен сигнал запиту при чергуванні, за відповідним правилом, признак інформації, що запитується. У режимах ідентифікації (неімітостійкий та імітостійкий) здійснюється ідентифікація повітряного об'єкту за признаками державної приналежності «свій-чужий».

У радіоканалі відповіді роз'єднаної ВСС передача ПІ може здійснюватися як у поєднаній ВСС (режим RBS), так і у режимі управління повітряного руху (УПР). В режимі УПР випромінюються сигнали координатної відмітки та польотної інформації (45 імпульсний позиційний код). У складі кодової послідовності входять 2 імпульсний код координатної відмітки, 3 імпульсний код признаку інформації, що передається (бортового номера, висоти польоту, запасу палива) та 2x20 двійкових розрядів.

Можливо показати, що коефіцієнт максимальної завантаженості відповідача визначає потенційну швидкість передачі інформації у запитальних системах передачі інформації. Це дозволяє обчислити кількість інформації, що передається запитальним каналом передачі та дозволяє визначити спектральну ефективність ВСС.

Результати розрахунку частотної ефективності ВСС для режиму RBS складає 0,0084, а для режиму УПР 0,0078.

Проведенні дослідження показали вкрай низку інформаційну ємність існуючих ВСС, котра обумовлена як принципом побудови системи взагалі та принципом обслуговування запитів, так і модуляцією сигналів у каналі передачі. Підвищення якості передачі інформації у ЗСПІ можливо досягнути тільки при зміні модуляції сигналів та принципів побудови та обслуговування.

Список літератури

1. Ткачев В.В., Даник Ю.Г., Жуков С.А., Обод І.І., Романенко І.О. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони. Київ: МОУ, 2004. 342 с.
2. Свид І.В., Обод І.І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий». – Х. Друкарня Мадрид. 2021.
3. Обод И.И. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации. – М.: ЦИИТ, 1998. 118 с.
4. Svyd I., Obod I., Maltsev O., Hlushchenko A. Secondary Surveillance Radar Response Channel Information Security Improvement Method. 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), 2020, pp. 341-345, doi: 10.1109/DESSERT50317.2020.9125018.
5. Обод І.І., Свид І.В., Штих І.А. Завадозахищеність запитальних систем спостереження повітряного простору: монографія. / За заг. ред. І.І. Обо́да. – Харків: ХНУРЕ, 2014. – 312 с.
6. V.A. Andrusevich, I.I. Obod. Assessment of the quality of information support by air radar surveillance systems. Advanced Information Systems. 2021. Vol. 5, No. 2. Kharkiv, NTU"KhPI". P. 78-82. doi: 10.20998/2522-9052.2021.2.10.
7. Обод И.И., Михайлин А.Ю. Помехоустойчивость передачи полетной информации в синхронной сети систем вторичной локации. Вестник ХГПУ. № 25. 1998. С.29-32.
8. Обод І.І., Свид І.В., Штих І.А. Завадозахищеність ідентифікаційних систем ближньої дії. Системи обробки інформації. 2014. № 5(121). С. 77-79.
9. Обод І.І., Черних О.П., Свид І.В. Оцінка якості передачі інформації у запитальних каналах передачі систем спостереження повітряного простору. Східно-Європейський журнал передових технологій. № 3/11(51). 2011. С. 52-54.
10. Свид І.В. Проблема завадозахищеності запитальних систем спостереження повітряного простору. Системи управління, навігації та зв'язку. 2017. № 5(45). С. 35-37.
11. Свид І.В., Штих І.А. Оптимізація виявлення сигналів запиту в запитальних системах спостереження. Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2014. № 179. С. 121-125.
12. Обод И.И. Повышение эффективности систем управления воздушного движения за счет реализации разнесенных систем вторичной радиолокации. Радиоэлектроника и информатика. 1997. № 1. С. 63-64.
13. Обод И.И. Сравнительная оценка помехоустойчивости несинхронных и синхронных сетей запросных систем вторичной локации. Вестник ХГПУ. № 15. 1998. С. 58-61.
14. Obod I., Svyd I., Vorgul O., Maltsev O., Datsenko O., Boiko N. Optimization of Data Processing Structure for Multi-Position Radar Surveillance Systems. 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2021, pp. 133-137.
15. Маляренко А.С. Системы вторичной радиолокации для управления воздушным движением и государственного радиолокационного опознавания: справочник. Харьков: ХУПС, 2007. 78 с.