

УДК 621.396.96

Ткач М. Г.

Науковий керівник: Семенець В. В., д.т.н., професор

ORCID ID: 0000-0002-4248-7633

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

## УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ СИГНАЛІВ ВІДПОВІДІ В НЕСИНХРОННИХ МЕРЕЖАХ СИСТЕМ ВТОРИННОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ

Значну роль в інформаційному забезпеченні системи контролю повітряного руху і управління повітряного руху відіграють системи вторинної радіолокації [1-3]. Однак побудова зазначених інформаційних систем на принципах двоканальної передачі інформації [4, 5], несинхронній мережі [6], та одноканальної системи масового обслуговування сигналів запиту з відмовами в літаковому відповідачі з відмовами [7] призводить до зниження якості інформаційного забезпечення користувачів. В запропонованій роботі розглядається можливість управління потоками сигналів відповіді, які дозволяють підвищити ймовірності отримання інформації від відповідачів, що знаходяться на одному азимуті щодо запитувача. Дійсно, як впливає з [8], сучасні системи вторинної радіолокації дозволяють знижувати кількість сигналів у відповідь при значних інтенсивностях потоків сигналів запиту. Як показано в [9] максимальна загрузка літакового відповідача складає 1200 відповіді в секунду. При перебільшенні цього літаковий відповідач збільшує поріг виявлення сигналів запиту і, як наслідок, виключає з обслуговування сигнали запиту з меншій, за пороговий рівень, амплітудою. Тобто з обслуговування виключаються сигнали відповіді літаків з найбільшою дальністю. Дійсно виключається сигнал відповіді для віддалених запитувачів, амплітуда сигналів запиту яких не перевищує пороговий рівень, котрий формується автоматично. Однак це не завжди прийнятна ситуація, оскільки практично цікавить отримання інформації від віддалених відповідачів. Особливо це стосується при дію в каналі запиту значних інтенсивностей сигналів запиту [10]. У зв'язку з цим розглянемо один з можливих методів управління потоками сигналів відповіді.

Як відомо із загальної теорії вибору сигналів відомо, що в асинхронних системах, якщо швидкість передачі повідомлень не перевищує пропускну здатність каналу зв'язку, то гранична завадостійкість таких систем визначається тільки власним шумом приймача, а вплив взаємних завад може бути зменшено за рахунок введення надмірності шляхом збільшення часової бази сигналу. До методів створення складних сигналів, заснованих на використанні сигналів запиту вторинної радіолокації і наявної в літаковому відповідачі схеми подавлення бічних пелюсток діаграми спрямованості [11], можна віднести і метод управління зоною прийому сигналів запиту [12]. Сутність управління зоною прийому сигналів запиту на основі використання схем подавлення сигналів бічних пелюсток діаграми спрямованості антени заснований на наступному.

Будемо враховувати, що у системі вторинної радіолокації використовується трьох-імпульсний код сигналу запиту [13]. Відомо, що останнім імпульсом випромінюватиметься імпульс подавлення бокових пелюсток. Введемо до складу сигналу запиту імпульс с керованою щодо імпульсів коду, амплітудою і виберемо часову розстановку цього імпульсу так, що імпульс подавлення бокових пелюсток коду запиту зміщений щодо свого положення і на його часовій позиції виявляється один з імпульсів сигналу запиту. При такому управлінні сигналів запиту вдається, зміною амплітуди введеного сигналу, керувати початком зони вироблення сигналів у відповідь. Дійсно, літаковий відповідач буде відповідати тільки за відсутності прийому сигналу введеного сигналу.

Виявлення сигналів запиту, як впливає з вищевикладеного, відбувається у разі виявлення імпульсів сигналу запиту і не виявленні введеного імпульсу. В цьому випадку добуток ймовірностей зазначених подій визначає ні що інше як ймовірність правильного виявлення сигналів запиту

$$D = [1 - D_2(q_1, F)][D_2(q_2, F)]^n, \quad (1)$$

де

$$D_i(q, F) = \int_{z_0}^{\infty} x e^{-\frac{(x^2 + q^2)}{2}} I_0(qx) dx$$

ймовірність правильного виявлення некогерентного радіоімпульсу при відношенні сигнал/шум рівному  $q$  і ймовірності хибної тривоги, що дорівнює  $F$ ,  $q_1$  - відношення сигнал/шум для введеного імпульсу,  $q_2$  - відношення с/ш дня імпульсів сигналу запиту.

Як впливає з представлених залежностей управлінням співвідношенням випромінюваних потужностей введеного імпульсу та імпульсів сигналів запиту, можливе управління областю випромінювання сигналів у відповідь і, тим самим, знизити інтенсивність потоку сигналів відповіді.

Застосування таких сигналів запиту дозволяє керувати областю випромінювання сигналів відповіді і тим самим, зменшити синхронні завади апаратурі прийому цих сигналів. Відношення сигнал/шум  $q_1$  і  $q_2$ , що входять у (1), зменшується обернено пропорційно відстані між запитувачем і відповідачем при заданій потужності випромінюваних сигналів. При збереженні постійного співвідношення між рівнями потужності випромінюваних введеного імпульсу та імпульсів сигналу запиту разом із зростанням дальності до зони прийому сигналів запиту ширина цієї зони збільшується за лінійним законом.

Таким чином, наведений метод управління потоком сигналів відповіді в несинхронних запитальних системах вторинної радіолокації дозволяють знизити інтенсивність потоку сигналів відповіді [14] і, як наслідок, знизити ймовірність збігу в часі надходження сигналів відповіді на відповідач, що дозволяє підвищити ймовірність отримання інформації в існуючих системах вторинної радіолокації.

## Список літератури

1. Обод И.И. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации. – М.: ЦИИТ, 1998. 118 с.
2. Stevens. Brian L., Eric N. Johnson. Aircraft control and simulation: dynamics, controls design, and autonomous systems. John Wiley & Sons, 2015.
3. Свид І.В., Обод І.І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий». –Х. Друкарня Мадрид. 2021.
4. Обод І.І., Свид І.В., Штих І.А. Завадозахищеність запитальних систем спостереження повітряного простору: монографія. / За заг. ред. І.І. Обода. – Харків: ХНУРЕ, 2014. – 312 с.
5. Обод І.І., Свид І.В. Порівняльний аналіз варіантів управління інформаційного каналу у запитальних системами спостереження повітряного простору. Системи управління, навігації та зв'язку. 2011. № 1(17). С. 27-29.
6. Обод І.І., Стрельницький О.О., Свид І.В., Семенова Є.Ю. Аналіз інформаційних процесів обміну даними у системі контролю повітряного простору. Системи озброєння і військова техніка. 2016. № 3(47). С. 88-90.
7. Свид І.В. Проблема завадозахищеності запитальних систем спостереження повітряного простору. Системи управління, навігації та зв'язку. 2017. № 5(45). С. 35-37.
8. Обод І.І., Свид І.В. Порівняльний аналіз якості виявлення повітряних об'єктів запитальними системами спостереження. Системи обробки інформації. 2010. № 9(90). С. 74-76.
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. Методи спадкоємного розв'язання суперечностей запитальних систем передачі польотної інформації. Системи управління, навігації та зв'язку. 2012. № 4(24). С. 14-16.
11. Обод И.И., Михайлин А.Ю. Помехоустойчивость передачи полетной информации в синхронной сети систем вторичной локации. Вестник ХГПУ. № 25. 1998. С.29-32.
12. Обод І.І., Свид І.В., Черних О.П. Оптимізація імовірності передачі польотної інформації по каналам запитувальних систем спостереження повітряного простору. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2010. № 4(26). С. 83-85.
13. Свид І.В. Методи спадкоємного розв'язання суперечностей запитальних систем передачі польотної інформації. Системи управління, навігації та зв'язку. 2012. № 4(24). С. 14-16.
14. V. Semenets, I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev and M. Tkach. Quality Assessment of Measuring the Coordinates of Airborne Objects with a Secondary Surveillance Radar. In: Ageyev D., Radivilova T., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 69. Springer, Cham. 2021. pp. 105-125. doi: 10.1007/978-3-030-71892-3\_5.