

УДК 621.396.96

Даценко О. О., аспірант

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

Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра мікропроцесорних технологій і систем, м. Харків, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4635-6542>

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕФЕКТИВНОЇ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ КАНАЛАМИ ВТОРИННОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ

Значну роль в інформаційному забезпеченні функціонування як системи управління повітряного руху, так і системи контролю повітряного простору відіграють радіолокаційними системами вторинної радіолокації [1, 2] та системи Identification Friend or Foe [3, 4]. При цьому слід зауважити, що безпека повітряного руху забезпечується значною мірою вирішенням інформаційних завдань безпеки, як при визначенні розташування повітряних об'єктів [5, 6], так і визначення державної приналежності виявлених повітряних об'єктів [7, 8].

Для передачі інформації з борту повітряного об'єкта використовується канал відповіді вторинної радіолокації [9], який у час постійно змінюється. Однак вторинний радіолокаційний зв'язок, метою якого є отримання важливої інформації про польотні дані повітряних об'єктів, знаходиться на межі насичення спектру. Це результат щільного трафіку і різних схем модуляції сигналів, що використовуються на різних рівнях зв'язку в режимах А/С [10] і режимі S [11], які спільно використовують одну і ту ж частотну смугу передачі інформації. Це, безсумнівно, призводить до значного збільшення ймовірності колізії інформаційних пакетів, що передаються. Однак, при цьому, слід зазначити, що перехід до режиму S, а надалі до режиму ADS-B [11] дозволив значно збільшити кількість розрядів інформації, що передається.

Перехід до беззапитального режиму передачі польотної інформації як каналом SSR, так і IFF, безсумнівно, привів до повного переходу на пакетну передачу польотних інформації, і, як наслідок, дозволяє здійснити управління каналом передачі інформації за принципом адаптивного управління оптимальною довжина пакета інформації в залежності від завадової обстановки в каналі передачі інформації. Адаптивне управління оптимальної довжини інформаційного пакета передачі інформації в залежності від завадової обстановки в каналі відповіді інформаційних систем, що розглядаються, безсумнівно дозволяє підвищити завадостійкості останніх.

Метою представленої роботи є оцінка оптимальної довжини інформаційного пакета, котра забезпечую максимальну швидкість передачі інформації каналом систем вторинної радіолокації при дії в каналі передачі навмисних та внутрішньосистемних завад.

Слід зазначити, що для сучасних пакетних мереж передачі інформації параметр навантаження пов'язується з такими показниками якості обслуговування, як час затримки повідомлення та навіть можливості втрати інформаційного пакету. Однак можна стверджувати, що ці показники якості

обслуговування визначаються пропускну здатністю каналу передачі інформації або швидкістю передачі інформації.

Будемо враховувати і такі реально існуючі фактори, як завади (ненавмисні та навмисні), що призводять до зниження ймовірності одиночних та групових помилок і, як наслідок, зменшення реальної пропускну спроможності та швидкості передачі польотних інформації. При цьому ефективну швидкість передачі інформації за відсутності переповнення буфера пам'яті можна визначити, виходячи з наступних складових:

$$R_e = f(R_0, V_k, n_p, t_r, \varepsilon, P_e, z) ,$$

де R_0 – потенційна швидкість передачі інформаційних пакетів інформації каналами вторинної радіолокації; V_k – кодова швидкість; n_p - довжина пакету інформації; t_r - час поширення сигналу по каналу зв'язку, а також аналізу та підтвердження прийому пакета; ε – показник групування помилок внаслідок завад; z - кількість перезапиту; P_e - ймовірність збою одиночного елемента сигналу.

В роботі показано, що ефективну швидкість передачі інформації R_e каналами вторинної радіолокації можливо оцінити за наступним виразом:

$$R_e = V_k R_0 \frac{n_p (1 - P_e n_p^\varepsilon)}{(R_0 t_r + n_p) + R_0 T_v (P_e n_p^\varepsilon)^z} . \quad (2)$$

Вираз (2) демонструє вплив головних чотирьох чинників зниження швидкості передачі інформації R_e . Так помножувач $(1 - P_e n_p^\varepsilon)$ відображає ступінь зниження R_e внаслідок впливу завад. Перший доданок у знаменнику виражає величину втрат R_e , котрі обумовлені часом аналізу повідомлення на приймальному пункті та очікування підтвердження на передавальному пункті t_r . Другий доданок обумовлює втрати R_e , що викликані можливою дією завад та перевищенням допустимого значення кількості перезапиту z .

При цьому слід зазнати, що вираз (2) показує, що величина R_e залежить від енергетичних характеристик сигналів, а n_p має максимум, значення якого залежить від наступних величин R_0 , V_k , t_r , z , P_e та T_v . Величина R_e визначає реальну пропускну спроможність мережного устаткування й, отже, з одного боку, визначає час передачі інформаційного пакету, а з другого боку, вплив завад на системні характеристики системи обслуговування. Це дозволяє стверджувати що параметр R_e можна вважати одним з головних факторів, що безпосередньо пов'язують параметр навантаження з показниками якості обслуговування. Таким чином, оптимальне значення довжини пакета $n_{p\ opt}$, котре забезпечує можливість досягнення $R_{e\ opt}$, можливо визначити з

наступного співвідношення $\frac{dR_e}{dn_p} = 0$, яке має трансцендентний вигляд і, отже R_e

у загальному вигляді не має аналітичного рішення щодо n_p .

Список літератури

1. Свид І.В. Обробка радіолокаційної інформації систем спостереження повітряного простору: монографія. Дніпро : ЛІРА ЛТД, 2022. 224 с.
2. Свид І.В., Обод І.І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий»: монографія. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 254 с.
3. І.І. Обод, І.В. Свид, О.С. Мальцев. Обробка даних радіолокаційних систем спостереження повітряного простору: навчальний посібник. Харків: Друкарня Мадрид, 2021. 255 с.
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. I. Svyd, I. Obod and O. Maltsev, "Interference Immunity Assessment Identification Friend or Foe Systems", 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, pp. 287-306, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-71892-3_12.
6. I. Obod, I. Svyd, O. Vorgul, O. Maltsev, O. Datsenko, and N. Boiko, "Optimization of data processing structure for multi-position radar surveillance systems," 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2021. doi: 10.1109/UKRCON53503.2021.9575286.
7. I. Obod, I. Svyd, O. Maltsev and S. Starokozhev, "The Effect of Masking Interference on the Quality of Request Signal Detection in Aircraft Responders of the Identification Friend or Foe Systems," 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2020, pp. 721-726, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9467955.
8. О.П. Черних, І.І. Обод, І.В. Свид. Інформаційне забезпечення на основі мереж спостереження повітряного простору. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, том 2, вип. 9(50), 2011. С. 23-25. doi: 10.15587/1729-4061.2011.1850.
9. І.В. Свид, А.І. Обод. Інформаційні технології обробки даних систем спостереження. // Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2016. Вип. 4 (40). С. 91-93.
10. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, O. Vorgul, I. Shevtsov and O. Bilotserkivets, "Optimizing the Request Signals Detection of Aircraft Secondary Radar System Transponders," 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2022, pp. 652-657, doi: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926991.
11. M.K. Abdul-Hussein, O. Strelnytskyi, I. Obod, I. Svyd and H. Alrikabi, "Evaluation of the Interference's Impact of Cooperative Surveillance Systems Signals Processing for Healthcare", International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE), vol. 18, no. 03, pp. 43-59, 2022. doi: 10.3991/ijoe.v18i03.28015.