УДК 621.396.96
Сухоруков Д. О., аспірант
Науковий керівник: Обод І. І., д.т.н., професор
Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра мікропроцесорних технологій і систем, м. Харків, Україна
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9898-0937

МЕРЕЖЕВИЙ СУПРОВІД ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ

Природна еволюція систем спостереження (СС) повітряного простору призводить до об'єднання джерел інформації, розосереджених певному ділянці контрольованого простору, в інформаційну мережу (ІМ). Дійсно, така еволюція мотивується можливістю злиття великого обсягу інформації, одержуваних елементами СС, що працюють незалежно один від одного та мають до певної міри взаємодоповнюючі можливості. Завдання полягає в точному відображенні навколишнього оточення та своєчасного виявлення змін у ній [1-5].

Серед переваг ІМ порівняно з одиночними джерелами інформації можна виділити такі: розширення зони видимості; збільшення ймовірності виявлення повітряного об'єктів (ПО); зниження ймовірності зриву супроводу ПО; підвищення точності супроводу ПО; виявлення ПО з малою ефективною поверхнею розсіювання; підвищення завадостійкості, живучості та скритності.

При цьому слід зазначити, що перевагами мережевої побудови можна скористатися лише за умови успішного вирішення цілого ряду технічних задач, а саме: маніпулювання радіолокаційною інформацією (РЛІ) при змінній швидкості їх надходження та з нерівною точністю та необхідності задавати синхронізацію та організацію РЛІ незалежно від частоти сканування окремих радіолокаторів [6-8].

Головною функцією ІМ є пересилання РЛІ, що видаються різними СС споживачеві, котрий комбінує РЛІ для того, щоб забезпечити мережевий супровід ПО. При такій реалізації ІМ сукупність СС здійснює виявлення та вимірювання координат з різним темпом видачі РЛІ та різними показниками якості виявлення та вимірювання координат. По лініям передачі РЛІ пересилається до споживача, котрий виконує функції супроводу, прогнозування траєкторії, кореляцію, згладжування траєкторій та перетворення координат, одержуваних за даними вимірів, що видають вимірювачі, до опорної системи координат споживача [9-11].

Залежно від ступеня обробки РЛІ, мережеві СС можна додатково класифікувати як розподілені або централізовані [5]. Розподілена архітектура характеризується тим, що у кожній СС здійснюється первинна та вторинна обробка РЛІ. Локальні дані стеження потім видаються споживачам в апаратурі обробки якого дані об'єднуються з метою встановлення єдиного стеження за кожним ПО. Така структура мережі найбільш доцільна при об'єднанні існуючих СС в єдину ІМ. В ІМ з розподіленою чи централізованою обробкою РЛІ передається чи споживачеві, чи на пункт спільної обробки та надходять у різний час і з різним темпом. Саме ці обставини потребують забезпечення

координатної інформації часом її отримання, що дозволяє узгодити процес фільтрації траєкторії. Покажемо це.

Будемо вважати, що є дві СС темп огляду простору котрих різний. У кожній СС є своя шкала часу, що характеризується часовим процесом T_{ij}, де індексом i позначається номер джерела отримання інформації ($i=1,2$), а j – дискретний час отримання РЛІ. Вважатимемо, що споживач інформації розташований у першому датчику інформації. Припустимо, що $j=k$ попереднім вимірюванням в апаратурі споживача отримана результуюча оцінка вектору стану $\hat{\vec{W}}(T_{1k})$ з відповідною матрицею точності оцінки координат $\vec{C}_k$.

При отриманні поточної оцінки вектору стану, наприклад, від другого датчика в момент часу $k+1$ $\hat{\vec{W}}_{y(k+1)}(T_{2(k+1)})$ з матрицею точності $\vec{C}_{y(k+1)}$, за даними результуючої оцінки вектору стану і матриці точності на k-му кроці здійснюється обчислення апріорного розподілу на цей крок вимірювань. Цьому розподілу відповідає $\hat{\vec{W}}_{o(k+1)}(T_{1(k+1)})$ та $\vec{C}_{o(k+1)}$, тобто здійснюється прогнозування вектору стану та матриці точності на момент часу отримання поточної оцінки вектору стану. Результуючу оцінку вектору стану та матрицю точності на момент часу $(k+1)$ можна записати у наступному вигляді

$$\hat{\vec{W}}_{k+1}[T_{1(k+1)}] = \hat{\vec{W}}_{o(k+1)}\left[T_{1(k+1)}\right] + \vec{C}_{k+1}^{-1}\vec{C}_{y(k+1)} \times \left[\hat{\vec{W}}_{y(k+1)}\left(T_{2(k+1)}\right) - \hat{\vec{W}}_{o(k+1)}\left(T_{1(k+1)}\right)\right],$$

$$\vec{C}_{k+1} = \vec{C}_{o(k+1)} + \vec{C}_{y(k+1)}.$$

Надалі процедура повторюється. Таким чином, виходить рекурентне правило, що дозволяє послідовно в часі фільтрувати траєкторії ПО при отриманні вимірювань від датчиків інформації з різним темпом видачі інформації.

Вищевикладене дозволяє зробити висновок, що при побудові єдиної ІМ необхідно здійснити єдине координато-часове забезпечення усіх СС, що входять до зазначеної мережі. Залежно від показників якості координато-часового забезпечення ІМ можна класифікувати як мережу, реалізовану на несинхронному чи синхронному принципах.

Несинхронний принцип організації мережі вимагає часового забезпечення СС з точністю, що становить частки спостереження ПО. Це дозволяє синхронізувати потоки РЛІ в мережі, забезпечити фільтрацію траєкторії ПО за інформацією різних джерел з різним темпом видачі інформації.

Синхронний принцип організації мережі, базується на створенні єдиної шкали часу всіх СС, що входять в мережу, з потрібною точністю. Це дозволяє узгодити процеси отримання та обробки РЛІ від різних СС, а також зумовлює вирішення технічних протиріч, що практично не вирішуються в існуючих СС.

Концептуальними основами створення єдиної ІМ на базі існуючих СС, в якій може бути реалізовано надійне інформаційне забезпечення споживачів та зняті протиріччя окремих СС мають бути: єдине координато-часове забезпечення всіх СС мережі з потрібними показниками якості, розподілена

обробка інформації в СС мережі та вільний, однак контрольований доступ споживача до необхідної СС.

Список літератури

1. І.І. Обод, І.В. Свид, О.С. Мальцев. Обробка даних радіолокаційних систем спостереження повітряного простору: навчальний посібник. Харків: Друкарня Мадрид, 2021. 255 с.

2. Свид І.В. Обробка радіолокаційної інформації систем спостереження повітряного простору: монографія. Дніпро : ЛІРА ЛТД, 2022. 224 с.

3. Свид І.В., Обод І.І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий»: монографія. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 254 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. 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.

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. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.