

УДК 519.873

Гаврилко Є. В. Державний університет телекомунікацій, Київ

Тимошук О. М., Трофименко І. В. Київська державна академія водного транспорту

ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ КОНТРОЛЮ ТА НАВІГАЦІЇ ЗАСОБІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПАСИВНОГО РАДІОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Обґрунтовується доцільність створення пасивної радіотехнічної системи для вирішення задач навігації засобів водного транспорту у прибережних акваторіях. Показано, що важливими вимогами до таких систем контролю є забезпечення високої точності визначення координат суден незалежно від часу доби та метеоумов. Це досягається за рахунок використання визначеного радіодіапазону хвиль. При цьому важливо дотримуватись вимог «Green engineering», що можливо забезпечити використанням запропонованого у роботі пасивного радіотехнічного комплексу з обґрунтованою формою антенної системи.

Ключові слова: мікрохвильова радіометрія, пасивні радіотехнічні комплекси, радіометричні зображення, контроль прибережних акваторій.

Havrylko Ye. V. State University of Telecommunications, Kyiv

Tymoshchuk O. M., Trofymenko I. V. Kyiv State Academy of Water Transport

CONTROL AND NAVIGATION OF WATER TRANSPORT RESOURCE USING A PASSIVE RADIO ENGINEERING COMPLEX

The questions of development of high-precision complexes of two- and three-dimensional mapping of objects, in particular, complexes of coastal water areas, in particular, complexes of coastal water areas, have been considered. Creating radio systems that meet the requirements of "Green Engineering" is a very relevant area of research identified by the international scientific community. The most probable directions for the achievement of "Green Engineering" requirements – the creation of the radio engineering complexes, wsth the processing of ultra-wideband spatio-temporal signals. To do this a number of scientific problems were solved, among which the following could be noted: the further development of the ultra-wideband spatio-temporal signals model of space-time signals was obtained; for the first time new and improved a number of existing definitions necessary for an adequate determination of the physical nature of statistical characteristics of ultra-wideband space-time signals and algorithms for their processing.

Keywords: microwave radiometry, passive radio complexes, radiometric images, coastal water monitoring.

Гаврилко Е. В. Государственный университет телекоммуникаций, Киев

Тимошук Е. Н., Трофименко И. В. Киевская государственная академия водного транспорта

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ И НАВИГАЦИИ СРЕДСТВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ПОМОЩИ ПАСИВНОГО РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Обосновывается целесообразность создания пассивной радиотехнической системы для решения задач навигации средств водного транспорта в прибрежных акваториях. Показано, что важными требованиями к таким системам контроля есть обеспечение высокой точности определения координат судов независимо от времени суток и метеоусловий. Это достигается за счет использования определенного радиодиапазона волн. При этом важно придерживаться требований «Green engineering», что можно обеспечить использованием предложенного в работе пассивного радиотехнического комплекса с обоснованной формой антенной системы.

Ключевые слова: микроволновая радиометрия, пассивные радиотехнические комплексы, радиометрические изображения, контроль прибрежных акваторий.

© Гаврилко Є. В., Тимошук О. М., Трофименко І. В., 2017

Вступ. Контроль водних акваторій відіграє важливе значення в оптимізації процесів управління водним транспортом для планування фінансових витрат на забезпечення вантажних та пасажирських перевезень. Наразі до систем контролю пред'являються вимоги, пов'язані з забезпеченням високої точності вирішення задач в довільних погодних умовах. Ці вимоги виконуються при використанні радіодіапазону хвиль та радіолокаційних методів обробки сигналів. Наразі усі системи контролю водних акваторій та навігаційного забезпечення працюють з використанням методів активної радіолокації та оптичної локації.

Сучасні радіолокаційні станції, на кшталт нещодавно (у 2011 р.) введеної в дію модернізованої у центрі регулювання руху суден «Іллічівськ», дозволяють виконувати автоматизоване проведення суден при обмеженій оптичній видимості, що відповідає вимогам [1].

Проте аналіз сучасних досягнень пасивної радіолокації та методів обробки ширококугових радіотеплових полів [2-4] дозволяє запропонувати новий вигляд систем обробки радіолокаційної інформації, який забезпечить усі переваги радіодіапазону і, при цьому, буде біологічно безпечний та характеризуватиметься меншим енергоспоживанням (за рахунок відсутності тракту випромінювання) по відношенню до активних радіолокаторів. Такий пасивний радіотехнічний комплекс пропонується у статті та розробляється його узагальнена схема

Обґрунтування геометрії антенної системи. Аналіз простої геометрії задачі контролю за суднами (рис. 1) вказує на те, що досягти високого розрізнення по дальності та азимуту за допомогою пасивних одноантенних радіометрів неможливо. Цьому заважає відсутність розрізнення по дальності таких радіометрів.

Так з рис. 1 слідує, що площа перетину S_M діаграми спрямованості одноантенного радіометра і моря значно (в сотні і, навіть, тисячу разів) може перевищувати площу перетину S_C судна та діаграми спрямованості приймача: $S_C \ll S_M$.

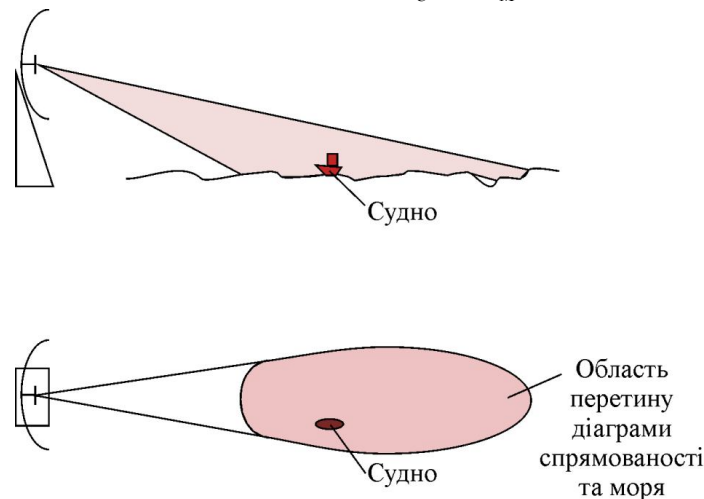


Рис. 1. Геометрія задачі формування зображення за допомогою одноантенного радіометру (вигляд збоку та зверху)

У цьому випадку навіть приймач з високою флуктуаційною чутливістю не здатний виявити судно. Проте, навіть якщо судно буде виявлено, то його положення неможливо встановити, бо із-за відсутності розрізнення по дальності судно може бути розміщене в довільній частині області перетину діаграми спрямованості та моря.

З [2, 3] відомо, що досягти високої розрізнювальної здатності по кутовим координатам можливо при використанні системи рознесених антен. Тому доцільно обрати систему, геометрія якої наведена на рис. 2, що характерно для вузькосмугових сигналів.

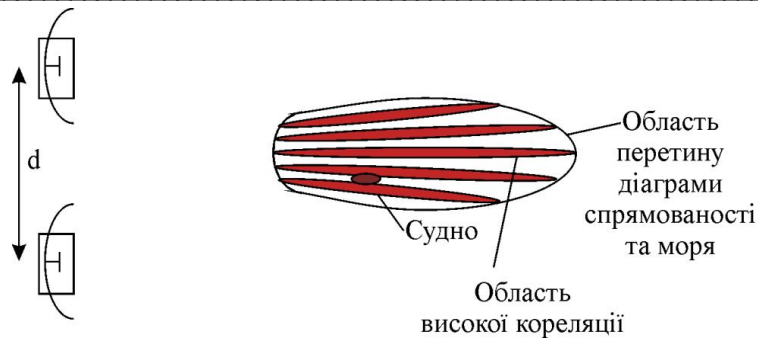


Рис. 2. Геометрія задачі при використанні двох рознесених антен (база d) при обробці вузькосмугових радіотеплових сигналів

Область високої кореляції у цьому випадку багатозначна, що залежить від використовуваної довжини хвилі, бази d (відстані між фазовими центрами антен) та розміру кожної з окремих антен.

Наявність декількох смуг високої кореляції з площею $S_{BK} < S_M$ теж призводить до неоднозначності визначення координат судна (при попередньому його виявленні). виправити ситуацію можливо за рахунок обробки широкосмугових радіотеплових сигналів.

У цьому випадку область високої кореляції буде мати вигляд, показаний на рис. 3, а її площа $S_{BK,ШС} \ll S_M$, що забезпечить високу ймовірність виявлення судна. При цьому за положення судна може бути прийнята довільно область в межах області високої кореляції.

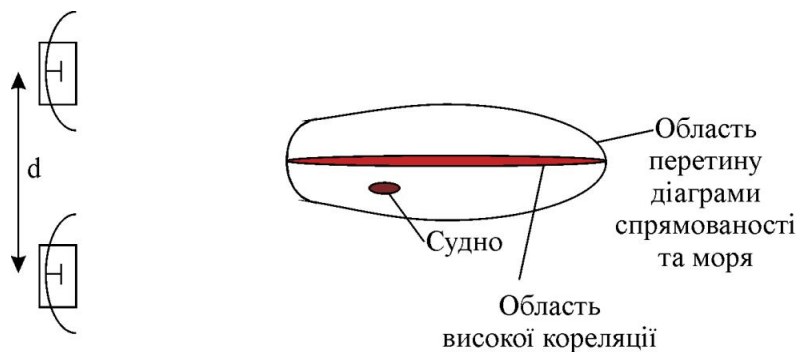


Рис. 3. Геометрія задачі при використанні двох рознесених антен (база d) при обробці широкосмугових радіотеплових сигналів

Область високої кореляції можна додатково зменшити за рахунок геометрії антенної системи. Для цього доцільно збільшити базу d та використовувати вузькі діаграми спрямованості (рис. 4).

З аналізу рис. 4, що потенційно можливо створити систему з невеликою областю високої кореляції. Для цього потрібно щонайменше дві значно рознесені (на відстань, що суттєво перевищує розміри кожної з антен) вузькоспрямовані антени та оброблювати широкосмугові сигнали. Це забезпечить виконання умови $S_{BK,ШС} \approx S_C$, що аналогічно можливості виявлення та визначення координат до судна.

Алгоритм обробки сигналів. Алгоритм обробки сигналів (у найпростішому випадку) визначається особливістю геометрії антенної системи. Виходячи з геометрії та необхідності досягти малої площі $S_{BK,ШС}$ треба реалізувати кроскореляційну [3, 4] обробку сигналів $s_1(t)$ та $s_2(t)$, які спостерігаються на виходах обох антен, та вирішити задачу виявлення

$$\max \left\{ \int_0^T s_1(t) s_2(t) dt \right\} > Z_0, \text{ або } \max \left\{ \int_0^T s_1(t) s_2(t) dt \right\} < Z_0,$$

де Z_0 – поріг виявлення, який для більшості практичних випадків можна встановити дослідним шляхом (загалом, його можна розрахувати виходячи зі статистичної теорії радіосистем).

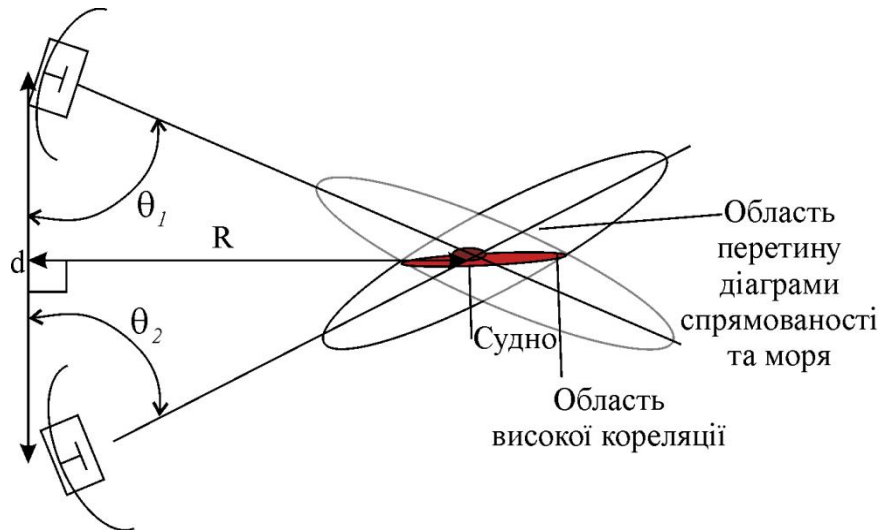


Рис. 4. Геометрія задачі при використанні двох значно рознесених вузькоспрямованих антен (база d) при обробці широкосмугових радіотеплових сигналів

Після виявлення необхідно вирішити задачу оцінки кутових координат θ_1 , θ_2 , при яких спостерігається судно і далі через ці координати можна визначити дальність R до судна з наступної формули:

$$R = d \frac{\sin \theta_1 \sin \theta_2}{\sin(180 - \theta_1 - \theta_2)}.$$

Таким чином можна вирішити задачу визначення координат судна та забезпечити його навігацію.

Висновки. У статті обґрунтована узагальнена структурна схема пасивного радіотехнічного комплексу виявлення та визначення координат суден та їх подальшої навігації у прибережних акваторіях моря.

Показано, що алгоритм обробки радіотеплових сигналів повинен містити у собі операції кореляційної обробки для виявлення судна у зоні високої кореляції, визначення кутів, під якими спостерігається судно та розрахувати дальність до нього. Обґрунтовано вибір антенної системи та доцільність обробки широкосмугових сигналів.

Конкретне застосування системи, що реалізуватиме цей алгоритм, потребує додаткових розрахунків для уточнення бази між антенами з урахуванням заданого сектору огляду та необхідної точності його координат.

Список використаної літератури

1. Міжнародні правила попередження зіткнень суден на морі. – 1972. – 234 с.
2. Волосюк В. К. Построение радиоизображений в радиоастрономии с использованием V -преобразований и их модификаций / В. К. Волосюк, В. В. Павликов // IV Всероссийская конференция "Радиолокация и радиосвязь": Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН. – Москва, 2010. – С. 445-449.

3. Volosyuk V. K. Optimization of signal processing of own radio-thermal radiation of extended source in wideband and super-wideband aperture synthesis systems / V. K. Volosyuk, V. V. Pavlykov // 5th international conference "Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals. (UWBUSIS 2010)". – Sevastopol, Ukraine. – 2010. – P. 74-76.

4. Тимошук Е. Н. Синтез оптимального алгоритма оценки радиометрических изображений в радиометрических комплексах/ Е. Н. Тимошук, Нгуен Ван Кiem, В. В. Павликов // Новітні технології. – 2016. – №2(2). – С.68-74.

5. Богом'я В. І. Навігаційне забезпечення управління рухом суден / [В. І. Богом'я, В. С. Давидов, В. В. Доронін, Д. П. Пашков, І. В. Тихонов]. – Київ.: ДВВП «Компас», 2012. – 336 с.

Referevces

1. "International regulations for preventing collisions at sea." (1972): 234.

2. Volosiuk V. K., Pavlykov V. V. "Construction of radioimages in radio-astronomy using V -transformations and their modifications." *The IV All-russian conference "Radio-location and radio communication": V. A. Kotel'nikov Radio Engineering and Electronics Institute RAS, Moskva* (2010): 445-449.

3. Volosyuk V. K., Pavlykov V. V. "Optimization of signal processing of own radio-thermal radiation of extended source in wideband and super-wideband aperture synthesis systems." *5th international conference "Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals. (UWBUSIS 2010)". – Sevastopol, Ukraine.* (2010): 74-76.

4. Tymoshchuk Ye. H., Nguien Van Kiem, Pavlykov V. V. "Synthesis of optimum algorithm of estimation of radiometrical images in radiometrical complexes." *Novitni tekhnolohii 2(2)* (2016): 68-74.

5. Bohomia V. I., Davydov V. S., Doronin V. V., Pashkov D. P. "Navigation providing of ships motion management." *Kyiv: DVVP "Kompas"* (2012): 336.

Автори статті

Гаврилко Євген Володимирович – доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерної інженерії, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел. +380 (67) 506 91 87. E-mail: dut.aspirantura@ukr.net.

Тимошук Олена Миколаївна – в.о.директора інституту, Київська державна академія водного транспорту. Тел. +380 (50) 398 47 96. E-mail: bog2603@mail.ru.

Трофименко Ірина Володимирівна – аспірант, Київська державна академія водного транспорту. Тел. +380 (50) 398 47 96.

Authors of the article

Navrylko Yevhen Volodymyrovych – doctor of sciences (technical), professor of computer sciences department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel. +380 (67) 506 91 87. E-mail: dut.aspirantura@ukr.net.

Tymoshchuk Olena Mykolaivna – director of institute, Kyiv State Academy of Water Transport. Tel. +380 (50) 398 47 96. E-mail: bog2603@mail.ru.

Trofymenko Iryna Volodymyrivna – post-graduate student, Kyiv State Academy of Water Transport. Tel. +380 (50) 398 47 96.

Дата надходження
в редакцію: 24.08.2017 р.

Рецензент:
доктор технічних наук, професор В. І. Богом'я
Київська державна академія водного транспорту