

УДК 681.5/ 681.3

М. М. СТЕПАНОВ, доктор техн. наук, ст. наук. співробітник;

В. І. КОРСУН, аспірант;

К. А. СОКОЛОВ, студент,

Державний університет телекомунікацій, Київ

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ СТАЦІОНАРНИХ ДЖЕРЕЛ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ В УМОВАХ БАГАТОПОЗИЦІЙНОГО ПРИЙМАННЯ ЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Проаналізовано вплив руху приймальних елементів системи моніторингу на її функціональні можливості щодо просторово-часового оброблення сигналів від апріорно невідомих стаціонарних джерел радіовипромінювання та сформульовано методику визначення координат їх розміщення в пасивному режимі моніторингу з ненапрямленим прийманням.

Запропоновано метод переслідування «ведучий-ведений» на інтервалі часу моніторингу для рівнозначного визначення пеленгів на джерела радіовипромінювання в пасивному режимі під час руху радіоприймачів із апріорно визначеною просторовою конфігурацією.

Ключові слова: радіомоніторинг; дистанційно пілотований літальний апарат; ДПЛА; джерело радіовипромінювання.

Вступ

Актуальність теми. За умов сучасної електромагнітної обстановки значно ускладнюється завдання пошуку завад, джерела яких маскуються нерегулярним характером використання радіочастотного ресурсу.

Джерелами завад можуть бути як легальні, так і нелегальні передавачі, які не дотримують установлених для технологій параметрів випромінювання і обмежень, що накладаються за результатами розрахунків сумісності з передавачами у сусідніх смугах частот іншого оператора. Ідентифікація передавачів за даними ідентифікаторів мережі і окремих базових станцій/секторів дасть змогу більш детально проаналізувати спектр сигналів у навколишньому середовищі місця прояву завади і виявити сигнал завади від нелегального передавача (того ж репітера).

Загалом, для пошуку джерела завади необхідно зменшити загальну невизначеність у параметрах випромінювання передавачів мережі, використавши додаткову інформацію щодо випромінювання джерела завади, отриманої від заявника, а також попереднім вимірюванням у місці проявів завади.

У цьому разі завдяки підвищенню потужності сигналу завади поряд із потужністю корисного сигналу у приймачі радіоконтролю постає можливість для детальнішого, чітко визначеного аналізу спектра сигналу завади, забезпечуючи більшу точність і надійність результатів аналізу спектра і вимірювань.

Таким чином, пошук джерела завади за умов нерегулярного використання радіочастотного ресурсу є складним і актуальним завданням, яке потребує тривалої, кропіткої роботи.

Основна частина

Відомо [1–4], що динамічні умови роботи систем радіомоніторингу істотно впливають на ефективність їх практичного використання. Особливо це стосується пасивних систем радіомоніторингу.

Припустимо, що дистанційно пілотований літальний апарат (ДПЛА) із радіоприймальним модулем (РПРМ) на борту рухається у фіксованому напрямі з постійною швидкістю $V_{\text{РПРМ}}$.

У певний момент часу t_i сигнал, який випромінюється апріорно невідомим джерелом, надходить із невідомого раніше напрямку під кутом α_1 на вхід антенного пристрою РПРМ (рис. 1).

У такому разі вираз для носійної частоти прийнятого сигналу набуває вигляду [3]

$$f_{\text{н.пр}} = f_{\text{н}} \left(1 + \frac{V_{\text{РПРМ}}}{c} \cos \alpha_1 \right), \quad (1)$$

де $f_{\text{н}}$ — частота носійного коливання сигналу; c — швидкість світла; $V_{\text{РПРМ}}$ — швидкість руху РПРМ ДПЛА.

Якщо частота $f_{\text{н}}$ носійного коливання сигналу і швидкість V руху РПРМ апріорно відомі, то після вимірювання $f_{\text{н.пр}}$ може бути визначено пеленг на джерело радіовипромінювання (кут α):

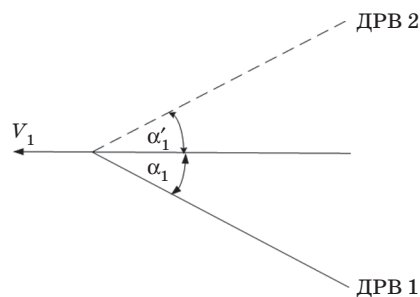


Рис. 1. Ілюстрація неоднозначного визначення напрямку приходу сигналу від джерела радіовипромінювання (ДРВ) за умов напрямленого приймання

$$\alpha_1 = \arccos \left[\frac{c}{L/T} \left(\frac{f_{н.пр}}{f_n} - 1 \right) \right]. \quad (2)$$

Слід зазначити, що точність визначення пеленга на джерело радіовипромінювання (ДРВ) залежить від відстані L (синтезованої апертури), яку проходить РПрМ за час T моніторингу.

Перевагою таких систем є те, що вони забезпечують високу точність вимірювання напрямку приходу сигналу при використанні антен із малою апертурою.

Однак визначення пеленга на ДРВ у цьому разі можливо лише при апріорно відомому спектрі радіовипромінювання.

Можливість роботи тільки за умов, коли спектр сигналу ДРВ апріорно відомий, істотно обмежує застосування систем моніторингу з синтезованою апертурою.

Цю ситуацію можна змінити, якщо швидкість РПрМ змінна в часі за модулем або напрямом. Тоді доплерівська частота також змінюватиметься на інтервалі часу T моніторингу.

Якщо РПрМ переміщується у фіксованому напрямі зі змінною зі швидкістю $V(t)$, тоді гармонічна хвиля з частотою f_n реєструється на виході приймального елемента як частотно-модульоване коливання. Його частота є функцією часу, яка описується таким виразом [3]:

$$f_{пр} = f_n \left(1 + \frac{V(t)}{c} \cos \alpha_1 \right). \quad (3)$$

Якщо швидкість $V(t)$ руху приймального елемента змінюється за гармонічним законом із частотою f_r , то вираз (3) може бути подано у вигляді [3]

$$f_{пр} = f_n \left(1 + \frac{V_0}{c} \cos(2\pi f_r t) \cos \alpha_1 \right), \quad (4)$$

де V_0 — амплітуда швидкості руху РПрМ.

Амплітуда зміни доплерівської частоти F_D реєстрованих коливань та середня частота $f_{сеп}$ цих коливань визначаються так [3]:

$$\begin{cases} F_D = f_n \frac{V_0}{c} \cos \alpha_1; \\ f_{сеп} = f_n. \end{cases} \quad (5)$$

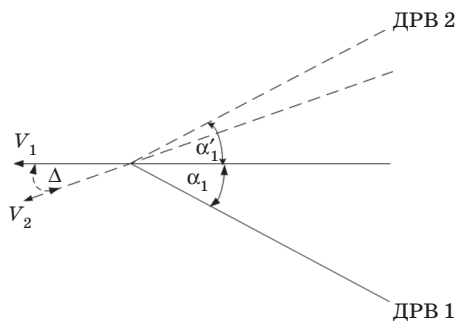


Рис. 2. Геометричне співвідношення кутів у разі зміни напрямку руху носія РПрМ

Частота сигналу і кут його приходу обчислюватимуться у цьому разі, ґрунтуючись на вимірюваннях амплітуди зміни частоти і середньої частоти реєстрованих коливань.

Точність вимірювання кута приходу коливання залежить від амплітуди швидкості переміщення приймального елемента. Слід зазначити, що такий ефект спостерігатиметься й у разі зміни швидкості руху РПрМ за законами, які відрізняються від гармонічного.

Розглянемо випадок, коли РПрМ протягом часу t_1 рухається в фіксованому напрямі з постійною швидкістю V_1 , а потім протягом часу t_2 — у зміненому напрямі з постійною швидкістю V_2 (рис. 2).

Особливістю двох перших моделей (1) і (4) є неоднозначність вимірювання напрямів: сигнали, що приходять із симетричних напрямів (під кутами α_1 і α_2) (див. рис. 1), невідрізнюються.

У цьому разі (рис. 3) ситуація відрізняється від раніше розглянутих.

Під час руху РПрМ у першому напрямі реєстрована доплерівська частота описується виразом

$$F_{Д1} = f_n \frac{V_1}{c} \cos \alpha_1, \quad (6)$$

а у разі руху в зміненому напрямі (див. рис. 2) обчислюється за формулою

$$F_{Д2} = f_n \frac{V_2}{c} \cos(\alpha_1 + \Delta). \quad (7)$$

Якщо V_1 , V_2 , Δ — апріорно визначаються просторовою конфігурацією системи радіомоніторингу, а $F_{Д1}$ і $F_{Д2}$ — величини, які вимірюються, то напрям приходу сигналу від ДРВ та його частота рівнозначно розраховуватимуться на підставі наведених виразів.

Отже, точність вимірювання параметрів сигналу від ДРВ залежить від швидкостей V_1 , V_2 та кута Δ .

З огляду на розглянутий раніше математичний апарат пропонується динамічна модель просторово-часового оброблення сигналів від ДРВ за умов їх рознесення приймання рухомими РПрМ з апріорно відомими просторовими характеристиками на інтервалі часу моніторингу.

Сьогодні мобільні засоби моніторингу здатні функціонально доповнювати стаціонарні й забезпечувати гнучке підтримання ефективного радіомоніторингу під час вимірювання параметрів радіовипромінювань поза зоною доступу до них завдяки використанню потенційних можливостей методів синтезу апертур пасивних систем [5–9].

Просторове положення точок A і B приймання сигналу відносно ДРВ наведено на рис. 3. Тут моніторинг ДРВ реалізується двома рухомими РПрМ, які пересуваються зі швидкостями V_1, V_2 та перебувають на відстані (дистанції) один від одного. Точки A і B приймання сигналу з напрямів α_1, α_2 розміщено в межах головної пелюстки діаграми напрямленості антени ДРВ у вертикальній і горизонтальній площинах.

Вхідні дані:

1. Координати точок місцезнаходження РПрМ1 та РПрМ2 на інтервалі часу моніторингу ДРВ;
2. Час затримки t_3 приходу сигналу в точку B відносно часу приходу радіовипромінювання від ДРВ в точку A .
3. Дистанція d — незмінна на інтервалі часу T моніторингу ДРВ.
4. $V_1 = V_2$.

Наукове завдання:

На підставі наведених вхідних даних визначити координати точки стояння ($x_{\text{ДРВ}}; y_{\text{ДРВ}}$) ДРВ у пасивному режимі моніторингу.

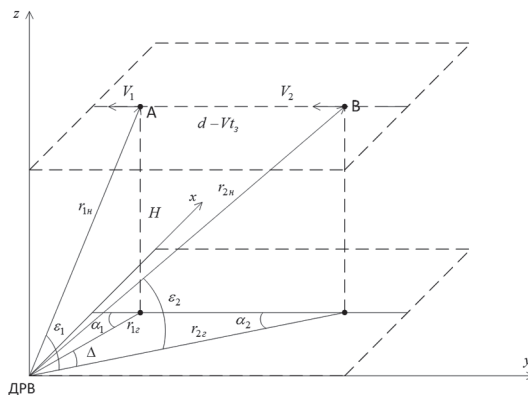


Рис. 3. Траєкторії руху РПрМ із визначеною дистанцією d між носіями

Алгоритм визначення координат точки стояння ($x_{\text{ДРВ}}; y_{\text{ДРВ}}$) ДРВ у пасивному режимі моніторингу. Скориставшись рівнянням передавання Гарольда Фрііса, дістанемо вираз для розрахунку похилої віддалі r_{1n} до ДРВ, який має вигляд

$$r_{1n} = \frac{ct_3 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{1/2}}{1 - \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{1/2}}, \tag{8}$$

де t_3 — час затримки приходу сигналу до другого приймального елемента відносно першого;

P_1, P_2 — потужність сигналу від ДРВ, отримана приймальними антенами, відповідно РПрМ1 і РПрМ2.

Слід зазначити, що похилі віддалі до першого і другого приймальних елементів пов'язані співвідношенням

$$r_{2n} = r_{1n} + ct_3, \tag{9}$$

де r_{1n}, r_{2n} — похила віддалі відповідно до першого приймального елемента та до другого приймального елемента відносно точки місцезнаходження джерела радіовипромінювання; c — швидкість світла.

Отже, математичні вирази для розрахунку кутів місця в точках приймання відповідно A і B (див. рис. 3) мають вигляд

$$\epsilon_1 = \arcsin \left(\frac{H}{r_{1n}} \right), \tag{10}$$

$$\epsilon_2 = \arcsin \left(\frac{H}{r_{2n}} \right), \tag{11}$$

де H — висота перебування радіоприймача в момент приймання сигналу від джерела радіовипромінювання (див. рис. 3).

Вирази для розрахунку значень проекцій похилих віддалі від ДРВ до точок відповідно A і B на горизонтальну площину згідно з рис. 3 набирають вигляду

$$r_{1r} = \frac{H}{\operatorname{tg}(\varepsilon_1)} = \frac{H}{\operatorname{tg}\left(\arcsin\left(\frac{H}{r_{1n}}\right)\right)} = \frac{H\sqrt{1-\left(\frac{H}{r_{1n}}\right)^2}}{\left(\frac{H}{r_{1n}}\right)} = \sqrt{r_{1n}^2 - H^2}; \quad (12)$$

$$r_{2r} = \frac{H}{\operatorname{tg}(\varepsilon_2)} = \frac{H}{\operatorname{tg}\left(\arcsin\left(\frac{H}{r_{2n}}\right)\right)} = \frac{H\sqrt{1-\left(\frac{H}{r_{2n}}\right)^2}}{\left(\frac{H}{r_{2n}}\right)} = \sqrt{r_{2n}^2 - H^2}. \quad (13)$$

Із урахуванням виразів (9), (10) обчислюємо кут між напрямками на точки приймання сигналів відносно точки розташування джерела радіовипромінювання в горизонтальній площині (див. рис. 3):

$$\Delta = \arccos\left[\frac{r_{1r}^2 + r_{2r}^2 - (d - Vt_3)^2}{2 \cdot r_{1r} \cdot r_{2r}}\right] = \arccos A_\Delta. \quad (14)$$

У разі, коли параметри V_1, V_2 (d — дистанція між носіями радіоприймачів у точках A і B на рис. 3) апріорно відомі, кут Δ визначається згідно з формулою (14), а f_{np1} і f_{np2} вимірюються, тоді напрямки приходу сигналів та його носійна частота однозначно визначаються виразами (16), (17) на підставі розв'язання системи наведених далі рівнянь:

$$\begin{cases} f_{np1} = f_n \left[1 + \frac{V_1}{c} \cos \alpha_1 \right], \\ f_{np2} = f_n \left[1 + \frac{V_2}{c} \cos(\alpha_1 + \Delta) \right]; \\ \alpha_2 = \alpha_1 + \Delta; \quad V_1 = V_2 = V; \end{cases}$$

$$\Delta = \arccos\left[\frac{r_{1r}^2 + r_{2r}^2 - (d - Vt_3)^2}{2 \cdot r_{1r} \cdot r_{2r}}\right] = \arccos A_\Delta; \quad \frac{f_{np1}}{f_{np2}} = \frac{\left[1 + \frac{V}{c} \cos \alpha_1 \right]}{\left[1 + \frac{V}{c} \cos(\alpha_1 + \Delta) \right]}; \quad (15)$$

$$f_{np1} A_\Delta \cos(\alpha_1) - f_{np1} \sqrt{1 - A_\Delta^2} \sin(\alpha_1) - f_{np2} \cos(\alpha_1) = \frac{c(f_{np2} - f_{np1})}{V}.$$

Позначимо:

$$f_{np1} A_\Delta = f_{np1} \left[\frac{r_{1r}^2 + r_{2r}^2 - (d - Vt_3)^2}{2 \cdot r_{1r} \cdot r_{2r}} \right] = A;$$

$$f_{np1} \sqrt{1 - A_\Delta^2} = f_{np1} \sqrt{1 - \left[\frac{r_{1r}^2 + r_{2r}^2 - (d - Vt_3)^2}{2 \cdot r_{1r} \cdot r_{2r}} \right]^2} = B;$$

$$f_{np2} = C;$$

$$\frac{c(f_{np2} - f_{np1})}{V} = G;$$

$$A \cos \alpha_1 - B \sqrt{1 - \cos^2 \alpha_1} - C \cos \alpha_1 = G; \quad \cos \alpha_1 = t;$$

$$(A^2 + C^2 + B^2)t^2 + (2CG - 2AC - 2AG)t + (G^2 - B^2) = 0;$$

$$t_{1,2} = \frac{-(2CG - 2AC - 2AG) \pm \sqrt{(2CG - 2AC - 2AG)^2 - 4(A^2 + C^2 + B^2)(G^2 - B^2)}}{2(A^2 + C^2 + B^2)}.$$

Уведемо обмеження:

$$\begin{cases} -1 \leq t \leq 1, \\ 0 \leq \alpha_1 \leq \pi. \end{cases}$$

Отже, вирази для обчислення відповідно кута пеленга на ДРВ та носійної частоти (рис. 4) набирають вигляду

$$\alpha_1 = \arccos t; \tag{16}$$

$$f_H = \frac{f_{np1}}{\left[1 + \frac{V}{c} \cos \alpha_1\right]}. \tag{17}$$

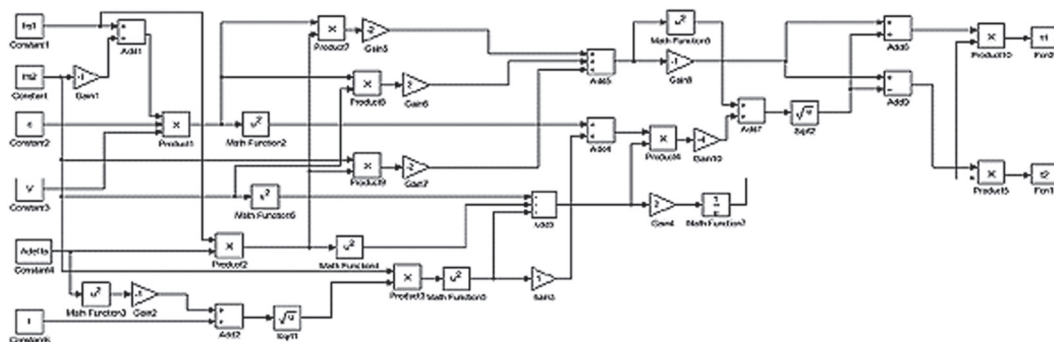


Рис. 4. Блок-схема алгоритму визначення пеленгів α_1, α_2 на ДРВ та його носійної частоти f_H

За умови, що вісь Ox системи прямокутних координат XOy , наведеної на рис. 5, орієнтована паралельно до траєкторії руху приймальних елементів системи радіомоніторингу, у центрі якої розміщено наземний пункт збору та оброблення радіолокаційної інформації (НПЗОРЛІ), координати точки розташування джерела радіовипромінювання розраховуватимуться так:

$$\begin{cases} x_{ДРВ} = x_1 - \sqrt{r_{1п}^2 - H^2} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{c}{V_1}\right)^2 \left[\frac{f_{np1}}{f_H} - 1\right]^2}; \\ y_{ДРВ} = y_1 + \sqrt{r_{1п}^2 - H^2} \cdot \frac{c}{V_1} \left[\frac{f_{np1}}{f_H} - 1\right]. \end{cases} \tag{18}$$

Реалізацію просторового положення точок A і B приймання сигналу відносно ДРВ (див. рис. 4) можна вирішити відповідним радіокеруванням носіями РПрМ та визначенням і передаванням команд керування (КК) на борт веденого носія РПрМ із фіксованим загаюванням відносно КК ведучого об'єкта.

Це завдання характеризується тим, що керування польотом здійснюється безперервно на всій траєкторії руху групи носіїв РПрМ. Для спрощення сприйняття розглядатимемо його в одній площині.

Положення ведучого і веденого носіїв РПрМ визначається в інерціальній системі координат із осями $H, P, D(\vec{V})$. Ведучий носій РПрМ (НРПрМ) рухається зі швидкістю \vec{V}_1 на висоті H_1 .

Аналогічна швидкість веденого: $\vec{V}_2 = V_1$, а напрям його руху збігається з напрямом ведучого.

Із цього випливає, що кут $\hat{\theta}$ нахилу траєкторії дорівнює курсовому куту ведучого. Це справедливо у разі, якщо кут атаки дорівнює нулю. Кінематичні співвідношення для цього випадку зображено на рис. 6.

Кут лінії візування на рис. 5 позначено β , відстань між ведучим і веденим — d , проекції векторів швидкостей ведучого і веденого на лінію візування — відповідно $V_{\beta T}, V_{\beta M}$, а до нормалі до лінії візування — $V_{\alpha T}, V_{\alpha M}$.

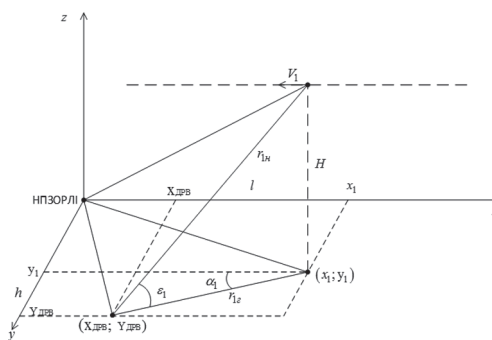


Рис. 5. Орієнтація руху РПрМ відносно осі Ox

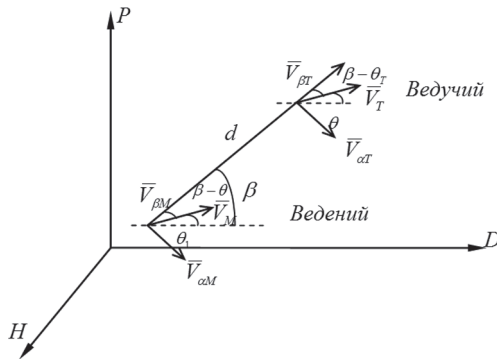


Рис. 6. Графічна інтерпретація кінематичних співвідношень під час руху ведучого і веденого носіїв РПРМ

Призначення системи утримання (СУ) веденого на потрібній траєкторії (наведення) полягає у формуванні таких КЖ (на автопілот), які забезпечуватимуть утримання веденого за ведучим навіть у разі маневрування останнього.

Припустимо, що СУ буде відпрацьовувати вхідний сигнал, який дорівнює (пропорційний) куту лінії візування β або швидкості візування $\dot{\beta}$.

За такими вхідними сигналами можлива реалізація тільки одного закону керування, що може бути застосовним для утримання веденого — це переслідування.

У цьому разі ведений НПРМ завжди перебуває прямо за ведучим, тобто $\theta = \beta$.

За відсутності маневру це означає, що ведений рухається з постійною бічною швидкістю, а при сталій повздовжній швидкості забезпечуватиметься «ідеальна» дистанція між двома об'єктами по прямій лінії.

Відповідно до рис. 6 кінематичні співвідношення мають вигляд

$$V_{\beta T} - V_{\beta M} = V_T \cos(\beta - \theta_T) - V_M \cos(\beta - \theta_T) = \dot{d}, \tag{19}$$

$$d = d_0 + \dot{d}\Delta t,$$

а кутів відхилення

$$\dot{\beta} = -\frac{V_{\alpha T} - V_{\alpha M}}{d} = -\frac{V_T \sin(\beta - \theta_T) - V_M \sin(\beta - \theta_T)}{d}, \tag{20}$$

$$\beta = \beta_0 + \dot{\beta}\Delta t.$$

Метод «чистого» переслідування буде визначатися тим, що ані ведучий, ані ведений не маневрують. При цьому $V_T = \text{const}$, а $\theta_T = 0$; $\theta = \beta$.

У такому разі

$$\frac{d(d)}{dt} = V_T \cos\beta - V_M = \dot{d};$$

$$\dot{\beta} = \frac{d\beta}{dt} = -\frac{V_T \sin\beta}{d}. \tag{21}$$

При цьому $\dot{\beta}$ дорівнюватиме нулю тільки тоді, коли $\beta = 0$ або π , тобто переслідування відбувається точно «у хвіст».

Розв'язок для β і кута θ нахилу траєкторії як функції зміни дистанції d має вигляд

$$\frac{d(d)}{d\beta} = \left(-\text{ctg}\beta + \frac{V_M}{V_T} \text{cosec}\beta\right) d \rightarrow \frac{d(d)}{dt} (-\text{ctg}\beta + \gamma \text{cosec}\beta) d\beta, \tag{22}$$

де $\gamma = \frac{V_M}{V_T}$ — співвідношення швидкостей ведучого і веденого НПРМ.

Обернене перетворення виразу (22) має вигляд

$$\ln d = -\ln|\sin\beta| + \gamma \ln\left|\text{tg}\frac{\beta}{2}\right| + \text{const}. \tag{23}$$

Якщо припустити, що $0 \leq \beta < \pi$, то

$$\ln \frac{d \sin\beta}{\text{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)^\gamma} = \text{const}, \tag{24}$$

або

$$\frac{d \sin\beta}{\text{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)^\gamma} = \frac{d_0 \sin\beta}{\text{tg}\left(\frac{\beta_0}{2}\right)^\gamma} = k = \lambda, \tag{25}$$

де d_0 і β_0 — потрібні значення відповідно дистанції і кута візування веденого відносно ведучого НПРМ. Оскільки ведучий і ведений мають бути на одній лінії, то β наближається до нуля, а $k = \lambda$ мають бути постійними.

Точний вивід «у хвіст» ведучому НПРМ відбудеться за умови $\beta = \theta = 0$:

$$\dot{\beta} = -\frac{V_T (\sin \beta)^2}{\lambda (\operatorname{tg} \beta / 2)^\gamma}$$

При цьому кутова швидкість визначається так:

$$\dot{\beta} = -\frac{V_T (\sin \beta)^2}{\lambda \left(\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}\right)^\gamma}$$

На ділянці траєкторії, де $\beta \ll 1$, $\sin \beta \approx \beta$, $\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \approx \frac{\beta}{2}$, вираз для кутової швидкості набирає вигляду

$$\dot{\beta} \approx \frac{2^\gamma (V_T)^\gamma}{\lambda} - \gamma \quad (26)$$

Висновки

Мобільні засоби моніторингу функціонально доповнюють стаціонарні і забезпечують гнучке підтримання ефективного радіомоніторингу під час проведення вимірювань параметрів радіовипромінювань поза зоною доступу до них.

Використання мобільних систем радіомоніторингу на базі рухомих радіокерованих модулів для розв'язання відповідних практичних завдань дає можливість ефективніше здійснювати контроль радіочастотного спектра і виявляти незареєстровані радіовипромінювання.

Отже, актуальними залишаються питання щодо потенційних можливостей методів синтезу апертур пасивних систем радіомоніторингу.

Завдання радіомоніторингу можуть бути вирішені і із залученням пасивних радіолокаційних систем, до складу яких може входити не один, а кілька рознесених у просторі радіокерованих приймальних модулів.

Необхідною умовою для розв'язання завдання визначення координат ДРВ розглянутою системою є наявність не менш як трьох рухомих радіоприймальних модулів на інтервалі часу моніторингу.

У даній системі інформація, яку отримують окремими радіолокаційними вимірювачами, обробляється спільно.

Розглянуті у статті алгоритми дозволяють визначати координати джерел радіовипромінювання в пасивному режимі за умов ненапрявленого приймання.

Слід зазначити, що реалізація наведених алгоритмів є економічно більш доцільною порівняно з космічними системами радіомоніторингу, які розв'язують аналогічні технічні завдання.

Ефективність застосування розглянутих динамічних моделей залежить не тільки від параметрів радіоприймальних модулів, а й параметрів сигналу джерела радіовипромінювання.

Значну роль при цьому відіграє співвідношення між параметрами руху антен радіоприймальних модулів і інтервалами когерентності сигналу.

Якщо фазова структура сигналу не зруйнована на всьому просторово-часовому інтервалі моніторингу, то завдяки використанню апріорно відомої інформації про параметри руху радіолокаційних вимірювачів можна істотно підвищити ефективність системи у процесі вирішення розглядуваного завдання.

Список використаної літератури

1. Дружинін В. А. Проблеми формування та обробки радіолокаційної інформації в системах радіобачення: монографія. Київ: Логос, 2013. 230 с.
2. Методи та алгоритми обробки і захисту інформації в радіолокаційних системах із змінною просторовою конфігурацією: монографія / В. А. Дружинін, С. В. Толюпа, В. С. Наконечний [та ін.]. Київ: Логос, 2014. 251 с.
3. Горбань І. І. Обробка гідроакустичних сигналів у складних динамічних умовах.: монографія. Київ: Наук.-вироб. підприємство «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2008. 270 с.
4. Караваев В. В., Сазонов В. В. Статистическая теория пассивной локации. М.: Радио, 1987. 240 с.
5. Hayes M. P., Gough P. T. Synthetic aperture sonar: a review of current status // IEEE J. Ocean. Eng. 2009. V. 34, № 3. P. 207–224.
6. Autrey S. W. Passive synthetic arrays // IEEE J. Ocean. Eng. 1988. V. 84, № 2. P. 592–598.
7. Stergiopoulos S. Optimum bearing resolution for a moving towed array and extension of its physical aperture // The Journal of the Acoustical Society of America. 1990. V. 87, № 5. P. 2128–2140.

8. *Edelson G. S., Tufts D. W. On the ability to estimate narrow-band signal parameters using towed arrays // IEEE Journal of Oceanic Engineering. 1992. V. 17, № 1. P. 48–61.*

9. *Cramer-Rao lower bound for localization of a source with partial temporal coherence using passive synthetic aperture / A. S. Ivanenkov, P. I. Korotin, D. A. Orlov [et al.] // Proc. of the 12th European Conference on Underwater Acoustics. 2012. Edinburgh, United Kingdom. P. 564–571.*

Рецензент: доктор техн. наук, доцент **О. М. Ткаченко**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

М. Н. Степанов, В. И. Корсун, К. А. Соколов

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МНОГОПОЗИЦИОННОГО ПРИЕМА ЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Проанализировано влияние движения приемных элементов системы мониторинга на ее функциональные возможности пространственно-временной обработки сигналов от априорно неизвестных стационарных источников радиоизлучения и сформулирована методика определения координат их расположения в пассивном режиме мониторинга с ненаправленным приемом.

Предложен метод преследования «ведущий-ведомый» на интервале времени мониторинга для однозначного определения пеленгов на источники радиоизлучения в пассивном режиме при движении радиоприемников с априорно определенной пространственной конфигурацией.

Ключевые слова: радиомониторинг; дистанционно пилотируемый летательный аппарат; БПЛА; источник радиоизлучения.

М. М. Stepanov, V. I. Korsun, K. A. Sokolov

METHOD OF DETERMINATION OF COORDINATES OF STATIONARY SOURCES OF RADIO EMISSION IN CONDITIONS OF MULTIPPOINT RECEPTION OF LOCATION INFORMATION

The paper analyzes the influence of the motion of the receiving elements of the monitoring system on its functionality in terms of space-time signal processing from a priori unknown stationary sources of radio emission and proposes a method for determining the coordinates of their location in the passive monitoring mode with direct reception.

The proposed method of pursuit of «leading-slave» at the interval of monitoring time for unambiguous determination of bearings for radio sources in the passive mode when moving radios with a priori defined spatial configuration.

Keywords: radio monitoring; remote piloted aircraft; UAV; DRV.

УДК 004.7

А. В. КРИВКІН, бакалавр,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ЕВОЛЮЦІЯ ЗАХИСТУ БЕЗПРОВОДОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ Wi-Fi

Еволюція технології безпроводових мереж щодо надійності та швидкості її сприйняття пішла на користь як споживачам, так і бізнесу. Таке стрімке зростання розвитку безпроводових мереж зумовило необхідність бути постійно доступними. Обговорено перспективи впровадження інформаційних та телекомунікаційних технологій в Україні та світі, де мережі потребують технічних знань та допомоги стосовно правильного налаштування повністю надмірних Wi-Fi вирішень із використанням переваг найсучасніших функцій безпроводових технологій. Запропоновано порівняння двох технологій.

Ключові слова: безпека; шифрування; стандарт; доступ; протокол.

Вступ

Усе частіше останнім часом у світових ІТ-новинах з'являються повідомлення щодо компаній, які використовують технологію Wi-Fi у повсякденній роботі або надають Wi-Fi послуги клієнтам з анонсуванням різних пристроїв із вбудованою підтримкою Wi-Fi, зокрема мобільні телефони, КПК чи ноутбуки. Очевидно, що впровадження цієї технології здійснюється надзвичайно швидкими темпами, і багато аналітиків давно пророкують їй успішне майбутнє, яке може кардинально змінити сьогоднішній підхід до ви-

користання комп'ютерів і мобільних пристроїв. Стандарт Wi-Fi з'явився ще в середині 90-х і почав активно просуватися з 2000 року. Проте нині лише деякі користувачі уявляють собі, що саме приховано за загадковою аббревіатурою Wi-Fi. Ця технологія наразі розвивається з винятковою швидкістю. Упровадження Wi-Fi відбувається повсюдно в усьому розвиненому світі. Це зумовлено великою кількістю переваг даної технології, хоча вона має і низку недоліків. У статті розглянуто як позитивні, так і негативні боки даної технології, оскільки ця технологія є не тільки засобом

© А. В. Кривкін, 2019