

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЗВ'ЯЗКУ ТА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

МАТЕРІАЛИ
НАУКОВОГО-ПРАКТИЧНОГО СЕМІНАРУ

**ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНО-
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ВУЗЛІВ ОПЕРАТИВНОЇ ТА
СТРАТЕГІЧНОЇ ЛАНОК УПРАВЛІННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ
УКРАЇНИ**

Київ-2010

доктор технічних наук, професор СЛЮСАР В.І.
кандидат технічних наук, старший науковий
співробітник ЗІНЧЕНКО А.О.

МУЛЬТИКОРИСТУВАЛЬНИЦЬКИЙ МЕТОД МІМО В ІНТЕГРОВАНІЙ СИСТЕМІ ЗВ'ЯЗКУ ТА РАДІОЛОКАЦІЇ З БАГАТОСЕКЦІЙНИМИ ЦАР

Одним з перспективних напрямів удосконалення інформаційного забезпечення військ у війнах майбутнього є використання інтегрованих систем зв'язку та радіолокаційної розвідки (ІСЗРЛ) [1 - 4]. Найбільш ефективна їхня реалізація спирається на застосування у мобільних станціях зв'язку та радіолокації (МСЗРЛ) багатосекційних цифрових антенних решіток (ЦАР), утворюючих конформні, наприклад, пірамідальні за конструкцією антенні комплекси, здатні забезпечити круговий огляд простору без механічного сканування.

Серед чисельних варіантів функціонування таких приймально-випромінюючих ЦАР у режимі мультिकористувальницького МІМО (мульти-МІМО) найбільш простим, по аналогії з роботою [5], є метод, що передбачає випромінювання кожним з передавачів активної ЦАР одночастотних сигналів на різних довжинах електромагнітних хвиль. Саме такий метод пропонується для застосування в ІСЗРЛ. Опис відповідної сукупності напруг сигналів по виходах приймальних каналів лінійної та плоскої ЦАР в [5] спирається на використання у аналітичній моделі відгуку ЦАР матричного добутку Хатрі-Рао [6, 7]. Разом з тим, такий підхід не спрацьовує у випадку багатосекційної побудови ЦАР, тому метою доповіді є його відповідне узагальнення стосовно окремо взятої МСЗРЛ з багатосекційною приймальною ЦАР.

Якщо подати сукупність напруг сигналів по виходах приймальних каналів багатосекційної ЦАР у вигляді [3]:

$$U = P \cdot A + n,$$

де U - блоковий вектор комплексних напруг сигналів по виходах частотних фільтрів просторових каналів сукупності секцій багатосекційної ЦАР, P - сигнальна матриця, A - блоковий вектор амплітуд сигналів, n - блоковий вектор шумових напруг,

то структура сигнальної матриці P та блокових векторів U і A у випадку лінійно-решітчатих секцій ЦАР буде наступною:

$$P = (Q \circ \tilde{H}_Q)[n]F,$$

$$Q = \begin{bmatrix} Q_{11}(x_1) & \mathbf{L} & Q_{11}(x_M) \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ \hline Q_{R1}(x_1) & \mathbf{L} & Q_{R1}(x_M) \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ \hline Q_{IT}(x_1) & \mathbf{L} & Q_{IT}(x_M) \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ \hline Q_{RT}(x_1) & \mathbf{L} & Q_{RT}(x_M) \end{bmatrix}$$

де Q - блокова матриця характеристик спрямованості антенних елементів лінійної антенної решітки t -ї секції $Q_{rt}(x_m)$ у напрямку на m -е джерело сигналів з кутовою координатою x_m , де $r=1, \dots, R$ – порядковий номер антенного елемента у антенній решітці в межах t -ї секції, $t=1, \dots, T$ – порядковий номер секції у багатосекційній ЦАР.

$$\tilde{H}_Q = \begin{bmatrix} \tilde{h}_{Q111} & \mathbf{L} & \tilde{h}_{Q11M} \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ \hline \tilde{h}_{QR11} & \mathbf{L} & \tilde{h}_{QR1M} \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ \hline \tilde{h}_{QIT1} & \mathbf{L} & \tilde{h}_{QITM} \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ \hline \tilde{h}_{QRT1} & \mathbf{L} & \tilde{h}_{QRTM} \end{bmatrix}$$

- блокова матриця передаточних характеристик каналу МІМО \tilde{h}_{Qrtm} у напрямках на m -е джерело сигналів з кутовою координатою x_m , де $r=1, \dots, R$ – порядковий номер антенного елемента у антенній решітці в межах t -ї секції, $t=1, \dots, T$ – порядковий номер секції багатосекційної ЦАР.

$$F = \begin{bmatrix} F_{11}(w_1) & \mathbf{L} & F_{11}(w_M) \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ \hline F_{R1}(w_1) & \mathbf{L} & F_{R1}(w_M) \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ \hline F_{IT}(w_1) & \mathbf{L} & F_{IT}(w_M) \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ \hline F_{RT}(w_1) & \mathbf{L} & F_{RT}(w_M) \end{bmatrix}$$

- блокова матриця АЧХ частотних фільтрів, синтезованих за допомогою дискретного перетворення Фур'є на частотах піднесучих N-OFDM сигналу,

$[\mathbf{n}]$ - символ блокового транспонованого торцевого добутку матриць [6, 7].

В режимі зв'язку демодуляція сигналів може бути здійснена шляхом оптимального за методом найменших квадратів оцінювання вектора комплексних амплітуд сигналів згідно з відомим виразом $\tilde{A} = (P^T P)^{-1} P^T U$ з урахуванням просторово-часового чи іншого з різновидів кодування МІМО-

сигналів. В радіолокаційному режимі оцінюванню мають підлягати параметричні елементи сигнальної матриці P , а саме: невідомі кутові координати джерел випромінювання та їхні частоти з урахуванням ефекту Доплера. Визначення відстані до цілей на підставі отриманої інформації може бути здійснене триангуляційним або іншим методом на основі багатопозиційної локації. Метою подальших досліджень є отримання нижньої межі Крамера-Рао для дисперсій оцінок параметрів сигналів та аналіз їхньої достовірності шляхом математичного моделювання процедур обробки сигналів у приймальній багатосекційній ЦАР МСЗРЛ при вирішенні завдань зв'язку та радіолокаційної розвідки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Слюсар В.І., Зінченко А.О. Інтегрована система зв'язку та радіолокаційної розвідки на основі технології МІМО. // 3-а Всеукраїнська науково-технічна конференція “Перспективи розвитку озброєння і військової техніки Сухопутних військ”. - Львів, Академія Сухопутних військ імені Гетьмана Петра Сагайдачного. - 13 - 14 квітня 2010 р. - С. 150.
2. Слюсар В.І., Зінченко А.О. Технологія МІМО як основа інтегрованої системи зв'язку та радіолокаційної розвідки. //Шоста наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба "Новітні технології для захисту повітряного простору", 14 - 15 квітня 2010 року. – Харків: ХУПС. – 2010. - С. 108 - 109.
3. Слюсар В.І., Зінченко А.О. Технологія МУЛЬТИ-МІМО як засіб апаратного поєднання систем зв'язку та радіолокації. //V-а науково-технічна конференція “Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення” (20 - 21 жовтня 2010 р., доповіді та тези доповідей). – Київ: ВІТІ НТУУ “КПІ”, 2010. – С. 226 – 227.
4. Слюсар В.І., Зінченко А.О. Конвергенція систем зв'язку та радіолокаційної розвідки.// Науково-технічна конференція "Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки" (16 - 17 грудня 2010 р.). - К.: ЦНДІ ОВТ ЗСУ. - 2010. – С. 95 – 97.
5. Слюсар В.И. Семейство торцевых произведений матриц и его свойства// Кибернетика и системный анализ. – 1999.- Том 35; № 3.- С. 379-384.
6. Слюсар В.И. Обобщенные торцевые произведения матриц в моделях цифровых антенных решеток с неидентичными каналами.//Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника.- 2003. - Том 46, № 10. - С. 9 – 17.