

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,  
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ  
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

МАТЕРИАЛЫ  
XVI МЕЖДУНАРОДНОГО  
МОЛОДЕЖНОГО ФОРУМА

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА  
И МОЛОДЕЖЬ  
В XXI ВЕКЕ



Том 4

Харьков 2012



Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины  
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

МАТЕРИАЛЫ 16-го МЕЖДУНАРОДНОГО  
МОЛОДЕЖНОГО ФОРУМА

**«РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И МОЛОДЕЖЬ В XXI веке»**

*17 – 19 апреля 2012 г.*

Том 4

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ  
И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

Харьков 2012

**16-й Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». Сб. материалов форума. Т. 4. - Харьков: ХНУРЭ. 2012. – 305 с.**

**В сборник включены материалы 16-го Международного молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке».**

**Издание подготовлено факультетом  
Телекоммуникаций и измерительной техники  
Харьковского национального университета радиоэлектроники (ХНУРЭ)**

**61166 Украина, Харьков, просп. Ленина, 14  
тел.: (057) 7021397  
факс: (057) 7021515**

**E-mail: [innov@kture.kharkov.ua](mailto:innov@kture.kharkov.ua)**

**© Харьковский  
национальный университет  
радиоэлектроники (ХНУРЭ), 2012**

# МЕТОД ПЕЛЕНГАЦИИ ПОМЕХ В РЕЖИМЕ ВХОЖДЕНИЯ В СВЯЗЬ

Лютов В.В., Слюсар В.И.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Слюсар В.И.

Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины

(01135, г. Киев, Воздухофлотский проспект, 28)

E-mail: Liutov@list.ru

The method of interference direction finding in the communication entering mode of the movable objects in the MIMO system.

В докладе представлен метод пеленгации помех в режиме вхождения в связь. Данный метод позволяет решить задачу вхождения в связь в условиях многолучевого распространения радиоволн и множественных переотражений сигналов при работе радиосредств в системах связи подвижных объектов, по технологии ММО.

Обычным подходом к решению задач вхождения в связь применительно к ММО – системам является пространственная селекция. Однако для подвижных объектов, такой подход требует учета целого ряда ограничений. Альтернативным подходом решения задач вхождения в связь является разделение сигналов передатчика ММО, на основе методов углового "сверхразрешения". Сущность его заключается в том, что если угловые координаты излучателей относительно нормали к приемной антенне известны, то задача разделения сигналов, сводится к решению системы уравнений, составленных по каждому отсчету аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Неизвестные угловые координаты источников излучения определяются на этапе вхождения в связь при цифровом формировании диаграммы направленности (ДН), для этого можно применять нелинейные математические операции – например, процедуру Кейпона. В результате ДН таких приемных антенн будут крайне узконаправленными и остроконечными, что позволяет повысить пространственную избирательность антенной системы.

Запишем в матричном виде выражение, описывающее отклик цифровой антенной решетки (ЦАР) ММО:

$$U = P \cdot A + n, \quad (1)$$

где  $U$  – вектор комплексных отсчетов напряжений сигнальной смеси по выходам  $R$  приемных каналов ЦАР,

$$P = Q \cdot K = \begin{bmatrix} Q_1(x_1) & \dots & Q_1(x_M) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ Q_r(x_1) & \dots & Q_r(x_M) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} K(s_1 - z_1) & \dots & K(s_1 - z_M) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ K(s_r - z_1) & \dots & K(s_r - z_M) \end{bmatrix}, \quad (2)$$

• – символ произведения Хатри-Рао [1],  $Q_r(x_M)$  – известная характеристика направленности (ХН)  $r$ -го антенного элемента приемной ЦАР в направлении  $M$ -го излучателя с известной угловой координатой  $x_M$ ,  $K(s_t - z_M)$  – известное значение нормированной дискретной функции огибающей  $M$ -го импульса в  $t$ -м отсчете времени,  $s_t$  – порядковый номер отсчета аналого-цифрового преобразователя (АЦП),  $z_M$  – смещение первого отсчета измерительной выборки относительно начала  $M$ -го импульса,  $A = [a_1 \dots a_M]^T$  – вектор комплексных амплитуд сигналов, содержащий информацию о переданном сообщении,  $n$  – вектор комплексных значений шумов измерения.

Сформированная таким образом система уравнений (1) решается относительно неизвестных оценок амплитудных составляющих каждого парциального импульса, в которых при QAM – модуляции содержится полезная информация.

Для этого используется метод максимального правдоподобия, позволяющий получить оптимальные оценки амплитуд сигналов.

Для принятия решения об оптимальности амплитуды сигналов произведем накопление полученных оценок амплитуды, которые с определенной доверительной вероятностью попадут в интервал амплитуд сигналов с положительным ответом в системе "свой-чужой".

Потенциальная точность измерения квадратурных составляющих амплитуд принятых импульсов определяется нижней границей Крамера-Рао [1], для которой информационная матрица Фишера (2) имеет вид:

$$I = \sigma^{-2} [P^T P], \quad (3)$$

где  $\sigma^{-2}$  – дисперсия шумов в отсчете АЦП,  $P$  – упомянутая сигнальная матрица. Точное значение нижней границы Крамера-Рао может быть рассчитано заранее и предустановлено в качестве допустимого значения квадратурных составляющих амплитуд, либо вычисляться непосредственно на этапе вхождения в связь, что в свою очередь потребует накопления некоторой статистики о помеховой обстановке в эфире.

#### Список источников

1. Слюсар В.И. Обобщенные торцевые произведения матриц в моделях цифровых антенных решеток с неидентичными каналами. // Радиоэлектроника. – 2003. – Т. 46. – № 10 – С.15–26. (Изв. вузов).
2. Слюсар В.И., Смоляр В.Г. Частотное уплотнение каналов связи на основе сверхрелеевого разрешения сигналов. // Радиоэлектроника. – 2003. – №7. – С. 30 – 39. (Изв. вузов).
3. Слюсар В.И. Информационная матрица Фишера для моделей систем, базирующихся на торцевых произведениях матриц. // Кибернетика и системный анализ. – 1999. – № 4 – С.141–149. (Изв. вузов).

<b>К</b>			
Канюкова Д.Д.	261	Никищенко А.Н.	278
Карпин Н.Б.	106	Новиков И.О.	84
Киячков К.П.	58	Новосядлый С.В.	86
Клопот А.М.	249	Новосядлый С.П.	86
Ключников С.Н.	263	Нога К.Ф.	280
Коваленко К.И.	188	Нокель В.П.	286
Коган В.В.	60	<b>О</b>	
Коляденко А.В.	62	Овчарова Т.А.	282
Копытова Е.А.	139	Овчинников К.А.	88
Костенко С.А.	127	Орешков В.И.	90
Котляр Т.Ю.	265	Отуга Альфред Ореро	92
Кравченко А.Д.	129	<b>П</b>	
Кузовников А.В.	222	Паслен В.В.	271
Кузьминых Е.Д.	64	Патрушев С.С.	206
Кузнецов А.В.	261	Переверзев А.А.	94
Кусмаров А.Е.	131	Полянскова Н.В.	208
Кучальский И.Е.	267	Протасова Е.А.	210
Куйчиев О.М.	78	Протасова Т.А.	210
Кушниренко Н.И.	190	Прытков М.Н.	96
<b>Л</b>		Пустовойтов П.Е.	212
Лапшин Д.В.	133	<b>Р</b>	
Лебеденко Т.Н.	66	Ризван С.С.	98
Литвивенко В.А.	269	Романенко П.В.	216
Лышенко В.В.	135	Романчук Е.Ю.	141
Лютков В.В.	192	Рыбницкий М.А.	100
Ляпина Н.В.	68	<b>С</b>	
<b>М</b>		Садыхов Т.И.	218
Макеенко Р.А.	194	Саид Халава Фуаз	104
Малеев Я.Г.	137	Саранчев В.В.	220
Малик Д.Ю.	70	Селиванов К.А.	22
Марченко Д.И.	72	Семкин П.В.	222
Марчук А.В.	74	Силин П.И.	143
Матяш А.Ю.	196	Соседка Ю.Э.	164
Мельник А.А.	139	Скибин В.П.	36
Мельник Д.А.	198	Скибин В.	145
Мельник Л.В.	86	Скобеев Д.А.	147
Миколенко Р.В.	200	Скребцова А.А.	149
Мильштейн А.В.	271	Слюсар В.И.	192
Минаев В.С.	273	Смирнов А.О.	151
Миронова Г.М.	275	Смуров А.А.	224
Мороз Д.Н.	76	Соловьев А.А.	228
Мочалов А.В.	78	Солоп Н.В.	153
Муслимова А.Р.	202	Сперанский В.А.	284
<b>Н</b>		Степанов А.С.	226
Недвиг В.И.	204	Суэта О.В.	228
Неежмаков К.П.	276	Супрун В.И.	102
Ненахов Н.Ю.	80		
Никитенко Т.В.	82		

# СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ	с. 4 – 115
УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ	с. 116-160
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СЕТИ СВЯЗИ	с. 161-241
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ	с. 242-300
АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК	с. 301-303
СОДЕРЖАНИЕ	с. 304

# «РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И МОЛОДЕЖЬ В XXI веке»

материалы 16-го Международного молодежного форума

Ответственные за выпуск:

Н.И. Слипченко  
А.М. Попонин  
Е.С. Булавина

Компьютерная верстка

О.И. Ильина

Материалы сборника публикуются в авторском варианте  
без редактирования

ХНУРЕ. Україна. 61166, Харків, проспект Леніна, 14

---

Підписано до друку 21.03.2012 р. Формат 60x84/16.  
Папір офсетний. Гарнітура Times ET. Друк ризографічний.  
Умов. друк. арк. 18,75. Наклад 168 прим. Замов. № 0321/10.

Надруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ФОП Азамаєв В. Р.  
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.  
Запис № 24800170000026884 від 25.11.1998 р.  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру  
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції.  
Серія ХК № 135 від 23.02.05 р.  
м. Харків, вул. Познанська 6, к. 84 тел. (057) 362-01-52.  
e-mail:bookfabrik@rambler.ru