

**ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ ЗВ'ЯЗКУ  
ВАТ «УКРТЕЛЕКОМ»  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО «УКРОБОРОНСЕРВІС»  
ЗАТ «УКРАЇНСЬКІ РАДІОСИСТЕМИ» (ТМ ВЕЕЛІНЕ)**

**VI Міжнародна науково-технічна конференція  
«Сучасні інформаційно-комунікаційні технології»**

## **COMINFO'2010-Livadia**

**4 – 8 жовтня 2010 року**

**Збірник тез**

**м. Київ**

Науково-технічна конференція "Сучасні інформаційно-комунікаційні технології". Збірник тез.  
К.: ДУІКТ, 2010.

Даний збірник містить тези пленарних і секційних матеріалів учасників конференції, представлених на VI Міжнародній Науково-технічній конференції "Сучасні інформаційно-комунікаційні технології", яка проводиться 4–8 жовтня 2010 р. в с.м.т. Лівадія, АР Крим.

Робочі мови конференції - українська, російська та англійська.

У збірник включені тези доповідей за такими напрямками:

1. Теоретичні аспекти телекомунікаційних систем та мереж:
  - нові технології побудови телекомунікаційних мереж;
  - методи модуляції й кодування сигналу;
  - методи обробки сигналу;
  - методи побудови інтелектуальних мереж і систем управління;
  - автоматизоване проектування телекомунікаційних систем.
2. Телекомунікаційні пристрої, системи та мережі: проводові, волоконно-оптичні, широкосмугові, безпроводові, радіорелейні та супутникові. Мережі мобільного зв'язку.
3. Інформаційні технології та захист інформації. Комп'ютерні системи й додатки, моделювання систем, безпека інформаційно-комунікаційних систем.
4. Управління та регулювання у сфері телекомунікацій.

Вчений секретар конференції  
Семенко А.І., д.т.н., проф. ДУІКТ  
моб.тел. +380 50 385 20 36  
**e-mail: setel@nbi.com.ua.**

Секретар оргкомітету конференції  
Жукова О.Р., ст. викладач, ДУІКТ  
тел/факс. +380 44 248-86-01,  
**e-mail: nauka@duikt.edu.ua**

## З М І С Т

### Пленарні доповіді

1. Кривуца В.Г., Беркман Л.Н. **Методи дослідження функціонування інфокомунікаційних мереж в критичних ситуаціях** 13
2. Аджемов А.С., Смирнов Н.И., Антошиков Д.О. **Система распределения сигналов точного времени на основе космической навигационной системы глонасс** 15
3. Кузнецов А.П., Мордачев В.И., Худяцкий С.С. **Оценка опасности электромагнитных полей, создаваемых базовыми станциями сотовой связи и широкополосного беспроводного доступа в местах с высокой плотностью населения** 19
4. Костік Б.Я., Пилипенко Г.В. **Оптимізація структури ip/mpls мережі великого оператора зв'язку** 21
5. Климаш М. М., Кирик М. І., Бугиль Б. А. **Контроль параметрів QoS мережі IP/MPLS на основі розподілу запасу ресурсів** 22
6. Слюсар В.И., Копиевская В.С. **Совместное оценивание основного и комплексно-сопряженного оптических сигналов по выходу линейной цифровой антенной решетки** 24
7. Семенко А.И., Царина Д.О. **Состояние и перспективы создания телекоммуникационных сетей на основе LTE – технологии** 26
8. Денисов А.Г., Лысак О.Н. **Пассивные системы формирования изображения в миллиметровом диапазоне** 28
9. Нечипорук О.Л., Танцюк Е.А., Коваль В. В. **Интеграционные процессы в сфере телекоммуникаций стран СНГ** 30
10. Гаїдаманчук В.А. **Адаптация синхронизации частоты и времени к требованиям 3G/LTE – значительный резерв повышения качества обслуживания** 31
11. Гайворонская Г.С., Рябцов А.В. **Проблема построения полностью оптических сетей** 33
12. Попов В.И., Барановський А. **Основы планирования железнодорожной сети GSM** 35

### Секція 1 «Теоретичні аспекти телекомунікаційних систем»

1. Дробик А.В., Батрак П.А. **Уровневая архитектура опорной сети Mobile SoftSwitch** 37
2. Раманенко Д. М., Шиман Д. В. **Адаптивный способ перемещения данных** 39
3. Пацей Н.В., Горбунова Я.О. **Проверочное кодирование низкой плотности с изменяющейся длиной и кодовой скоростью** 40
4. Зайчук А.В. **Анализ рынка мобильной связи Украины, перспективы и методы развития современных стандартов (3G, 4G/LTE)** 42
5. Восколович О.І., Гурський Т.Г. **Результати аналізу методів оцінювання багатопроменевих каналів зв'язку** 43
6. Агеев Д.В. **Проектирование мультисервисных телекоммуникационных систем с использованием концепции многослойной сети** 44

# СОВМЕСТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ОСНОВНОГО И КОМПЛЕКСНО-СОПРЯЖЕННОГО ОТКЛИКОВ СИГНАЛА ПО ВЫХОДУ ЛИНЕЙНОЙ ЦИФРОВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Слюсар В.И., Копневская В.С., *swadim@inbox.ru*,  
ЦНИИ вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины

Представлена новая матричная запись известного метода [1] совместного оценивания амплитуд основной и комплексно-сопряженной составляющей сигнала по выходам приемных каналов линейной цифровой антенной решетки, впервые получено выражение нижней границы Крамера Рао для дисперсий несмещенных оценок амплитуд указанных составляющих сигналов, характеризующей потенциальную точность их оценивания.

## Joint estimation of the basic and complex-conjugate responses of the signal on the exit of the linear digital antenna array

The new matrix formula of a known method [1] for estimations of amplitudes of the basic and complex-conjugate components of signal by exits of reception channels of a linear digital antenna array is presented, expression for Kramer-Rao's boundary for dispersions of amplitudes estimations of the signal's components, characterising potential accuracy of their estimation, for the first time is received.

При использовании цифровых I/Q-демодуляторов сигналов в приемниках системы MIMO одним из факторов, ограничивающих скорость передачи данных с помощью сигналов OFDM (N-OFDM), является наличие мешающей комплексно-сопряженной составляющей (КСС) сигнального отклика по выходу цифровой антенной решетки (ЦАР). Его появлению способствует также неидентичность квадратурных приемных каналов, если формирование аналитического сигнала в MIMO-приемниках осуществляется в аналоговом виде. Поэтому возникает необходимость в оценке уровня КСС, для чего, например, в [1] был предложен соответствующий метод расчета. Однако при его рассмотрении не была оценена потенциальная точность определения уровня КСС, поэтому целью доклада является вывод нижней границы Крамера Рао для дисперсий несмещенных оценок амплитуд основной и комплексно-сопряженной составляющей сигналов, характеризующей потенциальную точность метода [1].

С этой целью рассмотрим матричную запись отклика ЦАР при воздействии на нее одиночного гармонического контрольного сигнала, при обработке которого производится синтез цифровой диаграммы направленности и формирование частотных фильтров по выходам вторичных приемных каналов с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ). Будем полагать, что основной сигнальной компоненте на координатной плоскости "направление прихода сигнала – частота" соответствуют известные угловая координата  $x$  и радиальная частота  $\omega$ . Для КСС аналогичные параметры сигнального отклика примут отрицательные значения:  $-x$  и  $-\omega$ . Соответствующее выражение для вектора напряжений совокупности сигнальных составляющих запишется в виде:

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

где  $U = [U_{11} \ U_{12} \ \dots \ U_{1n} \ \dots \ U_{RS}]^T$  – вектор комплексных напряжений сигналов по выходам  $S$  частотных фильтров  $R$  пространственных каналов ЦАР,  $P = Q \blacksquare F$  – сигнальная матрица,  $\blacksquare$  – символ произведения Хатри-Рао [2],  $A = [A_1 \ A_2]^T$  – вектор комплексных амплитуд основной компоненты сигнала ( $A_1$ ) и его комплексно-сопряженной составляющей ( $A_2$ ),  $n$  – вектор комплексных напряжений шумов,

$$Q = \begin{bmatrix} Q_I(x) & Q_I(-x) \\ \vdots & \vdots \\ Q_R(x) & Q_R(x) \end{bmatrix} - \text{матрица характеристик направленности (ХН) } R \text{ пространственных}$$

каналов ЦАР (первичных или вторичных), причем в случае выполнения цифрового диаграммо-

образования с помощью операции пространственного преобразования Фурье имеем  $Q_r(x) = [\sin(R[r-x])\sin(r-x)]^{-1}$ ,  $x = \pi \frac{d}{\lambda} \sin \theta$ ,  $d$  - интервал между антенными элементами эквидистантной антенной решетки,  $\lambda$  - длина волны сигнала,  $\theta$  - угол между направлением на источник сигнала и нормалью к ЦАР,

$$F = \begin{bmatrix} F_1(\omega) & F_1(-\omega) \\ \vdots & \vdots \\ F_S(\omega) & F_S(-\omega) \end{bmatrix} - \text{матрица значений АЧХ } S \text{ частотных фильтров, синтезированных в}$$

$$\text{результате БПФ, } F_r(\omega) = \left( \sin \frac{S}{2} \left[ s \cdot \frac{2\pi}{S} - \omega \right] \right) \left( \sin \frac{1}{2} \left[ s \cdot \frac{2\pi}{S} - \omega \right] \right)^{-1}.$$

В условиях воздействия гауссовых некоррелированных шумов при минимизации функционала  $L = (U - P \cdot A)^*(U - P \cdot A)$  оценки максимального правдоподобия вектора амплитуд сигнальных составляющих примут известный вид  $\hat{A} = (P^T P)^{-1} P^T U$ .

Соответствующая оценке  $\hat{A}$  нижняя граница Крамера-Рао (НГКР) для дисперсий ошибок оценивания  $\sigma_A^2$  определится путем обращения информационной матрицы Фишера, которая формируется из математических ожиданий вторых частных производных функционала  $L$  по неизвестному вектору  $A$  и в данном случае имеет вид:

$$I = (2\sigma^2)^{-1} (P^T P), \text{ где } \sigma^2 - \text{дисперсия шумов.}$$

Учитывая матричное тождество  $(Q \blacksquare F)^T (Q \blacksquare F) = (Q^T Q) \circ (F^T F)$  [3], соотношение для НГКР можно получить путем обращения информационной матрицы  $I$ :

$$\sigma_A^2 = 2\sigma^2 \text{diag} \left( \left[ (Q^T Q) \circ (F^T F) \right]^{-1} \right),$$

где  $\text{diag}(Z)$  - вектор, составленный из диагональных элементов матрицы  $Z$ ,

$$(Q^T Q) \circ (F^T F) = \begin{bmatrix} \left[ \sum_{r=1}^R Q_r^2(x) \right] \sum_{s=1}^S F_s^2(\omega) & \left[ \sum_{r=1}^R Q_r(x) Q_r(-x) \right] \sum_{s=1}^S F_s(\omega) F_s(-\omega) \\ \left[ \sum_{r=1}^R Q_r(x) Q_r(-x) \right] \sum_{s=1}^S F_s(\omega) F_s(-\omega) & \left[ \sum_{r=1}^R Q_r^2(-x) \right] \sum_{s=1}^S F_s^2(-\omega) \end{bmatrix}.$$

Таким образом, проведенные исследования позволили впервые получить аналитическое выражение НГКР для анализа потенциальной точности оценивания основной и комплексно-сопряженной сигнальных компонент по выходам приемной ЦАР системы ММО. В ходе дальнейших исследований планируется проверить полученное соотношение для НГКР путем математического моделирования и экспериментально.

### Литература

1. Слюсар В.И., Малайчук М.В., Копиевская В.С. Метод расчета уровня комплексно-сопряженной составляющей сигнала в цифровой антенной решетке. // Сб. материалов 6-й Международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2010», 19 - 24 апреля 2010 г., Севастополь, Украина. - С. 124.
2. 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.
3. Слюсар В.И. Семейство торцевых произведений матриц и его свойства // Кибернетика и системный анализ. - 1999. - Том 35, № 3. - С. 379-384.