

**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ**  
**Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації**  
**Національного технічного університету України**  
**„Київський політехнічний інститут”**



**V-та НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**  
**„Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних**  
**систем та мереж спеціального призначення”**

**20-21 жовтня 2010 року**

**(Доповіді та тези доповідей)**

Київ – 2010

**ББК**  
Ц4 (4Укр)39  
П-768

У збірнику матеріалів п'ятої науково-технічної конференції опубліковано доповіді та тези доповідей вчених, науково-педагогічних працівників, ад'юнктів, здобувачів, курсантів і студентів Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут” та інших вищих навчальних закладів, в яких розглядаються пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення.

|      |   |     |
|------|---|-----|
|      | допомогою команд операційної системи та периферійного обладнання  | 191 |
| 95.  | <b>Паламарчук Н.А.</b> Порядок введення об'єктів інформаційної діяльності в дію   | 193 |
| 96.  | <b>Паламарчук С.А.</b> Доцільність застосування інфраструктур відкритих ключів <i>PKI</i> та <i>SPKI</i> в Збройних Силах України   | 194 |
| 97.  | <b>Пашковський В.В.</b> Оцінка ефективності застосування ДІС в алгоритмах діяльності операторів станцій РТР в умовах невизначеності   | 195 |
| 98.  | <b>Пелих О.О.</b> Новий підхід до побудови транспортної мережі мобільного оператора зв'язку   | 197 |
| 99.  | <b>Пермяков О.Ю., Залужний Р.М., Лаврінчук О.В.</b> Проблема синтезу структури навігаційного забезпечення окремих груп споживачів   | 199 |
| 100. | <b>Пермяков О.Ю., Савченко В.А.</b> Концепція побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень військового призначення на основі геоінформаційних технологій                        | 200 |
| 101. | <b>Піддубний В.О., Корбут В.М., Піддубний В.В.</b> Поліпшення прийому сигналу в місцях з важкодоступним проходженням радіохвиль   | 202 |
| 102. | <b>Піскун С.Ж.</b> Завадозахищеність типових алгоритмів входження в синхронізм ліній і систем зв'язку з псевдовипадковим перелаштуванням робочої частоти                                      | 203 |
| 103. | <b>Погрібняченко А.І.</b> Аналіз можливостей системи SDH другого покоління – NG-SDH   | 204 |
| 104. | <b>Правило В.В., Могилевич Д.І., Явіся В.С.</b> Особливості TMN-платформ і стратегії переходу на архітектуру TMN  | 205 |
| 105. | <b>Прокопенко Є. М.</b> Аналіз характеристик засобів радіоелектронного подавлення систем радіозв'язку   | 206 |
| 106. | <b>Радзівілов Г.Д., Мацаєнко А.М., Назарчук Б.О.</b> Автоматизація розробки програм радіозв'язку  | 207 |
| 107. | <b>Раєвський В.М.</b> Підвищення пропускнуєї спроможності телекомунікаційних мереж адаптивними алгоритмами фізичного рівня  | 208 |
| 108. | <b>Раєвський В.М., Турянський К.М.</b> SDR – технологія як перспективний шлях побудови радіозасобів нового покоління  | 209 |
| 109. | <b>Розум І.Ю., Микусь С.А.</b> Організаційні та технічні заходи із захисту систем зв'язку тактичного рівня  | 210 |
| 110. | <b>Ролік О.І., Тимофєєва Ю.С.</b> Метод формування матриці несправність-симптом в інформаційно-телекомунікаційних системах  | 212 |
| 111. | <b>Романенко В.П.</b> Моделювання процесу групового пошуку дефектів при ремонті військової техніки зв'язку  | 213 |
| 112. | <b>Романюк В.А., Стемпковська Я.А.</b> Методи покриття поверхні сенсорними вузлами  | 214 |
| 113. | <b>Руденко С.Є.</b> Перспектива впровадження в технології LTE в Україні   | 215 |
| 114. | <b>Савієсько П.А., Горьков В.К.</b> Алгоритм адаптивної обробки інформації про динамічні об'єкти противника в підсистемах єдиної автоматизованої системи управління Збройними Силами України  | 216 |
| 115. | <b>Сакевич С.О.</b> Технологія безпроводного доступу WiMAX: стан і перспективи  | 217 |
| 116. | <b>Сальник Ю.П.</b> Вдосконалення розвідувального забезпечення бойових дій сухопутних військ  | 218 |
| 117. | <b>Самойлов І.В., Кокотова М.О.</b> Аналіз вимог до інформаційної безпеки когнітивних радіосистем   | 219 |
| 118. | <b>Самойлов І.В., Толюпа С.В.</b> Використання генетичного алгоритму та нейронної мережі для видобування нечітких відношень з експериментальних даних   | 220 |
| 119. | <b>Самохвалов Ю.Я., Коваленко І.М., Бурба О.І.</b> Методика комплексного формування вимог до автоматизованих систем спеціального призначення  | 221 |
| 120. | <b>Сеткін В.В., Гамалій Н.В.</b> Захист інформації від витoku технічними каналами   | 222 |
| 121. | <b>Сілко О.В., Шугалій Є.П.</b> Методика дослідження функціональних залежностей техніко-економічних показників типових обчислювальних модулів для систем обробки інформації від їх параметрів | 223 |
| 122. | <b>Слотвінська Л.І.</b> Аналіз відбитків з засвідчувальних друкарських форм   | 224 |
| 123. | <b>Слюсар В.І., Бондаренко М.В.</b> Потенційна точність оцінки напрямку на абонента цифровою антенною решіткою в умовах джитеру АЦП   | 225 |
| 124. | <b>Слюсар В.І., Зінченко А.О.</b> Технологія МУЛЬТИ-МІМО як засіб апартного поєднання систем зв'язку та радіолокації  | 226 |
| 125. | <b>Слюсар В.І., Копієвська В.С.</b> Оцінка рівня комплексно-сполученого відгуку сигналу по виходу плоскої цифрової антенної решітки   | 228 |
| 126. | <b>Слюсар В.І., Троцько О.О., Копієвська В.С.</b> Методи врахування нелінійної частотної модуляції OFDM сигналів при зв'язку з надзвуковими літальними апаратами                              | 230 |
| 127. | <b>Сова О.Я.</b> Інтелектуалізація управління потоками даних в мобільних радіомережах військового призначення   | 231 |

|      |   |     |
|------|---|-----|
|      | radio waves   | 202 |
| 102. | <b>S. Piskun</b> Jameproofing of Typical Frequency-Hopping Lines and Systems Synchronization Algorithms   | 203 |
| 103. | <b>A. Pogribnyachenko</b> Analysis of second generation NG-SDH system possibilities   | 204 |
| 104. | <b>V. Pravilo, D. Mogilevich, V. Yavisya</b> TMN-platform features and strategy of junction to TMN architecture   | 205 |
| 105. | <b>I. Prokopenko</b> Analysis of descriptions of facilities of radio electronic suppression of system of radio contact  | 206 |
| 106. | <b>G. Radzivilov, A. Matsaenko, B. Nazarchuk</b> Automating the development of radio communication programs   | 207 |
| 107. | <b>V. Raevsky</b> Increase of throughput of telecommunication networks by adaptive algorithms of physical level   | 208 |
| 108. | <b>V. Raevsky, K. Turyansky</b> SDR - technology as the perspective way of construction of radio means of new generation  | 209 |
| 109. | <b>I. Rozum, S. Mikus`</b> Organizational and technical measures for tactical level communication networks protection   | 210 |
| 110. | <b>O. Rolik, U. Timofeeva</b> A method of a defect-symptom matrix forming in the information-telecommunication systems  | 212 |
| 111. | <b>V. Romanenko</b> The process design of group search defects at the repair of military connection technique   | 213 |
| 112. | <b>V. Romanuk, Y. Stempkovska</b> Metod of the Covering of the Sensor   | 214 |
| 113. | <b>S. Rudenko</b> A prospect of LTE technology implementation in Ukraine  | 215 |
| 114. | <b>P.Savis`ko, V. Gor`kov</b> An algorithm of adaptive information processing about the dynamic objects of enemy in the subsystems of the Ukrainian Armed Forces Unique Automated Control System    | 216 |
| 115. | <b>S. Sakevych</b> Technology wireless access WiMAX: status and prospects   | 217 |
| 116. | <b>U. Sa`lnik</b> The ground forces battle actions reconnaissance providing improvement   | 218 |
| 117. | <b>I. Samoylov, M. Kokotova</b> Analysis of requirements to information security of cognitive radiosystem   | 219 |
| 118. | <b>I. Samoylov, S. Tolupa</b> Using genetic algorithm and neural network to extract unclear relations with experimental data  | 220 |
| 119. | <b>U. Samokhvalov, I. Kovalenko, O. Burba</b> Method of complex formation requirements for automated systems for special purpose  | 221 |
| 120. | <b>V. Sietkin, N. Gamaliy</b> Organization of information protection from its leakage via technical channels  | 222 |
| 121. | <b>O. Silko, E. Shygaley</b> Research method functional dependence technical and economic indicators representative indicators representative module for data processing system of their parameters | 223 |
| 122. | <b>L. Slotvinska</b> Analysis of confirmative printing form's imprints  | 224 |
| 123. | <b>V. Slusar, M. Bondarenko</b> Potential accuracy estimation of sending to the subscriber by a digital aerial grate in the conditions of ADC Delay Variation                                       | 225 |
| 124. | <b>V. Slusar, A. Zinchenko</b> MULTI-MIMO technology as mean of communication and radio-location networks hardware combination  | 226 |
| 125. | <b>V. Slusar, V. Kopievs`ka</b> An estimation of the complex united response signal level on the output of flat digital aerial grate  | 228 |
| 126. | <b>V. Slyusar, O. Trotsko, V. Kopievska</b> The methods of counting nonlinear frequency modulation OFDM signal for communication with supersonic aircrafts  | 230 |
| 127. | <b>O. Sova</b> Intellectualization of data flow control in military mobile radio networks   | 231 |
| 128. | <b>V. Sokolov</b> Programming technology of active dynamic connections of objects   | 232 |
| 129. | <b>V. Solodovnyk</b> Introduction of wireless sensor networks scopes of applications, prospects and problems of   | 234 |
| 130. | <b>M. Soroka</b> Information struggle influence upon automated control systems development  | 235 |
| 131. | <b>I. Subach, O. Saenko, O. Vlasenko</b> Solving the data analysis problem of informational network faults by using the intellectual data analysis technologies                                     | 236 |
| 132. | <b>P. Tanasienko, M. Nesterenko</b> Analysis of the main types of viruses in the computerized systems   | 237 |
| 133. | <b>O. Tymchenko, B. Ivanov</b> Effectiveness assessment of communication and control automation systems operation   | 239 |
| 134. | <b>M. Tischenko</b> Mathematical formalization of software rational choice for remote leaning subsection on the example of educational process control system choice                                | 240 |
| 135. | <b>O. Tkalenko</b> The organization of maintenance service of systems of switching  | 242 |
| 136. | <b>A. Tkachenko, Y. Maznychenko, I. Panchenko</b> Design of fuzzy controller are received at days off separated on a piece 1-2a triangular membership functions by the modified method              | 243 |
| 137. | <b>P. Tkachev</b> Protecting information on compact disks from unauthorized copying   | 244 |

## ОЦІНКА РІВНЯ КОМПЛЕКСНО-СПОЛУЧЕНОГО ВІДГУКУ СИГНАЛУ ПО ВИХОДУ ПЛОСКОЇ ЦИФРОВОЇ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ

При використанні цифрових квадратурних демодуляторів OFDM сигналів у МІМО-приймачах з плоскою цифровою антенною решіткою (ЦАР) швидкість передачі даних обмежує наявність комплексно-сполученої складової (КСС) сигнального відгуку. Тому виникає потреба в оцінці рівня КСС, для чого в [1, 2] були запропоновані відповідні методи розрахунку. Однак їх розгляд був обмежений випадком лінійної ЦАР. В доповіді пропонується метод оцінки КСС по вихідним напругам плоскої ЦАР та наводиться нижня границя Крамера Рао (НГКР) для дисперсій незміщених оцінок амплітуд основної і комплексно-сполученої складових сигналів, що характеризує потенційну точність пропонованого методу. Розглянемо матричний запис відгуку плоскої ЦАР при впливі на неї гармонійного контрольного сигналу, обробка якого здійснюється шляхом синтезу цифрової діаграми спрямованості й формування частотних фільтрів по виходах вторинних прийомних каналів за допомогою швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). Якщо вважати, що основному сигнальному відгуку у координатному просторі „напрямки приходу сигналу – частота” відповідають відомі кутові координати  $x$ ,  $y$  джерела випромінювання та радіальна частота  $\omega$ , то для КСС аналогічні параметри сигнального відгуку приймуть негативні значення:  $-x$ ,  $-y$  і  $-\omega$ . Відповідний матричний вираз для вектора напруг сукупності сигнальних складових запишеться у вигляді:

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

де  $U = [\dot{U}_{11} \ \dot{U}_{12} \ \dots \ \dot{U}_{rs} \ \dots \ \dot{U}_{RS}]^T$  – вектор комплексних напруг сигналів по виходах  $S$  частотних фільтрів  $R \times Z$  просторових каналів плоскої ЦАР,  $P = Q \blacksquare V \blacksquare F$  – сигнальна матриця,  $\blacksquare$  – символ добутку Хатрі- Рао [3],

$$Q = \begin{bmatrix} Q_I(x) & Q_I(-x) \\ \vdots & \vdots \\ Q_R(x) & Q_R(x) \end{bmatrix} \text{ – матриця характеристик спрямованості (ХН) } R \text{ просторових}$$

каналів ЦАР (первинних або вторинних) у першій координатній площині, причому у випадку виконання цифрового діаграмоутворення за допомогою операції просторового ШПФ маємо  $Q_r(x) = [\sin(R[r-x])] [\sin(r-x)]^{-1}$ ,  $x = \pi \frac{d}{\lambda} \sin\theta \cdot \cos\varepsilon$ ,  $d_x$  – інтервал між антенними елементами еквідистантної антенної решітки,  $\lambda$  – довжина хвилі сигналу,  $\theta$  – кут між напрямком на джерело сигналу й нормаллю до ЦАР у першій координатній площині,

$$V = \begin{bmatrix} V_I(y) & V_I(-y) \\ \vdots & \vdots \\ V_Z(y) & V_Z(y) \end{bmatrix} \text{ – матриця ХН } Z \text{ просторових каналів ЦАР (первинних або}$$

вторинних) у другій координатній площині, причому у випадку виконання цифрового діаграмоутворення за допомогою ШПФ  $V_z(y) = [\sin(Z[z-y])] [\sin(z-y)]^{-1}$ ,  $y = \pi \frac{d}{\lambda} \sin\theta \cdot \sin\varepsilon$ ,  $d_y$  – інтервал між антенними елементами,  $\varepsilon$  – кут між напрямком на джерело сигналу й нормаллю до ЦАР у другій координатній площині,

$$F = \begin{bmatrix} F_l(\omega) & F_l(-\omega) \\ \vdots & \vdots \\ F_s(\omega) & F_s(-\omega) \end{bmatrix} - \text{матриця значень АЧХ } S \text{ частотних фільтрів, синтезованих у}$$

результаті ШПФ,  $F_s(\omega) = \left( \sin \frac{S}{2} \cdot \left[ s \cdot \frac{2\pi}{S} - \omega \right] \right) \left( \sin \frac{1}{2} \left[ s \cdot \frac{2\pi}{S} - \omega \right] \right)^{-1}$ ;  $A = [\dot{A}_1 \ \dot{A}_2]^T$  – вектор комплексних амплітуд основної компоненти сигналу ( $\dot{A}_1$ ) і його КСС ( $\dot{A}_2$ ),  $n$  – вектор комплексних напруг шумів.

Варто звернути увагу, що в описі сигнального відгуку відсутні комбіновані добутки ХН і АЧХ, що залежать від параметрів основного й комплексно-сполученого відгуків, наприклад,  $Q_r(-x)V_z(y)F_s(-\omega)$ . Мають місце тільки комбінації цих характеристик як функцій параметрів лише однієї сигнальної компоненти:  $Q_r(-x)V_z(-y)F_s(-\omega)$  або  $Q_r(x)V_z(y)F_s(\omega)$ . Синтез методу максимально правдоподібного оцінювання рівня КСС в умовах впливу гаусових некорельованих шумів полягає у мінімізації функціонала  $L = (U - P \cdot A)^*(U - P \cdot A)$ , сформованого з вектору напруг (1). Сама оцінка максимальної правдоподібності вектора амплітуд сигнальних складових має відомий матричний запис  $\tilde{A} = (P^T P)^{-1} P^T U$ .

Нижня границя Крамера-Рао (НГКР) для дисперсій помилок оцінювання амплітудних складових  $\sigma_A^2$  визначиться шляхом обернення інформаційної матриці Фішера, яка формується з математичних очікувань других похідних функціонала  $L$  по невідомому вектору  $A$  і в цьому випадку запишеться як  $I = (2\sigma^2)^{-1} (P^T P)$ , де  $\sigma^2$  – дисперсія шумів.

З огляду на матричну тотожність  $(Q \blacksquare V \blacksquare F)^T (Q \blacksquare V \blacksquare F) = (Q^T Q) \circ (V^T V) \circ (F^T F)$  [4], де  $\circ$  – символ по елементного добутку Адамара, співвідношення для НГКР можна одержати шляхом обернення інформаційної матриці  $I$  у вигляді  $\sigma_A^2 = 2\sigma^2 \text{diag} \left( \left[ (Q^T Q) \circ (V^T V) \circ (F^T F) \right]^{-1} \right)$ , де  $\text{diag}(H)$  – вектор, складений з діагональних елементів матриці  $H$ ,

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

$$D = \left[ \sum_{r=1}^R Q_r(x) Q_r(-x) \right] \left[ \sum_{z=1}^Z V_z(y) V_z(-y) \right] \sum_{s=1}^S F_s(\omega) F_s(-\omega).$$

Таким чином, проведені дослідження дозволили вперше одержати аналітичний запис НГКР для аналізу потенційної точності оцінювання основної та комплексно-сполученої сигнальних компонент по виходах приймальних каналів плоскої ЦАР системи МІМО.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Слюсар В.И., Малярчук 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., Копиевская В.С. Совместное оценивание основного и комплексно-сопряженного откликов сигнала по выходу линейной цифровой антенной решетки. // VI Международная научно-техническая конференция „Современные информационно-коммуникационные технологии” COMINFO’2010-Livadia. – 04 – 08 октября 2010. – Крым, Ялта, Ливадия.
3. Слюсар В.И. Обобщенные торцевые произведения матриц в моделях цифровых антенных решеток с неидентичными каналами. Радиозлектроника. – 2003. – Том 46, № 10. – С. 9 – 17.