

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАТИЗАЦИИ  
Аппарата Губернатора и Правительства Нижегородской области  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА

Институт радиоэлектроники и информационных технологий

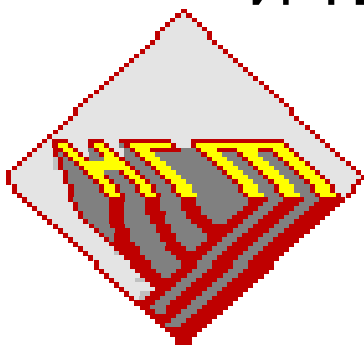
РОССИЙСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РАДИОТЕХНИКИ,  
ЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ им. А.С. ПОПОВА

**III МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
«IT FORUM 2020 / ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО»**

**XVI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**XVI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ  
И ТЕХНОЛОГИИ» ИСТ–2010**



**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ**

НИЖНИЙ НОВГОРОД 2010

**УДК 621:681**

**ББК 32.97**

**И638**

В сборнике представлены материалы докладов XVI Международной научно-технической конференции, проведенной в рамках III Международного форума информационных технологий «IT FORUM 2020 / ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО» 23 апреля 2010 г. дирекцией Института радиоэлектроники и информационных технологий при поддержке аппаратом Губернатора и Правительства Нижегородской области, ректоратом НГТУ им. Р.Е. Алексеева и Нижегородским областным правлением РНТО РЭС им. А.С. Попова.

Публикуемые материалы представляют тематику, круг научных интересов и состояние исследований представителей научных и высших учебных заведений Белоруссии, Вьетнама, КНР, Южной Кореи, Судана, Украины, Чехии и 17 городов России - преподавателей, научных сотрудников, докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов-участников НИРС, а также сотрудников МГТУ им. Н.Э.Баумана, МГУ им. М.В.Ломоносова, МГУП, МГУПИ, Московского государственного областного университета им. Н.К.Крупской, Владимирского государственного университета, Ижевского государственного технического университета, Рязанского государственного радиотехнического университета, Воронежского института МВД России, Южного федерального университета, Новороссийской морской государственной академии им. адм. Ф.Ф.Ушакова, Ульяновского государственного технического университета, Уральского государственного технического университета, Омского государственного технического университета, Томского государственного политехнического университета, Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, Волжской государственной академии водного транспорта, Нижегородской государственной консерватории, Нижегородского филиала ГУ ВШЭ, Нижегородского государственного лингвистического университета, Волго-Вятского филиала МТУСИ, ИПФ РАН, ИПУ РАН, НИИИС им. Ю.Е.Седакова, НИРФИ, НИФТИ, НИПИ «Сириус-2», НПП «Полет», ННИПИ «Кварц», Нижегородского института информационных технологий, ОАО «Мобильные ТелеСистемы», ООО «Теком», ГК «Мера», ГК «Тэлма софт», ООО «МераЛабс», ООО «Интермодуль», ОАО «Гипрогазцентр», ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород», РФЯЦ-ВНИИЭФ, ОАО «ЦНИТИ «Техномаш», ОАО «ВолгаТелеком», ООО «НИЦ СВТ», ЗАО «НПП «Салют-27» и представителей других организаций.

#### **Организационный комитет:**

В.П.Кириенко(председатель), М.К.Богдалова(зам.председателя), А.Б.Лоскутов, М.В.Ширяев, В.Г.Баранов, Ю.Г.Белов, В.И.Есипенко, В.В.Кондратьев, И.Н.Мерзляков, В.Р.Милов, С.Н.Митяков, С.Л.Моругин, С.Б.Раевский, А.Г.Рындык, С.Г.Сажин, Э.С.Соколова, М.В.Ульянов, В.П.Хранилов, В.Л.Ягодкин

© Нижегородский государственный  
технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПАПКА СЕКЦИЯ 1</b>	страницы
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА.....	5
(Файлы 01_1_с_5_26, 01_2_с_27_56)	
<b>ПАПКА СЕКЦИЯ 2</b>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ВЧ- И СВЧ- ДИАПАЗОНОВ.....	57
(Файлы 02_1_с_57_76, 02_2_с_77_100)	
<b>ПАПКА СЕКЦИЯ 3</b>	
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ.....	101
(Файлы 03_1_с_101_123, 03_2_с_124_144, 03_3_с_145_159)	
<b>ПАПКА СЕКЦИЯ 4.1</b>	
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	160
(Файлы 04_1_1_с_160_181, 04_1_2_с_182_203)	
<b>ПАПКА СЕКЦИЯ 4.2</b>	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ).....	204
(Файлы 04_2_1_с_204_224, 04_2_2_с_225_249, 04_2_3_с_250_272)	
<b>ПАПКА СЕКЦИЯ 5.1</b>	
ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ).....	273
(Файлы 05_1_1_с_273_288, 05_1_2_с_289_308)	
<b>ПАПКА СЕКЦИЯ 5.2</b>	
ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ).....	309
(Файлы 05_2_1_с_309_333, 05_2_2_с_334_355, 05_2_3_с_356_379)	
<b>ПАПКА СЕКЦИЯ 6</b>	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	380
(Файл 06_с_380_398)	
<b>ПАПКА ИСТ_2010_Титулы</b>	
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	399
(Файл Алфавит_2010)	

**В.И. СЛЮСАР** (д.т.н., профессор), **Н.А. МАСЕСОВ** (к.т.н.), **С.В. ФЕЩЕНКО**

(Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины, Военный институт телекоммуникаций и информатизации Национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина)

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОКАНАЛА ММО НА ЕГО ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ**

В условиях широкого применения и информационной насыщенности современных телекоммуникационных радиосистем специального назначения остро стоят вопросы выполнения возлагающихся на них требований. Постоянная модернизация, развитие и создание новых средств радиосвязи и станций специального назначения являются актуальными задачами, решение которых невозможно без использования современных информационных технологий. В ряде работ отечественных и зарубежных авторов достаточно полно описаны принципы обработки цифровых сигналов с применением технологии "множественный вход множественный выход" (ММО), а также обоснованы их схемотехнические решения. Однако в них полагалось, что при детектировании информационных символов матрица  $H$  радиоканала точно известна в приемнике. На практике матрица канала измеряется в процессе передачи, и неизбежные погрешности измерения влияют на характеристики ММО-системы связи. В докладе представлены результаты исследований взаимосвязи задач измерения характеристик радиоканала и передачи информации по нему.

Среди известных методов оценки характеристик радиоканалов предлагается использовать метод оценки матрицы  $H$  радиоканала с помощью тестирующих сигналов. Так как значения элементов матрицы канала быстро изменяются во времени и зависят от частоты, что проявляется в условиях радиоэлектронного противодействия, применяется модуляция, связанная с пилот-символами (PSAM – Pilot Symbol Assisted Modulation). При этом тестирующие пилот-символы вставляются периодически между информационными символами во время передачи блока.

Рассмотрим, к чему приводит неточное знание матрицы канала в приемнике, на простом примере канала с плоской частотной характеристикой. Используемую в приемнике при обработке сигнала матрицу канала  $H$  удобно записать в виде:

$$H = H_0 + \Delta H, \quad (1)$$

где  $H_0$  – точное значение матрицы канала, неизвестное в приемнике;  $\Delta H$  – погрешность оценки матрицы. При точно известной матрице канала ММО-система эквивалентна  $Nt$  отдельным независимым пространственным подканалам. Коэффициенты передачи по мощности  $\lambda_{пт}$  этих подканалов определяются собственными значениями матрицы  $H_0^H H_0$ . Но такое идеальное разделение пространственных подканалов становится невозможным, если матрица канала  $H_0$  неизвестна точно. Тогда отдельные пространственные подканалы становятся связанными между собой и сигнал из одного подканала попадает в другой. Возникают взаимные помехи, дополнительный шум, уменьшающий скорость передачи информации. Для уменьшения взаимных помех следует увеличивать точность измерений и, следовательно, увеличивать длительность тестирующего сигнала и время измерения. Однако при увеличении длительности интервала измерения неизбежно уменьшится время передачи информации. Таким образом, при выборе длительности тестирующего сигнала следует идти на компромисс между обеспечением достаточной точности измерений и сокращением времени передачи информации. Приведем некоторые количественные соотношения, которые могут быть использованы при выборе оптимальной длительности тестирующего сигнала. Запишем погрешность измерения элементов матрицы канала (дисперсию  $\sigma_H^2$  элементом матрицы  $\Delta H$  в (1)) в виде

$$\sigma_H^2 = \frac{\sigma^2 \cdot Nt}{P \cdot T_{изм}} \Delta. \quad (2)$$

В (2) записано, что дисперсия  $\sigma_H^2$  элементов матрицы  $\Delta H$  пропорциональна дисперсии  $\sigma^2$  шума в приемной антенне и обратно пропорциональна времени измерения  $T_{изм}$  и мощности излучения  $P$  при измерении. Величина  $T_{изм}$  – безразмерная величина, равная доли общего времени, за-

траченной на измерения. Величина  $P / Nt$  – это мощность, направляемая в одну из  $Nt$  антенн при измерении. Полагается, что общая мощность  $P$  при измерении остается такой же, как и при передаче информации. Безразмерный коэффициент  $\Delta$  характеризует уменьшение влияния шума за счет эффекта накопления при измерении. Более строго, как видно из (2), этот коэффициент равен:  $\Delta = \sigma_H^2 / \sigma^2$  при  $Nt = 1$ ,  $T_{изм} = 1$ ,  $P = 1$ . То есть коэффициент  $\Delta$  равен отношению погрешности измерения элемента матрицы  $\Delta H$  ( $\sigma_H^2$ ) к дисперсии шума ( $\sigma^2$ ) при условии, что все время, отведенное на передачу блока, тратится на измерения ( $T_{изм} = 1$ ), что мощность излучения равна 1 ( $P = 1$ ), и вся она направляется в одну антенну ( $Nt = 1$ ).

Используем следующие простые формулы для среднего значения коэффициентов передачи мощности между различными пространственными каналами  $\lambda E_{mut}$ , и учета взаимных помех:

$$\lambda E_{mut} = \frac{\sigma_H^2}{1 + \sigma_H^2}.$$

Среднее значение коэффициента передачи мощности собственного пространственного канала  $\lambda E_{nt}$ , обозначенное  $\lambda_{nt}$  при учете погрешности можно подсчитать по формуле  $\lambda E_{nt} = \frac{\lambda_{nt} + \sigma_H^2}{1 + \sigma_H^2}$ .

При малой погрешности измерений ( $\sigma_H^2 \ll 1$ ), а именно только такой случай представляет интерес на практике, приведенные формулы упрощаются

$$\lambda E_{mut} \approx \sigma_H^2; \quad \lambda E_{nt} \approx \lambda_{nt}.$$

Следовательно, при расчете пропускной способности нужно к собственному шуму каждого пространственного канала добавить шум, обусловленный взаимными помехами. Дисперсия этого шума равна:

$$\sigma_{mut}^2 = \frac{P}{Nt} \sigma_H^2 (Nt - 1). \quad (3)$$

В выражении (3) учтено, что мощность сигнала в каждом из  $Nt$  пространственных подканалов равна  $P / Nt$  и число соседних каналов равно  $Nt - 1$ . Окончательное выражение для пропускной способности с учетом взаимных помех, отношения сигнал/шум (SNR) и потерь времени на измерение матрицы канала запишем в виде:

$$C = (1 - T_{изм}) \sum_{nt=1}^{Nt} \log_2 \left( 1 + \frac{SNR}{Nt} \lambda_{nt} \frac{1}{1 + \frac{SNR(Nt-1)\Delta}{T_{изм}}} \right), \quad (4)$$

или эквивалентно, с использованием единичной матрицы  $I_{Nt \times Nt}$ ,

$$C = (1 - T_{изм}) \log_2 \det \left( I_{Nt \times Nt} + \frac{SNR}{Nt} H^H H \frac{1}{1 + \frac{SNR(Nt-1)\Delta}{T_{изм}}} \right). \quad (5)$$

Исследовать выражение (5) на экстремум и найти оптимальное время измерения достаточно сложно. Поэтому было проведено математическое моделирование в пакете MathCad. Из сравнения полученных графиков следует, что измерение матрицы канала приводит к уменьшению пропускной способности, которое особенно значительно как при больших затратах времени на измерение, так и при малых. Однако существуют оптимальные временные затраты на измерение. Определено, что при уменьшении SNR оптимальное время измерений уменьшается. Полученные результаты применимы также в системе мульти-ММО при расчёте оптимального времени измерения матрицы  $H$  для каждой пары абонентов в системе.

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ  
ИСТ-2010**

**МАТЕРИАЛЫ  
XVI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Ответственный за выпуск: директор ИРИТ **В.Г.Баранов**  
Редактирование и компьютерная верстка: **В.П.Хранилов**

Подписано в печать 23.03.10. Формат CD.  
Электронное издание. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 25,0. Уч.-изд. л. 42,5. Тираж 300 экз. Заказ .

---

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.  
Институт радиоэлектроники и информационных технологий НГТУ  
Адрес университета:  
603950, ГСП-41, Н.Новгород, ул.Минина, 24.