

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
АППАРАТ ГУБЕРНАТОРА И ПРАВИТЕЛЬСТВА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Управление информатизации

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

**II МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
«IT FORUM 2020 / ЯРМАРКА АНТИКРИЗИСНЫХ РЕШЕНИЙ»**

XV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИСТ - 2009

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

НИЖНИЙ НОВГОРОД 2009

УДК 621:681

ББК 32.97

И637

В сборнике представлены материалы докладов XV Международной научно-технической конференции, проведенной в рамках II Международного форума информационных технологий «IT FORUM 2020 / ЯРМАРКА АНТИКРИЗИСНЫХ РЕШЕНИЙ» 17 апреля 2009 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 тезисы представляют тематику, круг научных интересов и состояние исследований представителей научных и высших учебных заведений Белоруссии, Вьетнама, КНР, Кореи, Союза Мьянмы, Украины и 14 городов России - преподавателей, научных сотрудников, докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов-участников НИРС, а также сотрудников МГТУ им. Н.Э.Баумана, МГУП, МГУПИ, Кубанского института информационной защиты, Владимирского государственного университета, Вятского государственного университета, Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, Волжской государственной академии водного транспорта, Нижегородской государственной консерватории, Волго-Вятского филиала МТУСИ, ИПФ РАН, ИПУ РАН, НИИИС им. Ю.Е.Седакова, НИРФИ, НИФТИ, НИПИ «Сириус-2», НПП «Полет», ННИПИ «Кварц», ННИИРТ, Нижегородского института информационных технологий, ОАО АНПП «ТЕМП-АВИА», ОАО «Мобильные ТелеСистемы», ООО «Теком», ГК «Мера», ГК «Тэлма», ООО «МераЛабс», ЗАО "Электронные системы", НПП «Знак» и представителей других организаций.

Организационный комитет:

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

ISBN 978 - 5 - 93272 - 648 - 8

© Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е. Алексеева, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1	
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА	5
СЕКЦИЯ 2	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ	52
СЕКЦИЯ 3	
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ.....	87
СЕКЦИЯ 4	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	148
СЕКЦИЯ 5	
ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА.....	233
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	327

В.И. СЛЮСАР, Н.А. МАСЕСОВ

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

ОЦЕНКА ГРАНИЧНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО УПЛОТНЕНИЯ КАНАЛОВ ТРОПОСФЕРНОЙ СВЯЗИ В РЕЖИМЕ МУЛЬТИ-ММО

Учитывая мировые тенденции развития и применения военных систем телекоммуникаций, в Вооруженных Силах довольно остро стоит вопрос модернизации и внедрения современной техники в войсках связи. Следует подчеркнуть актуальность применения тропосферных средств связи для построения телекоммуникационной транспортной сети и обеспечения нужд органов управления в передаче разнообразной информации, объемы которой постоянно увеличиваются. Моральное и физическое старение существующих на вооружении станций тропосферной связи требует скорейшего решения вопросов разработки и внедрения новых технических решений и технологий для изготовления перспективных тропосферных комплексов.

Использование современной информационной технологии "множественный вход множественный выход" (ММО) в совокупности с методами пространственно-временного кодирования сигналов для совершенствования систем тропосферной связи позволяет, в первую очередь, повысить скорость передачи информации. Кроме того, авторами предлагается концептуально новый подход построения сети тропосферной связи с возможностью одновременной работы нескольких корреспондентов в режиме мульти-ММО, что дает существенную экономию в количестве необходимых аппаратных машин или стационарных станций. В этом случае следует оценить возможность пространственного разнесения корреспондентов с учетом особенностей дальнего тропосферного распространения радиосигналов. В докладе представлены результаты оценки граничных возможностей пространственного уплотнения каналов тропосферной связи в мульти-ММО режиме работы.

Для исследования предложенных методов обработки сигналов тропосферной связи следует воспользоваться нижней границей Крамера-Рао (НГКР) для расчета потенциальных точностей оценивания амплитуд сигналов, записав информационную матрицу Фишера в виде квадратичной матричной формы $I = H^* \cdot H$, где "*" – символ комплексно сопряженного транспонирования. Отклик приемной четырехэлементной цифровой антенной решетки (ЦАР) с учетом матрицы канала ММО в системе с двумя корреспондентами с двухэлементными ЦАР соответствует выражению

$$U = H \cdot A + N = \begin{bmatrix} h_{111} & h_{121} & h_{211} & h_{221} \\ h_{112} & h_{122} & h_{212} & h_{222} \\ h_{113} & h_{123} & h_{213} & h_{223} \\ h_{114} & h_{124} & h_{214} & h_{224} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_{11} \\ A_{12} \\ A_{21} \\ A_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{bmatrix},$$

где u_m – напряжение по выходу m -го приемного канала; h_{kpm} – передаточная характеристика канала ММО между p -й антенной k -го абонента и m -й приемной антенной; A_{kp} – сигнал, который излучается p -й антенной k -го абонента; n_m – напряжение шума на выходе m -го приемного канала.

Обращение информационной матрицы Фишера позволяет получить дисперсии оценок амплитуд сигналов, домножив диагональные элементы обратной матрицы на дисперсию шума по выходу аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Рассчитанные указанным способом оценки дисперсий далее следует сравнить с величиной межсимвольного интервала кодирования, задаваясь требуемой вероятностью безошибочной демодуляции.

Для исследования граничных возможностей пространственного уплотнения каналов распространения тропосферных сигналов в режиме мульти-MIMO авторами было проведено имитационное моделирование. В ходе него использовались следующие допущения: принимаемое поле формируется разнесенными в пространстве областями рассеивания – "горячими" точками, занимающими относительно малую часть рассеивающей поверхности глобулы; приемная ЦАР – четырехэлементная эквидистантная линейная решетка; количество корреспондентов – два; количество "горячих" точек переотражения в тропосфере от каждого из корреспондентов – два; количество частотных поднесущих сигналов ортогональной (неотогональной) частотной дискретной модуляции (OFDM, N-OFDM) каждой из точек переотражения – четыре; номиналы поднесущих для всех точек переотражения одинаковы; матрица мульти-MIMO канала считалась известной на приемной стороне и равной единичной.

В условиях моделирования предусмотрена возможность изменения следующих величин: расстояние (км) между корреспондентами и приемной станцией; высота (км) центра объема переотражения; расстояние (км) между парами точек переотражения; расстояние (км) между точками переотражения в паре; количество антенных элементов приемной ЦАР, шаг приемной ЦАР, длина волны сигнала; направление на объем переотражения; углы (обобщенные угловые координаты) между направлением на объем переотражения и направлениями на пары точек переотражения (приняты равными для обеих пар точек переотражения); углы (обобщенные угловые координаты) между направлениями на пары точек переотражения и направлениями на точки переотражения (приняты равными для всех точек переотражения).

При моделировании изменялся частотный разнос между поднесущими N-OFDM сигнала и расстояние между точками и парами точек переотражения в тропосфере в пересчете на обобщенные угловые координаты. Для различных значений частотного разноса между поднесущими сигнала N-OFDM и значений обобщенных угловых координат рассчитывались среднеквадратическое отклонение (СКО) по НГКР (в квантах АЦП).

На основе полученных данных было установлено, что СКО увеличивается при уменьшении частотного разноса между поднесущими, уменьшении разноса обобщенных угловых координат между точками переотражения и парами точек переотражения в тропосфере. Так же был обоснован выбор алгоритма квадратурной амплитудной модуляции (QAM) поднесущих каналов N-OFDM сигнала для 12- и 14-разрядного АЦП. Для этого было проведено сравнение рассчитанных СКО по НГКР, умноженных, согласно правилу "три сигма" на шесть, и значений межсимвольного интервала, соответствующих разности между соседними уровнями сигнала (в квантах АЦП) при выбранном порядке QAM-модуляции.

Одним из полученных выводов является то, что порядок QAM-сигнала можно использовать тем больше, чем больше угловой разнос между парами точек переотражения, и чем шире расстановка поднесущих N-OFDM сигнала. Кроме того, использование АЦП с большей разрядностью приводит к расширению границ использования алгоритмов QAM-модуляции несущих, так как при этом увеличивается разность (в квантах АЦП) между соседними уровнями сигнала. Таким образом, может быть получен выигрыш в скорости передачи информации.

В докладе представлены полученные впервые результаты оценки граничных возможностей пространственного уплотнения каналов распространения тропосферных сигналов в режиме мульти-MIMO, обоснован выбор алгоритма QAM-модуляции в зависимости от разрядности используемых АЦП (ЦАП). В частности, установлено, что повышение разрядности АЦП с 12 до 14 бит позволяет при четырехчастотном пакете N-OFDM сигналов с разносом поднесущих в 0,6 ширины фильтра быстрого преобразования Фурье получить для QAM-16 почти пятикратное сокращение допустимого углового разноса между "горячими" точками (с 0,024 до 0,005 долей ширины луча).

Реализацию предложенного способа тропосферной связи с пространственно-временной обработкой сигналов на основе технологии мульти-MIMO следует дополнить выбором гипотезы о количестве источников переотражения в тропосфере, что необходимо для формирования сигнальной матрицы. Дело в том, что на этапе вхождения приемной станции в связь в режиме

работы мульти-MIMO следует провести оценку количества источников переотражений и оценить их угловые координаты. Такая задача решается обычно путем передачи корреспондентами пилотных сигналов, известных приемной стороне. Однако при числе источников, большем двух, необходимо выполнение операции отбора среди полученных оценок углового положения "горячих" точек их наиболее правдоподобных значений. Разработку и анализ соответствующих алгоритмов следует рассматривать в качестве направления дальнейших исследований.

E-mail: swadim@inbox.ru, masesov@rambler.ru

В.И. СЛЮСАР, А.А. ТРОЦКО

(Военный институт телекоммуникаций и информатизации Национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт")

КОМПЕНСАЦИЯ ЭФФЕКТА ДОППЛЕРА В КАНАЛАХ СВЯЗИ С РЕТРАНСЛЯТОРАМИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СЕТЕЙ

Современный этап в развитии беспилотной техники характеризуется разнообразием типов летательных аппаратов как по применению, так и по назначению. Достаточно важным направлением является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), барражирующих длительное время и передающих информацию в реальном масштабе времени. Речь идет о децентрализованных системах связи, содержащих множество автономных узлов, функционирующих не только как привычные приёмники и передатчики, но и как ретрансляторы. При этом все узлы (устройства связи) сети унифицированы, используют общий протокол, создавая единое поле обмена информацией.

Несмотря на достигнутые успехи, при создании подобных сетей существует ряд актуальных проблем, среди которых следует отметить необходимость согласования частотных диапазонов и повышения пропускной способности каналов связи с бортовыми ретрансляторами в условиях доплеровских сдвигов частоты. Дело в том, что большие скорости движения БПЛА приводят к существенному проявлению эффекта Допплера, сопровождающемуся ухудшением приема и возможной потерей данных. Для борьбы с доплеровскими сдвигами частоты предлагается использовать метод неортогональной частотной дискретной модуляции (N-OFDM), в котором в отличие от ортогональной частотной дискретной модуляции (OFDM), для компенсации доплеровского эффекта нет необходимости увеличивать защитные интервалы, что привело бы к потере пропускной способности каналов связи. Метод N-OFDM позволяет производить учёт эффекта Допплера непосредственно перед демодуляцией в приемнике радиолинии.

Устранение влияния доплеровских смещений частоты в этом случае опирается на оценку частоты Допплера по пилот-сигналу. Упрощенный вариант компенсации состоит в том, что для всех сигналов пакета используется одинаковая оценка частотного сдвига. Рассмотрим вариант компенсации, воспользовавшись для оценивания квадратурных составляющих амплитуд сигналов методом максимального правдоподобия. Информационный эквивалент функции правдоподобия для комплексной формы представления суммы M гармонических сигналов по выходам АЦП может быть записан в виде

$$L_M = \sum_{s=1}^S \left[\left\{ U_s^c - \sum_{m=1}^M a_m \cos(\omega_m \Delta t (s-1) + \varphi_m) \right\}^2 + \left\{ U_s^s - \sum_{m=1}^M a_m \sin(\omega_m \Delta t (s-1) + \varphi_m) \right\}^2 \right], \quad (1)$$

где U_s^c , U_s^s – квадратурные составляющие напряжений сигнальной смеси по выходу АЦП в s -м временном отсчете; a_m – амплитуда m -го гармонического сигнала; S – общее количество временных отсчетов, подвергаемых обработке ($S \geq M$); s – порядковый номер отсчета АЦП в пределах сигнальной выборки; ω_m – радиальная частота m -го сигнала; φ_m – его начальная фаза.

ПОЛЕВАЯ С.А.	153	СОКОЛОВ М.Е.	219
ПОЛУХИНА О.Е.	197	СОКОЛОВА Э.С.	263,268,269
ПОНОМАРЕВ В.И.	114	СОЛДАТОВ Е.А.	36,37
ПОПОВ Е.А.	76,77	СОЛУНИН Л.А.	74
ПОТЕХИН В.А.	242	СОРОКИН А.В.	58,60
ПРИБЫТКОВ Д.Н.	118	СТАРОСТИН Н.В.	310,311,312
ПРИЛУЦКИЙ М.Х.	295,296,297	СТЕПАНЕНКО М.А.	263
ПРОКОПЧУК Е.Л.	179,180	СУББОТИН В.Г.	200
ПРОКОФЬЕВ А.А.	13	СУСЛОВ Б.А.	135
ПРОЛЕТАРСКИЙ А.В.	281	СУХОВ А.П.	146
ПРОХОРОВА Е.С.	257	СУЧКОВА М.Р.	228
ПУСТЕЛЕНИНА Е.В.	86	СЫСОЕВ Д.А.	22
ПУХИР Г.А.	96	СЪЯНОВ В.А.	50
ПЯТАЕВ В.И.	50	ТАБАКОВА Н.Л.	165
РАДИОНОВ А.А.	73,74	ТЕЛЬНЫХ А.А.	219
РАЕВСКИЙ А.С.	71,72	ТЕРЕХОВА Н.Ю.	187
РАЕВСКИЙ С.Б.	71	ТИМОФЕЕВ Ю.В.	67
РАЙКИН И.Л.	225,230	ТИМОФЕЕВА О.П.	270
РАЙКИН Л.И.	227	ТИТОВА Е.И.	268
РАКИТИН А.В.	243,244	ТИХОМИРОВА М.А.	249
РАССАДИН А.Э.	18	ТОКАРЕВ С.В.	179
РЕДКИЙ А.К.	72	ТРАВКИН Д.Н.	194,196
РЕДЬКИН Ю.В.	101,103	ТРОЦКО А.А.	92
РЕЗНИКОВ М.Б.	304	ТУЛЯКОВ Ю.М.	108,109
РОМАНОВ Д.Н.	24,25,26	ТУН АУНГ	87
РОМАШОВ В.В.	33	ТЭТ АУНГ	89
РОМАШОВ П.С.	80	ТЮГИН Д.Ю.	208
РОСТОКИН И.Н.	53,54	УЛЬЯНОВ М.В.	288
РУДАКОВ А.С.	289	УСКОВ О.В.	71
РУСЕЦКИЙ Г.Ю.	89	УСПЕНСКАЯ Г.И.	48
РУСИНОВА В.Ю.	270	УСТЮЖАНИН К.В.	111
РУЧКИНА Ю.Д.	164	УТКИН В.Н.	207
РЫБИН И.Б.	286	ФАДЕЕВ И.Д.	80
РЫЖАКОВА Т.С.	70	ФАМ СУАН ФАНГ	186
САДКОВ В.Д.	207	ФАМ ТХИ ТХИЕН	278
САДКОВА О.В.	213	ФЕДЕНКО Д.А.	99
САЖИН В.А.	174	ФЕДОРОВА Е.А.	165
САЖИН С.Г.	168,169,170,171	ФЕДОСЕЕВА Е.В.	28,55
САЛАДАЕВ Е.Н.	121,123	ФЕДОСЕНКО Ю.С.	300,302
САМОЙЛОВ А.Н.	34	ФЕДОТОВ А.Б.	85
САНИН А.Г.	155,157	ФЕДУЛОВ А.В.	106
САНИНА О.А.	155,157	ФЕТИСОВ Е.С.	112
САФРОНОВ Е.М.	317	ФИДЕЛИН Г.А.	116,117
СВЕТЛАКОВ Ю.А.	62,63,75	ФИЛИНСКИХ А.Д.	227,232
СЕДЫХ И.О.	311	ФИЩЕВ М.А.	114
СЕМАШКО А.В.	128,129,145	ФОМИЧЕВ А.В.	283
СЕМЕНОВ А.В.	276,277	ФУНТОВ В.А.	273
СЕМЕНОВА О.В.	164	ХАРЧУК С.М.	25
СЕМЕНОВА М.Ю.	41	ХВОСТОВА О.Е.	199
СЕРОГЛАЗОВ В.В.	224	ХИСАМОВ Д.Ф.	98
СЕЧКО Г.В.	7,96	ХИСАМОВ Ф.Г.	97
СИДОРУК Р.М.	230	ХОЛОПОВ И.С.	8
СИЛАЕВ А.Н.	311	ХРАМОВ К.К.	27
СИТУ АУНГ СО	89	ХРАНИЛОВ В.П.	204,205,206,324,325
СКОБЕЛЕВ В.В.	279	ЦВЕТКОВ А.И.	302
СКОБЕЛЕВ В.Г.	279	ЦИБИЗОВА Т.Ю.	186
СЛЮСАР В.И.	6,52,90,92	ЦЫГАНКОВ Б.В.	240
СЛЮСАР Д.В.	52	ЧАЙКА Е.А.	315
СМИРНОВ И.В.	179,180	ЧАЩИНА Н.А.	106
СМИРНОВА А.С.	184	ЧЕКУШКИН В.В.	29
СМИРНОВА Д. М.	15	ЧЕРНОВ А.Г.	198
СОКОЛОВ А.Д.	191	ЧЕРНЫШОВА Н.Н.	298
		ЧЕЧИН Н.А.	77

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ИСТ-2009**

**МАТЕРИАЛЫ
XV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**Редакторы Т.В.Третьякова, Е.В. Комарова
Компьютерная верстка В.П.Хранилов**

Подписано в печать 09.04.2009. Формат 60 x 84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,75. Уч.-изд. л. 41,0. Тираж 250 экз. Заказ 254.

**Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.
Типография НГТУ. 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.**