

МЕТОД МНОГОМЕРНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В РАДИОСЕТИ

Павликов

Сергей Николаевич¹,

Зимарева

Евгения Андреевна²,

Богдан

Милена Денисовна³,

Цепелева

Алена Сергеевна⁴.

¹к.т.н., профессор, профессор кафедры радиоэлектроники и радиосвязи Морского государственного университета имени адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток, Россия, psn1953@mail.ru, +79140734022.

²аспирант кафедры радиоэлектроники и радиосвязи Морского государственного университета имени адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток, Россия, fogetmenots@mail.ru.

³аспирант кафедры радиоэлектроники и радиосвязи Морского государственного университета имени адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток, Россия, milkotim@yandex.ru.

⁴аспирант кафедры радиоэлектроники и радиосвязи Морского государственного университета имени адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток, Россия, alena.tsepeleva@mail.ru.

Ключевые слова: метод; многомерная динамическая маршрутизация; радиосеть; ретранслятор; коммутатор.

Аннотация

Введение: Внедрение информационных технологий во все сферы деятельности привело к необходимости разработки новых методов по увеличению качественных параметров систем связи. Цель исследования состоит в разработке метода многомерной динамической маршрутизации в сети связи с пакетной передачей сообщений в соответствии с выбранным критерием. Методы: достижение поставленной цели осуществляется в три этапа, на первом этапе рассмотрена задача по расширению функций ретрансляторов, на втором - функции ретранслятора совмещены с функциями коммутатора, а затем рассматривается возможность получения сверхсуммарного эффекта за счет системного использования функций маршрутизации-ретрансляции-коммутации-преобразования. Результаты: пространственное кодирование трасс доставки сообщений через реальные и виртуальные ретрансляторы позволяют расширить множество трасс, через которые по заданным критериям происходит передача пакетов, в точках

пространства, согласованных абонентами, происходит формирование пакетов в укрупненные группы, преобразование по методам разделения и пространственная коммутация до следующих точек коммутации. Проведено моделирование процесса формирования пространственного поля точек ретрансляции и визуализация разделения трасс доставки радиосообщений. Практическая значимость: формирование в точках фокусировки нескольких сигналов реализует процессы преобразований, совместная обработка процессов в нескольких точках ретрансляции обеспечивает коммутацию по пространству, например для координатного пространства освещения зоны неуверенного приема. Новизна представлена в совместном применении преобразований: маршрутизации, коммутации, ретрансляции, хранения и др. преобразований, что позволяет получить новое качество маршрутизации в сети связи пакетов передачи сообщений в расширенном пространстве трасс и сети связи.

Обсуждение: реализация новой совокупности принципов информационного управления ресурсами при выполнении задачи доставки сообщения создает условия значительного увеличения одновременно используемых информационных технологий в единице пространства, что позволяет реализовать новый подход, заключающийся в совмещении процессов разделения и кооперации средств информационного обмена в самоорганизующиеся системы, для совместного выполнения расширенного круга задач.

Введение

Внедрение информационных технологий во все сферы деятельности привело к необходимости разработки новых методов по увеличению качественных параметров систем связи, особенно актуально повышение эффективности в мобильных приложениях, для которых значимы не только абсолютные, но и удельные параметры пропускной способности, например на единицу кубического метра, мобильности, на единицу скорости взаимного перемещения абонентов, результативности на единицу энергетических затрат участников взаимодействия и др. Среда радиоканала меняется, и применение широкополосных сигналов требует дополнительных усилий по поддержанию качественных параметров. Новые требования формируют новые модели сигналов, каналов, систем и их элементов. Цель исследования направлена на решение проблемы, которая характеризуется увеличением несоответствия современных технологий требованиям по доступу к информационному пространству, как готовой продукции, так и к возможности её добычи, передачи, измерения и преобразования к виду в соответствии с целевой функцией потребителя. Интенсивное внедрение телекоммуникационных технологий приводит: к быстрому росту количества одновременно работающих абонентов в радиосети и увеличению взаимных помех, что приводит к неустойчивости работы систем связи. Развитие методов несанкционированного использования информации обострило значимость поиска новых методов защиты, скрытности, помехоустойчивости. Значимость исследований

возрастает с учетом широкого внедрения Интернет-вещей, новых критериев, новых технологии M2M, P2P, M2I, и др. [1, стр. 238, 108]. Известные способы управления динамической маршрутизацией основаны на решении задачах из специальных областей математики с поиском оптимальных показателей качества, например пропускной способности канала связи на единицу использованных ресурсов.

Предлагается решать проблему управления динамической маршрутизацией путем увеличения количества каналов за счет дополнительных узлов ретрансляции с возможным расширением функции по маршрутизации [2], коммутации [3] и преобразований в виде хранения, сжатия, применение других сигналов физического уровня, модуляции, кодирования и др. [2]. Для достижения поставленной цели был проведен поиск технических решений, результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 Анализ технических решений по маршрутизации пакетов данных в радиосети

Наименование	Выходные данные патентов	Недостаток
Способ маршрутизации пакетов в радиосети	Республики Казахстан №10964, МПК H04J 3/26, публ. 15.11.2001, Бюл. №11 [4]	Расчет маршрутов осуществляется только на участках пути от одного промежуточного к другому ближайшему узлу. Ретрансляция сообщений от одного узла к другому ближайшему неизбежно приведет к увеличению количества ретрансляций, загруженности радиоканала и увеличению времени доставки сообщения.
Способ адаптивной автоматической маршрутизации пакетов данных в радиосетях	Республики Казахстан №22321, МПК H04J 3/26, публ. 15.02.2010, Бюл. №2 [5]	Адрес назначения пакета и адреса принимающего и передающего ретрансляторов содержатся в каждом пакете данных, а адрес следующего ретранслятора, минимально удаленного от адреса назначения пакета, вычисляется процессором каждого принимающего ретранслятора, который по результатам непрерывного контроля пакетов, проходящих по каналу радиосети, формирует собственный динамически изменяющийся список адресов других ретрансляторов и строит математическую модель относительных позиций всех ретрансляторов, потенциально способных участвовать в

		процессе доставки пакета конечному адресату, что значительно увеличивает трафик сети служебной информацией.
Способ гибридной коммутации и адаптивной маршрутизации	РФ №2305374, МПК H04L 12/64, публ. 27.08.2007, Бюл. №24 [6]	В зависимости от длины сообщения устанавливается или физическое соединение или организуется передача пакетов по таблице маршрутов.
Способ адаптивной маршрутизации	РФ №2431945. Опубл. 20.10.2011. Бюл. №29 [7]	В способ отличается отсутствием учета взаимного влияния каналов сети связи из-за воздействия внутрисистемных помех, а также большого содержания в трафике служебной информации.
Способ динамической маршрутизации	РФ №2457628. Приор. 14.06.2011, опубл. 27.07.2012, Бюл. №21 [8]	Формирование многомерных маршрутов проводится без учета взаимного влияния взаимных помех.
Способ многомерной динамической маршрутизации	РФ №2608678. Приор. 17.11.2017, опубл. 23.01.2017, Бюл. № 3 [9]	Формирование многомерных маршрутов проводится без полного учета факторов взаимного влияния сигналов входящих в него каналов связи. Управляя только скоростью передачи информации трудно добиться эффективности сети связи.

Анализ приведенных способов показал наличие тенденции по расширению функции и задач ретрансляторов, применение процесса реконфигурации структуры сети и сопряжения с технологиями обработки трафика. На первом этапе рассмотрим задачу с применением в маршрутизаторах ретрансляторов (MR), на втором добавим функции коммутатора (MRK) и затем рассматривается возможность получения сверхсуммарного эффекта за счет системного использования в маршрутизаторах ретранслятора-коммутатора-преобразователя (MRKT).

Первый этап исследования, заключающийся в применении и расширении функции ретрансляторов. Анализ возможных направлений решения проблемы показал, что наибольший потенциал связного ресурса связан с пространственным разделением каналов. Известно, что в этой области эксплуатируются схемы, которые условно обозначаются MIMO, SIMO и др. [4,

стр. 93]. В них участвуют одиночные или многоканальные передающие и приемные стороны. В работе введен дополнительный элемент ретранслятор (R) или множество ретрансляторов (MR), роль которых может выполнять известное техническое решение или природные отражатели в пространстве радиоканала. В данный момент чаще всего используют передачу по MIMO, когда множество излучающих антенн соединяются с множеством приемных антенн. Однако увеличение количества только элементов антенн на передающей и приемной сторонах не позволяют получить необходимое количество каналов с требуемым качеством связи. Предложено рассмотреть варианты доставки сообщений через распределение трасс в трехмерном пространстве. В итоге получим технологию MIMRMO [11, с. 223]. В табл. 3 приведена сравнительная оценка эффективности методов пространственного преобразования. Самый эффективный метод MIMRMO с параметрами $2 \times 3 \times 2$ получил значение $C = 0,845$ [11]. Чем больше элементов MIMRMO, тем больше пропускная способность, выше скрытность и помехоустойчивость, тем сложнее станции противной стороны своевременно собрать всю информацию. При этом роль ретранслятора может быть выполнена за счет метеорных следов, естественных отражателей в виде характерного рельефа или слоев тропосферы, космических аппаратов, а также неоднородности в канале распространения. В технических решениях [2 и 12] мобильный терминал содержит ретранслятор с передачей части функций базовой станции для расширения зоны действия и обеспечение связности базовой станции с мобильными терминалами на границе зоны уверенного приема.

Другой вариант реализации пространственного разделения является метод, приведенный в патенте [13], в котором происходит сбор информационного пакета из двух и более блоков, один из которых ключ для получения пакета, и так в каждой точке пространства, известных на передающей и приемной сторонах. Алгоритм пространственного распределения трасс и результаты визуализации работы данного технического решения приведены в работе [14].

Для снижения заметности метода предусмотрено разделение информации по пространству с учетом маскирования опасных секторов и формирование точек ретрансляции с ложными данными или зашумление точек ретрансляции в заданные промежутки времени [15].

Формирование и тестирование канала радиосвязи позволяет не только повысить помехоустойчивость, но и осуществить режим когерентной обработки сигналов в режиме «точка-точка», в других точках пространства сигнал обладает повышенной скрытностью и минимальным влиянием на работу других абонентов. Условием применения является способность формировать широкополосные сигналы [16] и обрабатывать при автоматической компенсации доплеровских трансформаций на передающей и приемной сторонах [17].

Табл. 2 - Сравнительная оценка эффективности методов MIMRMO

№ варианта	Передачики, MI	Ретрансляторы, MR	Приемники, MO	Эффективность, C=log(MI+MR+MO)
1.	1	1	1	0,477
2.	1	1	2	0,602
3.	1	2	2	0,699
4.	2	1	1	0,602
5.	2	1	2	0,699
6.	2	2	2	0,778
7.	1	2	1	0,602
8.	2	2	1	0,699
9.	1	3	1	0,699
10.	2	3	1	0,778
11.	2	3	2	0,845

При этом корреляционная обработка широкополосных сигналов рассмотренная в работах [13 и 18] позволяет осуществить формирование пространственных откликов передающих и приемных антенн в заданных точках ретрансляции.

Второй этап – совмещение функции ретранслятора с функциями коммутатора (MRK) [19, стр. 42 - 45]. Рассмотрим возможности коммутации пакетов в расширенном пространстве методов разделения каналов, сигналов, часть которых приведена в выражении для управления пропускной способности каналов [19, стр. 49].

$$C = \frac{\Delta F}{(\delta f + \Delta f)} \cdot \frac{T}{(\delta t + \Delta t)} \cdot \frac{\Delta \Theta_z^\circ}{(\delta \Theta_z + \Delta \Theta z^\circ)} \cdot \frac{\Delta \Theta_g^\circ}{(\delta \Theta_g + \Delta \Theta z_g^\circ)} \cdot \frac{\Delta \Pi}{(\delta \Pi + \Delta \Pi z)} \cdot \frac{\Delta \Pi R_i}{(\delta \Pi R_i + \Delta \Pi R z_i)} \cdot \frac{\Delta \Phi}{(\delta \Phi + \Delta \Phi)} \cdot \frac{DD}{(\delta DD + \Delta DD)} \cdot \frac{1}{T}, \quad (1)$$

где обозначены: ΔF - полоса радиосвязи;

δf - ширина радиоканала;

Δf - защитная полоса радиоканала;

T - интервал сеанса связи;

δt - временной интервал элемента радиосообщения;

Δt - защитный интервал;

$\Delta \Theta_{z/g}^\circ$ - сектор радиосвязи в горизонтальной и вертикальной плоскостях соответственно;

$\delta \Theta_{z/g}$ - ширина характеристики направленности канала радиосвязи;

$\Delta \Theta z_{z/g}^\circ$ - защитный интервал по угловому пространству;

$\Delta \Pi$ - интервал поляризационных значений;

$\delta \Pi$ - ширина поляризации радиоканала;

ΔIZ - защитный интервал поляризационных изменений;

ΔIPR_i - размерность пространства ортогональных протоколов каналов на физическом $i=1$ и других уровнях модели радиосистемы, $i = \overline{1,7}$

δIPR_i - расстояние между ортогональными протоколами каналов на физическом $i=1$ и других уровнях модели радиосистемы, $i = \overline{1,7}$

δIPR_{km_i} - защитный интервал ортогональных k из m протоколов обмена на i уровне, например $i=1$ на физическом уровне;

$\Delta \Phi$ - размерность пространства форм ортогональных сигналов;

$\delta \Phi$ - градация форм сигналов;

$\Delta \Phi Z$ - защитный интервал форм сигналов;

ΔD - динамический диапазон мощности сигналов в радиоканале;

δD - интервал мощности одного радиоканала;

$\Delta D D$ - защитный интервал мощности между соседними радиоканалами.

Выбор вариантов управления информационными каналами для достижения требуемого качества обслуживания абонентов может быть возложен на систему, ведущую мониторинг загруженности сети, электромагнитной обстановки, рельефа местности и др. факторов с целью определения сочетания методов преобразования сигналов, разделения каналов, методов коммутации и маршрутизации, а также скорости перемещения по трассам с временным хранением в узлах сети и их использования в данный момент и в течении допустимого периода сеанса связи. При этом учет возможностей противной стороны для несанкционированного съема информации приведет к расширению процедур с сигналами и каналами по расширенному спектру параметров каналов, например, путем разделения исходного пакета на подпакеты и передачи их одновременно через различные узлы различных сетей (через двух и более сотовых операторов) [12]. На рисунках 1 и 2 представлены процессы формирования необходимого количества информационных каналов. Прохождение линий указывает на значения выбранных параметров информационного пространства, участвующих в формировании траектории информационного канала, сплошная линия от абонента 1 к абоненту 2, пунктирная – обратный канал дуплекса. Если трассы по параметрам информационного пространства не пересекаются, значит, взаимное влияние минимально, что соответствует – ортогональности друг другу, а в случае пересечений трасс но не в точках, параметрам – квазиортогональны. Один из вариантов реализации способа маршрутизации с расширенным пространством коммутации приведен на рис.3, где обозначены: 1 - контроль качества входящих в узлы каналов сети связи; 2 – обмен между узлами связи; 3 и 4- формирование одномерных и соответственно многомерных маршрутов; 5 определение целевой функции; 6 - формирование набора вариантов сочетаний: допустимых методов разделения сигналов, переносчиков пакетов по каналам связи, определяемых в каждом узле для каждого канала связи, в каждом маршруте, а также при их совместном

использовании и кратности их применения; 7 - уточнение целевой функции; 8 - управление многомерной динамической маршрутизацией; 9 - уточненный контроль качества входящих в узлы каналов сети связи

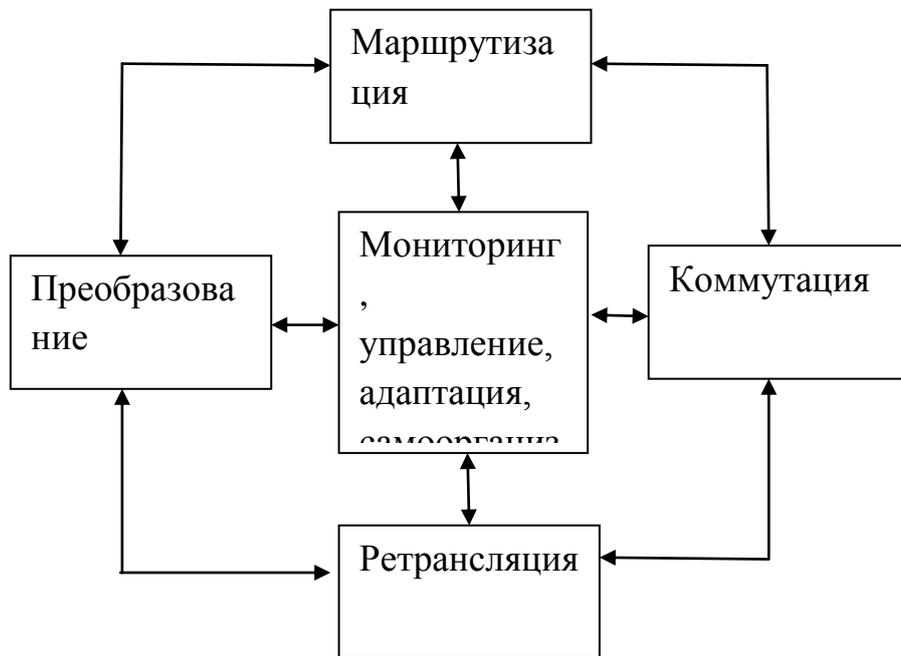


Рис. 1 Процессы управления формирования информационного пространства трасс каналов

Методы	Параметр время (или др., например пространство)							Трассы
1.								1
2.								2
3.								3
4.								4
5.								5
6.								6
7.								7
8.								8
9.								9
10.								10
11.								11
12.								12
13.								13
14.								14
15.								15
16.								16

Рис. 2. Принцип формирования информационного пространства трасс каналов

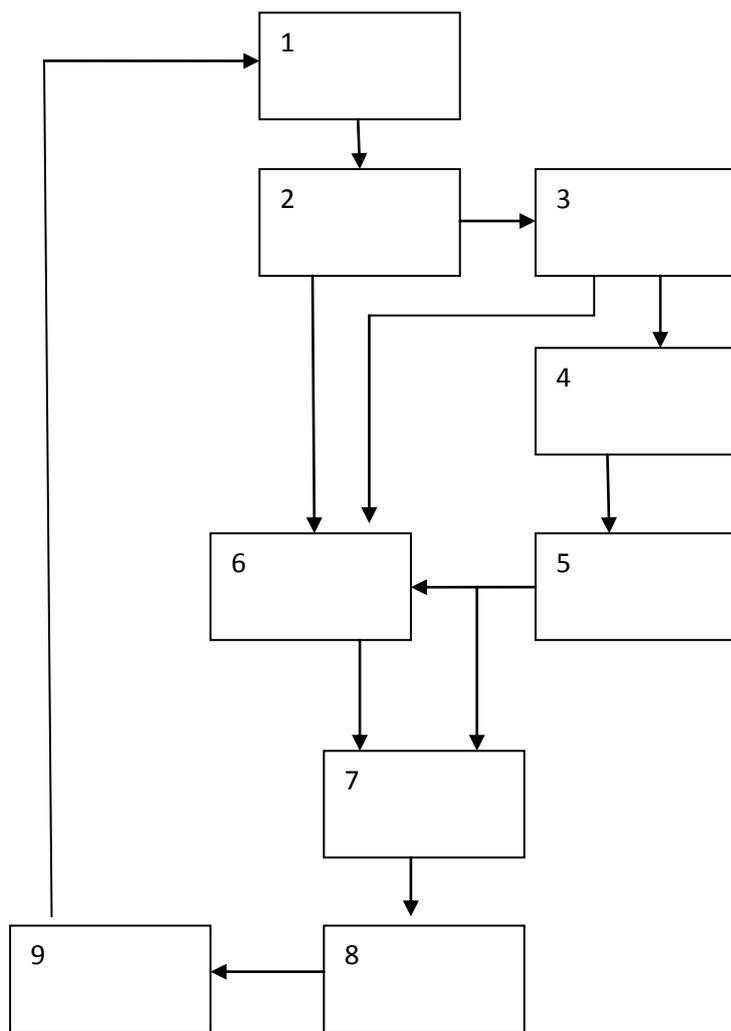


Рис.3 Способа маршрутизации

Принцип работы, заключающийся в том, что в узлах связи проводят мониторинг входящих в них каналов связи, результаты передаются на доступные узлы связи, формируется набор вариантов маршрутов в виде сочетаний: допустимых методов разделения сигналов, переносчиков пакетов по каналам связи, определяемых в каждом узле для каждого канала связи, в каждом маршруте, а также при их совместном использовании, уточняют целевые функции многомерного динамического распределения маршрутов в сети осуществляют по результатам оценки сформированных вариантов комбинаций (сочетаний) назначенных методов разделения каналов между узлами связи, обеспечивающих выполнение требований при допустимых параметрах и их соотношениях, таких как: вероятность ошибки, отношения сигнал/помеха, скорости передачи, затрат связного ресурса и их комбинаций, а также кратности их использования и выбор оптимальных многомерных динамических трасс связи, при этом управление определяется назначением и согласованием для смежных каналов методов разделения каналов между узлами связи, сочетаний маршрутов и кратности их использования, при этом методы разделения каналов между узлами связи включают технологии использования: различных физических полей, сред распространения сигналов

и временного, частотного, поляризованного, кодового, по мощности, по пространственному кодированию, модуляции, кодирования сигнала, скорости передачи, форме сигнала, протоколам обмена, и их комплексирования, а также кратности их использования в соответствии с целевой функцией. Контроль качества входящих в узлы каналов осуществляют по расширенному спектру методов разделения сигналов каналов узлов связи, сочетаний маршрутов и кратности их использования, а также с учетом изменения целевой функции, характеристик и параметров каналов сети связи.

В табл. 3 приведены формулы определения количества информационных траекторий, определяемое числом сочетаний из n методов разделения каналов по k . Анализ показывают, что увеличение количества коммутаций сигналов в узлах ретрансляции составляет от несколько десятков до сотен раз.

На третьем этапе планируется расширение функций точек коммутации траекторий до комплексной трансформации в виде ретранслятора-коммутатора-преобразователя (MRKT). Это направление известно как интегрированные, гибридные, комплексные методы формирования трасс доставки сообщений в расширенном классе преобразований физических сигналов и сред распространения: акустические, гидроакустические, электро-магнитные радио и оптические, электрические, а также их разновидностей, например радиосигналы спутниковые, приповерхностные, метеорные и др.

Таблица 3 - Число информационных траекторий

Числом сочетаний из n методов разделения каналов по k	Формула	Величин а при $n=6$ и $k=4$	Величи на при $n=7$ и $k=4$	Величин а при $n=9$ и $k=4$
Число сочетаний из n по k	$\binom{n}{k} = C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$	15	35	126
Число сочетаний с повторениями из n по k равно	$\binom{n+k-1}{k} = (-1)^k \binom{-n}{k} = \frac{(n+k-1)!}{k!(n-1)!}$	126	210	495

Поэтому работы по поиску технологий и методикам их совместного применения при решении задач доставки сообщений в расширенном понимании эффективности процесса продолжаются. В процессе решения задач были получены следующие результаты: Предложен модернизированный метод многомасштабной многомерной адаптивной маршрутизации, который соответствует протоколам и гибридной и геомаршрутизации.

В отличие от известных технических решений см. Табл. 1 методов маршрутизации и методов коммутации, рассмотренные в работах [22, 23] предложено:

Структура сети представлена в виде фрактальной математической модели с возможностью планирования трасс от источника к потребителю, в зависимости от суммарной длины трасс, с несколькими этапами, привязанными к территориям (зонам ответственности);

Для этого в начале на электронной карте размещаются абоненты и узлы сети, и отслеживается их перемещение. Оценивается их подвижность. Загруженность, резервы и др. параметры;

Многомасштабное параллельное планирование ведется в мелком масштабе с выбором зон ответственности по территории сети, с учетом критических параметров. Влияющих на качество сети, направлений (не менее двух) и ключевых узлов (узлов) через которые предусмотрено обязательное прохождение пакетов с восстановлением частей или сообщения в целом, соответствует классу проактивных протоколов [21. стр. 68]. И так для каждой зоны ответственности в направлении от источника информации к получателю;

Многомасштабное планирование продолжается в крупном масштабе внутри зон ответственности, что соответствует реализации класса реактивных протоколов [21. стр. 69], где реализуется один из методов [22, 23];

В отличие от известных в алгоритме заложена возможность отступления (увеличение расстояния до получателя или текущего промежуточного узла, построение обходных путей зон с высоким уровнем шумов или низкой надежности работы узлов);

Пополнение базы данных с описанием прецедентов и вариантов успешного их решения;

Предложено параллельное распределение пакетов и их дублирование по маршрутам с применением реактивных протоколов, с последующей оценкой достоверности и др. качественных параметров, в том числе и затрат в ключевых нодах, как до, так и после преобразований с последующим сравнением полученного результата с результатами от других ключевых узлов, одного и того-же этапа и принятия корректирующих действий в виде регулировки скорости передачи или др.

В роли ключевых нод выбираются или стационарные или малоподвижные узлы на границах

Заключение.

Результаты: пространственное кодирование трасс доставки сообщений через реальные и виртуальные ретрансляторы позволяют расширить множество трасс, через которые по заданным критериям происходит передача пакетов, в точках пространства, согласованных абонентами происходит формирование пакетов в укрупненные группы, преобразование по методам разделения и пространственная коммутация до следующих точек MRKT коммутации. Проведено моделирование процесса формирования пространственного поля точек ретрансляции и визуализация разделения трасс доставки радиосообщений. Практическая значимость: формирование в точках фокусировки нескольких сигналов реализует процессы преобразований, совместная обработка процессов в нескольких точках ретрансляции

обеспечивает коммутацию по пространству, например для координатного пространства освещение зоны неуверенного приема.

Реализация новой совокупности принципов информационного управления ресурсами при выполнении задачи доставки сообщения создает условия значительного увеличения одновременно используемых информационных технологий в единице пространства, что позволяет реализовать новый подход не разделения, а кооперации средств информационного обмена в самоорганизующиеся системы, для совместного выполнения расширенного круга задач.

Литература:

1. Степутин А.Н, Николаев А.Д. Мобильная связь на пути к 6G. Вологда; Инфра-инженерия, 2018, Т 2. – 420 с.
2. Пат. РФ 2734282. Система сотовой связи / Павликов С.Н., Убанкин Е.И., Зимарева Е.А., Пленник М.Д., Цепелева А.С., Гареева М.А., Колесов Ю.Ю., Радочинская А.Ж., Черновол М.Ю., Сбоева Л.И. Заявл. 08.12.2019. Оpubл. 24.10.2020. Бюл. №29. 5с.
3. Пат. РФ 2713921. Устройство радиосвязи / Павликов С.Н., Убанкин Е.И., Стволовая А.К. Заявл. 21.03.2019. Оpubл. 02.11.2020, Бюл. №5. 6с.
4. Степутин А.Н, Николаев А.Д. Мобильная связь на пути к 6G. Вологда; Инфра-инженерия, 2018, Т 1. – 384 с.
5. Пат. Республики Казахстан 10964. Способ маршрутизации пакетов в радиосети / Глухих А.В., Оpubл. 15.11.2001, Бюл. №11.
6. Пат. Республики Казахстан 22321. Способ адаптивной автоматической маршрутизации пакетов данных в радиосетях / Ездаков М.С., Оpubл. 15.02.2010. Бюл. №2.
7. Пат. РФ 2305374. Способ гибридной коммутации и адаптивной маршрутизации и устройство для его осуществления / Фомин Л.А, Будко П.А., Гайчук Д.В., Калашников С.В., Корягин А.А. Заявл. 08.12.2019; Оpubл. 27.08.2007, Бюл. №24.
8. Пат. РФ 2431945. Способ адаптивной маршрутизации в сети связи с многомерными маршрутами передачи сообщений/ Квашенников В.В., Шабанов А.К. Заявл. 08.12.2010. Оpubл. 20.10.2011. Бюл. №29.
9. Пат. РФ 2457628. Способ динамической маршрутизации в сети связи с многомерными маршрутами и пакетной передачей сообщений / Квашенников В.В., Солдатенко Э.Н. Заявл. 14.06.2011. Оpubл. 27.07.2012. Бюл. №21.
10. Пат. РФ . 2608678. Способ многомерной динамической маршрутизации в сети связи с пакетной передачей сообщений / Винтенкова Ю.С. и др. Заявл. 17.11.2017. Оpubл. 23.01.2017. Бюл. № 3.
11. Стволовая А.К., Павликов С.Н. Разработка алгоритма и визуализация пространственного распределения трасс доставки сообщений в условиях угрозы несанкционированного съема. // Современные наукоемкие технологии. 2018. №2. С.104-109.

12. Пат. РФ 2696214. Система защищенной радиосвязи / Павликов С.Н., Стволовая А.К. Заявл. 12.04.2018. Оpubл. 31.07.2019. Бюл. № 22.
13. Свидетельство на полезную модель РФ 16576. Устройство передачи и приема информации / Павликов С.Н. и др. Заявл. 17.11.2017. Оpubл. 23.01.2017. Бюл. № 3.
14. Свидетельство на программный продукт для ЭВМ РФ 2018616795. Программа имитации разделения трасс доставки радиосообщений. / Павликов С.Н., Стволовая А.К., Котович Е.Е. Заявл. 06.06.2018.
15. Пат. РФ 2713750. Способ когерентной разнесенной передачи сигнала / Павликов С.Н., Убанкин Е.И. Заявл. 26.07.2019. Оpubл. 07.02.2020, Бюл. №4.
16. Павликов С.Н., Убанкин Е.И. Математические основы построения нового класса широкополосных сигналов для систем связи с разделением каналов по форме // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2019. Т. 11. № 2. С. 24-32.
17. Рихачек А.В. Сигналы, допустимые с точки зрения доплеровского эффекта // ТИИЭР. 1966, Т.54. №6. С.39-41.
18. Пат. РФ 2293997. Способ корреляционной обработки сигналов, отраженных от быстродействующих целей/ Сапрыкин В.А., Яковлев А.И., Сапрыкин А.В., Бескин Д.А. Заявл. 13.09.2005. Оpubл. 20.02.2007. Бюл. №5.- 17 с.
19. Мочалов А.В., Павликов С.Н., Убанкин Е.И. Новые направления в развитии телекоммуникационных систем. Владивосток: ВГУЭС. 2016. 116 с. [Электронный ресурс] <https://search.rsl.ru/ru/record/01008475605>
20. Пат. РФ 2684477. Система радиосвязи с повышенной разведзащищенностью / Павликов С.Н., Убанкин Е.И., Стволовая А.К. Заявл. 19.10.2017. Оpubл. 09.04.2019, Бюл. №10.
21. Буренин А.Н., Легков К.Е. Эффективные методы управления потоками в защищенных инфокоммуникационных сетях // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2010. № 2. С. 29-35.
22. Метелёв А.Н., Чистяков А.В., Жолобов А.Н. Протоколы маршрутизации в беспроводных самоорганизующихся сетях // Вестник нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2013, №3(1), С. 75 – 78.

MULTIDIMENSIONAL DYNAMIC ROUTING METHOD IN RADIO NETWORK

¹Pavlikov Sergej Nikolaevich,
Vladivostok, psn1953@mail.ru.

²Zimareva Evgenia Andreevna,
Vladivostok, Russia, fogetmenots@mail.ru

³Bogdan Milena Denisovna,
Vladivostok, Russia, milkotim@yandex.ru

⁴Cepeleva Alena Sergeyevna
Vladivostok, Russia, alena.tsepeleva@mail.ru.

Keywords: method multidimensional dynamic routing radio network; the relay switch

Abstract

Doing: The introduction of information technology in all areas has led to the need to develop new methods to increase the quality of communication systems. The aim of the study is to develop a multidimensional dynamic routing method in the communications network with batch messaging in accordance with the chosen criterion. Methods: achieving the goal is carried out in three stages, the first stage is considered the task of expanding the functions of repeaters, the second - the functions of the relay are combined with the functions of the switch, and then considered the possibility of obtaining a super-sumar effect through the system use of the repeater-switch-converter. Results: spatial coding of message delivery tracks through real and virtual repeaters allows you to expand the many routes through which, according to the specified criteria, packages are transferred, in the points of space agreed by subscribers is the formation of packages in enlarged groups, transformation by separation methods and spatial switching to the following switching points. The process of forming a spatial field of relay points and visualization of the separation of routes of radio transmissions was carried out. Practical significance: the formation of multiple signals at the focus points implements transformation processes, and the joint processing of processes at multiple relay points provides a switching through the space, for example, for the coordinate space, the lighting of the area of uncertain reception. Discussion: The implementation of a new set of resource management principles in the delivery of communication creates conditions for a significant increase in the simultaneous use of information technologies in a unit of space, allowing for the implementation of a new approach, which is to combine the processes of separation and cooperation of the means of information exchange into self-organizing systems, to jointly perform an expanded range of tasks.

References:

1. A.N Steputin, A.D. Nikolaev Mobile Communication on the way to 6G Infra-engineering, 2018, T 2.420 p. (In Rus)
2. Pat. RF 2734282. Cellular communication system / Pavlikov S.N., Bankin E.I., Simareva E.A., Captive M.D., Tsepeleva A.S., Gareeva M.A., Kolesov

Y.Y., Radochinskaya A.Y., Chernovol M.Y., Sboybaka L.I. 08.12.2019. 24.10.2020. №29. 5p.. (In Rus)

3. Pat. RF 2713921. Radio communication device / Pavlikov S.N., Ubankin E.I., Stem A.K. Zalavl. 21.03.2019. 02.11.2020, Byul. №5. 6 p. (In Rus)

4. A.N Steputin, A.D. Nikolaev Mobile Communication on the way to 6G Infra-engineering, 2018, T 1.384 p. (In Rus)

5. Pat. Republic of Kazakhstan, IPC H04J 3/26, Way of routing packages in radio networks / Gluxix A.B., No10964, opul. 15.11.2001, Buhl. №11. (In Rus)

6. Pat. Republic of Kazakhstan, IPC H04J 3/26, Method of adaptive automatic routing of data packets in radio networks / Riding M.S., No22321, opul. 15.02.2010, Buhl. №2. (In Rus)

7. Pat. RF 2305374. The method of hybrid switching and adaptive routing and the device for its implementation / Fomin L.A., Budko P.A., Gaichuk D.V., Kalashnikov S.V., Koryagin A.A. Zaaval. 08.12.2019; A opoble. 27/08/2007, Byul. №24. (In Rus)

8. Pat. RF 2431945. The method of adaptive routing in the network of communication with multidimensional routes of communication / Kvashennikov V.V., Shabanov A.K. Zalavl. 08.12.2010. 20,10,2011. №29.. (In Rus)

9. Pat. RF 2457628. The way of dynamic routing in the network of communication with multidimensional routes and package transmission of messages / Kvashennikov V.V., Soldatenko E.N. Zayavl. 14.06.2011. Opuble. 27.07.2012. №21.. (In Rus)

10. Pat. Russian Federation, IPC H04L 12/64. The method of multidimensional dynamic routing in the network of communication with package transmission of messages / Wintenkova Yu.S., etc. No.2608678, has been reported. 17.11.2017; Swollen. 23.01.2017, Byul. № 3. (In Rus)

11. Stem A.K., Pavlikov S.N. Development of an algorithm and visualization of spatial distribution of routes of delivery of messages in the face of the threat of unauthorized removal. Modern Science-Intensive Technologies, No2, 2018. Pp. 104-109. (In Rus)

12. Pat. RF 2696214. System of protected radio communication / Pavlikov S.N., Stem A.K. Zaavil. 12.04.2018. 31.07.2019. № 22. (In Rus)

13. Evidence for the useful model of the RF 16576. Device of transmission and reception of information / Pavlikov S.N., Ubankin E.I. Zalavl. 17.11.2017. 23.01.2017. № 3. (In Rus)

14. Testimony on the software product for computer RF 2018616795. The program simulates the separation of routes of radio delivery. / Pavlikov S.N., Stem A.K., Kotovich E.E. Zaavil. 06.06.2018..(In Rus)

15. Pat. RF 2713750. The method of coherent signal spread / Pavlikov S.N., Ubankin E.I. Zalavl. 26.07.2019. 07.02.2020, Byul. №4..(In Rus)

16. Pavlikov S.N., Ubankin E.I. Mathematical basics of building a new class of broadband signals for communication systems with the separation of channels by form // Science-intensive technologies in space exploration of the Earth. T. 11. No 2 - ED Media Publisher, Moscow, 2019 - Pp. 24-32. (In Rus)

17. Richacek A.V. Signals, permissible in terms of Doppler effect./ TIIER. 1966, 54. No.6, Pp.39-41. .(In Rus)
18. Pat. Russian Federation, IPC G01S 13/06 The method of correlation processing of signals reflected from fast-acting targets / Saprykin V.A., Yakovlev A.I., Saprykin A.V., Beskin D.A.; Applicant and Patent Holder of the Naval Institute of RadioElectronics by A.S. Popov.- No.2293997; I'm going to say that. 13.09.2005; Swollen. 20/02/2007, Byul. No5.- 17p. .(In Rus).
19. Mochalov A.V. New directions in the development of telecommunications systems: monograph / A.V. Mochalov, S.N. Pavlikov, E.I. Ubankin. Vladivostok: VSUES, 2016. – 116. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008475605>, Dat: 09.03.2021(In Rus)
20. Pat. RF 2684477. The system of radio communication with increased intelligence - Pavlikov S.N., Ubankin E.I., Stem A.K. 19.10.2017. 09.04.2019, Byul. №10..(In Rus).
21. Burenin A.N., Legkov K.E. Effective methods of managing flows in protected information communication networks / Science-intensive technologies in space exploration of the Earth. 2010. № 2. Pp. 29-35. (In Rus)
22. Metelev A.N., Chistyakov A.V., Yolobov A.N. Protocols of routing in wireless self-organizing netw, Pp. 75 - 78. (In Rus)