

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

удк 621.396.96

гибридная модель модуля управления когнитивной самоорганизующейся сети базовых станций

А. А. СЕРКОВ
И. И. ОБОД
С. А. НИКИТИН

*Национальный технический
университет «Харьковский
политехнический институт»*

*e-mail:
saa@kpi.kharkov.ua
prof.obod@gmail.com
sergnick@bk.ru*

Когнитивные самоорганизующиеся сети являются сетями с изменяемой децентрализованной инфраструктурой. При этом главной задачей, возникающей на ранних стадиях проектирования сети, является повышение ее пропускной способности, а также скорости развертывания. На основе проведенного анализа предложен алгоритм работы базовых станций, работоспособность которого проверена при имитационном моделировании. Результаты моделирования легли в основу разработанного прототипа модуля управления когнитивной самоорганизующейся сети базовых станций. Оснащение базовых станций мобильной связью разработанным оборудованием позволит повысить надежность, производительность сетей и снизить затраты времени на их развертывание.

Ключевые слова: базовая станция мобильной связи, когнитивная самоорганизующаяся сеть, имитационная модель, блок управления связью, алгоритм работы базовых станций, производительность сети.

Постоянное увеличение количества беспроводных телекоммуникационных сетей, структура которых становится все более сложной, требует упрощения процессов их управления, особенно при развертывании и операционном обслуживании. Современный уровень развития самоорганизованных сетей (SON - Self-Organizing Network) дает возможность автоматически конфигурировать и оптимизировать сеть. Основной задачей телекоммуникационных сетей является повышение её пропускной способности, которая состоит из пропускной способности канала связи между базовыми станциями (БС), а также между БС и абонентами. Целью статьи является разработка прототипа модуля управления каналом связи между БС.

Основные функциональные возможности SON включают самоорганизацию и самооптимизацию сети. Процесс самоконфигурации начинается на подготовительном этапе с момента включения новой БС. При этом новой базовой станции присваивается IP-адрес и устанавливается шлюз (GW - gateway), что дает возможность обмениваться IP-пакетами с другими БС. Новая БС предоставляет информацию о себе системе само-

конфигурации (ОАМ - Operation and Management) для аутентификации, получает необходимое программное обеспечение и данные о конфигурации сети, осуществляет базовую конфигурацию и подключается к общей системе ОАМ. Во время самооптимизации осуществляется измерение электромагнитных параметров внешней среды, результаты которых используют для автонастройки сети. Типичным примером является оптимизация списка соседних базовых станций. При этом функции оптимизации размещают в ОАМ или БС.

Показатели качества обслуживания определяются пропускной способностью сети. Помехи приводят к уменьшению реальной пропускной способности и скорости передачи информации. При этом в условиях отсутствия переполнения буфера памяти скорость передачи информации определяется следующим соотношением.

$$R_e = \frac{V_k R_0 (1 - P_e n_p)}{(R_0 t_A + n_p) + R_0 T_v (P_e n_p)^z}$$

где R_0 - потенциальная скорость передачи информационных данных; V_k - кодовая скорость; n_p - длина пакета данных; t_r - время распространения сигналов по каналу связи, а также анализа и подтверждения (или повторного запроса) приема пакета; e - показатель группирования ошибок вследствие помех; z - количество повторных запросов; P_e - вероятность сбоя единичного элемента сигнала данных.

Величина R_e определяет реальную пропускную способность сетевого оборудования, время передачи пакета и влияние помех на характеристики системы обслуживания. Таким образом, параметр R_e можно считать одним из основных показателей, который непосредственно связывает величину нагрузки сети с показателями качества обслуживания. На рис.1 приведена зависимость скорости передачи информации от длины пакета, энергетических соотношений сигналов и типа модуляции. Проведенные расчеты показали существование оптимального значения длины передаваемого пакета. Результаты расчетов, приведенные на рис.1 получены при $e = 0,7$.

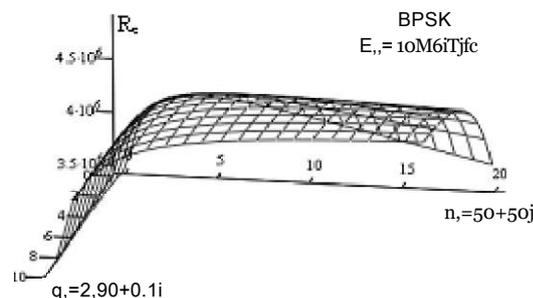


Рис. 1. Зависимость $R_e = f(q, n_p)$

В зависимости от места размещения алгоритмов оптимизации SON подразделяют на три класса: централизованные, распределенные и гибридные.

Централизованные SON размещают все функции в ОАМ. Это значительно упрощает процесс развертывания сети. Однако, с учетом того, что разные производители имеют свои ОАМ-системы, то вероятность осуществления оптимального взаимодействия между оборудованием различных марок невелика. При этом не поддерживаются простые и быстрые механизмы оптимизации.

В распределенных SON алгоритмы оптимизации реализуются на БС. При реализации подобных решений функциональные модули SON размещены в ряде мест на относительно низком уровне архитектуры. Это приводит к большому объему работ при разворачивании сети. Также сложно выполнить поддержку сложных схем оптимизации, которые требуют координации большого количества БС. Однако, в распределенных SON значи-



тельно легче решать задачи, которые касаются только одной или нескольких БС и требуют получения быстрого результата.

Гибридные SON выполняют простые и быстрые схемы оптимизации в БС, а сложные - в ОАМ. Таким образом, данная технология может быть быстро настроена для выполнения разных типов задач оптимизации. При этом становится возможным оптимизировать работу оборудования разных производителей.

При реализации гибридных SON наиболее перспективным направлением является использование методов множественного доступа на основе пространственного разделения каналов (SDMA - Space Division Multiple Access) [1-3]. Это требует широкого использования цифровых антенных решеток [4], совершенствования систем и методов формирования необходимых диаграмм направленности антенн (ДН) [5, 6], а также осуществления мониторинга внешней среды с целью определения местоположения [4] базовых станций [7]. Метод управления самоорганизующейся сети SDMA предполагает использование антенных решеток БС с электронным формированием узконаправленных лучей ДН в направлении соседних БС. Одновременно создаются провалы ДН по направлению источников помех. Для управления формированием ДН использованы программируемые логические интегральные схемы, обладающие большим быстродействием, по сравнению с микроконтроллерами. Современные производители ПЛИС выпускают устройства с логической матрицей и встроенным процессорным ядром, которые являются программируемыми системами на кристалле (PSoC). Быстродействующее процессорное ядро в сочетании с широкими возможностями проектирования периферии является оптимальным средством для создания системы управления ДН антенн для беспроводных сетей. Разработанный модуль управления самоорганизующейся сети БС включает блок управления, GPS - приемник с активной антенной и модуль формирования ДН. Прототип блока управления связью между БС реализован на PSoC - кристалле STM32F4, содержащем высокопроизводительное процессорное ядро ARM Cortex M4, и программируемую логическую матрицу для коммутации периферийных устройств (рис. 2).



Рис. 2. Прототип блока управления связью между БС

В качестве периферийных устройств используются разработанные модуль формирования ДН фазированной антенной решетки (рис. 3) и GPS - приемник с активной антенной (рис. 4).

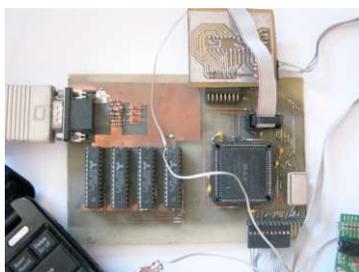


Рис. 3. Модуль формирования ДН фазированной антенной решетки



Рис. 4. GPS - приемник с активной антенной

Модуль формирования ДН фазированной антенной решетки реализован на основе программируемой логической интегральной схемы Altera MAX EPM7128, а для GPS - приемника с активной антенной основой стал модуль TiSTAR15. Программирование логической части осуществлялось с помощью протокола JTAG и программной среды разработки Altera MAX Plus+ 2. В то время, как программирование управляющего модуля выполнялось с помощью программатора ST-Link2 и среды разработки Keil uVision ARM.

Проверку работоспособности прототипа модуля проводили на разработанной гибридной имитационной модели, общая схема которой представлена на рис. 5. Гибридная имитационная модель состоит из двух частей - аппаратной (рис. 6), в составе трех функциональных блоков и имитационной модели сети БС, реализованной на персональном компьютере (ПК). Связь блока управления с ПК осуществлялась с помощью интерфейса UART-RS232. Блок управления обрабатывает очереди пакетов, ретранслирует их и выполняет радио сканирование окружающей среды. Причем все действия блока управления протоколируются, а синхронизацию работы модулей обеспечивал GPS - приемник с активной антенной.

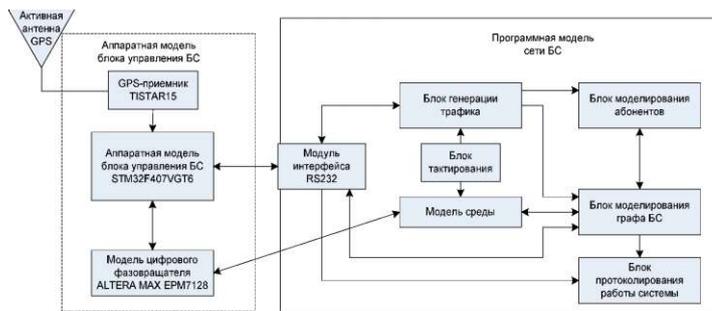


Рис. 5. Общая схема гибридной имитационной модели



Рис. 6. Аппаратная часть гибридной имитационной модели

Имитационная модель сети БС (рис. 7) позволяет создавать новые БС, отслеживать связи, которые автоматически создаются между ними, текущее состояние каждой из них, а также создавать перечень мобильных абонентов в зоне действия каждой из БС. При этом существует возможность просмотра состава очереди пакетов, перечня открытых каналов и абонентов с отслеживанием всех пакетов, циркулирующих в сети.

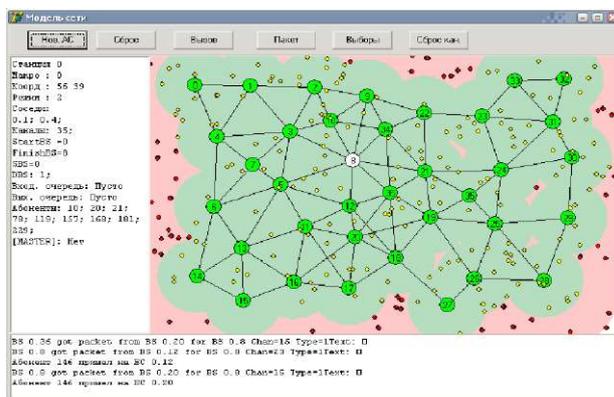


Рис. 7. Имитационная модель сети БС

Проверка работоспособности прототипа модуля управления каналом связи между БС в составе имитационной модели сети показало его надежное совместное функционирование в условиях, приближенных к реальным. При этом качество обслуживания абонентов сети существенно повышается за счет эффективного механизма балансировки нагрузки узлов сети. Таким образом, оснащение БС разработанным модулем управления позволяет повысить надежность, производительность сети, а также снизить затраты времени на стадиях их проектирования и развертывания.

Список литературы

1. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа. — М.: ЭкоТрендз, 2005. — 384 с.
2. Alazemi H.M.K., Margolis A., Choi J., Vijaykumar R., Roy S. Stochastic modeling and analysis of 802.11 DCF with heterogeneous non-saturated nodes. *Computer Communications*, 2007, vol. 30, no. 18, pp. 3652-3661.
3. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи. Издание второе, исправленное и дополненное. — М.: Техносфера, 2006. — 288 с.
4. Шкtn С.О. Комбшоваш методи множинного доступу у телекомуншашних мережах / С.О. Шкtn, О.А., Серков, I.I. Обод // Системи обробки шформацї - 2013, вип. 6 (113).
5. Шкtn С.О. Споаб передачі шформацї / С.О. Шкtn, Л.О. Шкtnа, I.V. Свид, I.I. Обод // Патент на корисну модель №UA 70174 U. 25.05.2012.
6. Шкtn С.О. Споаб передачі шформацї / С.О. Шкtn, Л.О. Шкtnа, I.V. Свид, I.I. Обод // Патент на корисну модель №UA 70955 U. 25.06.2012.
7. Жилияков Е.Г., Фадеева Т.А. Вычислительная процедура обработки данных радиолокационных измерений местоположений наземных объектов для повышения их разрешающей способности // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2010. №13-1. С.74-77.

hybrid model of the control module for cognitive self-organizing base stations network

AA SERKOV
I. I. OBOD
S.A. NIKITIN

*National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»*

*e-mail:
saa@kpi.kharkov.ua
prof.obod@gmail.com
sergnick@bk.ru*

Cognitive self-organizing networks are networks with variable decentralized infrastructure.

The main problem arising in the early stages of the network design - is to increase its throughput and deployment speed. Based on the analysis, the algorithm of base stations interaction was proposed. The operability of proposed algorithm was verified in simulation modeling. The simulation results provided the basis of the developed prototype of control module for cognitive self-organizing network of base stations. Equipping mobile base stations with designed equipment will improve network reliability, performance and reduce the time required to deploy them.

Keywords: mobile base station, cognitive self-organizing network, simulation model, communication control unit, base stations interaction algorithm, network performance