

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Обельовська К. М., Панова О. С.

Кафедра автоматизированных систем управления, Национальный университет «Львовская Политехника»  
Львов, Украина

E-mail: obelyovska@gmail.com, olga.panova@ukr.net

*Рассмотрена разработанная имитационная модель управления доступом к физической среде беспроводной сети, ориентированная на анализ, исследование и усовершенствование процессов происходящих на MAC-подуровне.*

## ВВЕДЕНИЕ

Современные телекоммуникационные сети принадлежат к сложным, динамическим и очень дорогим системам. Именно поэтому применение моделирования для исследования, анализа и совершенствования телекоммуникационных сетей является эффективным и актуальным. В качестве отдельных компонентов можно выделить моделирование процессов происходящих в реальных сетях на разных уровнях их архитектуры и моделирование трафика.

### I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Современные телекоммуникационные сети строятся на основе архитектурного подхода, предусматривающего деление функций на уровни, которые в свою очередь реализуются с помощью различных протоколов.

В [1] проведен конструктивный анализ факторов, влияющих на эффективность компьютерных сетей на разных уровнях их архитектуры. Показано, что на эффективность обмена данными в сети существенное влияние оказывают процессы, происходящие на подуровне доступа к физической среде MAC (Media Access Control). Особенно эта закономерность проявляется в беспроводных компьютерных сетях, поскольку они используют общую разделяемую (shared) среду передачи.

Основными факторами, влияющими на эффективность MAC-подуровня беспроводных компьютерных сетей являются обязательное квитиование кадров, механизм предотвращения коллизий CSMA/CA (Carrier Sense Multiply Access/Collision Avoidance) и необходимость обслуживания разных классов трафика с требуемым для них качеством сервиса QoS (Quality of Services).

Учитывая тенденцию постоянного увеличения доли беспроводного доступа к сетям, требований к качеству ее передачи, актуальной является задача усовершенствования подуровня доступа к физической среде MAC беспроводных компьютерных сетей, целесообразность применения для этой цели моделирования обоснована в ряде работ, в том числе и в [2].

### II. МОДЕЛЬ MAC-ПОДУРОВНЯ БЕСПРОВОДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Для моделирования компьютерных беспроводных сетей наиболее часто используют аналитические и имитационные методы [3].

Среди преимуществ аналитического моделирования можно выделить большую степень усреднения, многократность использования; тем не менее наиболее полное исследование работы сети можно осуществить, если известны явные зависимости, связывающие искомые характеристики с начальными условиями, параметрами и переменными системы. Такие зависимости удается получить для довольно простых беспроводных сетей. Используя аналитическое моделирование, приходится существенно упрощать первичную модель сети, чтобы получить возможность изучить общие характеристики беспроводной сети.

Более сложные задачи можно решать с помощью имитационного моделирования. Имитационные модели дают возможность достаточно просто учесть случайные процессы влияния и другие факторы, создающие сложности при аналитическом моделировании. Имитационная модель воссоздает события и процессы, происходящие в реальной сети. К преимуществам имитационного моделирования можно отнести возможность описания элементов и процессов сети с высоким уровнем детализации; возможность исследования динамики взаимодействия элементов и процессов сети во времени и пространстве параметров сети; возможность существенно сократить время исследования сети в сравнении с исследованием реальной сети. На сегодняшний день существует достаточно много коммерческих и общедоступных симуляторов беспроводных сетей. Все они обладают рядом преимуществ и недостатков, областью применения и распространением среди инженеров и ученых. Среди общедоступных симуляторов беспроводных сетей наиболее популярными стали J-Sim, OMNeT++, NS-2 и ShoX.

В работах [4-6] показано, что имитационной модели, охватывающей все нюансы работы беспроводной сети, нет. Каждая из моделей имеет свои преимущества и недостатки. Детальное

исследование отдельных компонент, схем, изменение их с целью усовершенствования, внесения в них новых функций обычно требует разработки специализированных моделей узкого назначения. Нами разработана имитационная модель управления доступом к физической среде беспроводной сети ориентированная на исследование и усовершенствование существующих схем доступа MAC-подуровня. Объектом моделирования являются процессы происходящие на MAC-подуровне беспроводных локальных компьютерных сетей. Модель ориентирована на режим Infrastructure Mode, который позволяет моделировать и анализировать сети как с единственной точкой доступа (Access Point), так и разветвленные беспроводные сети, состоящие из набора сегментов, связанных между собой с помощью точек доступа.

В разработанной компьютерной модели реализована поддержка режимов работы согласно ряда спецификаций стандарта 802.11. Особое внимание уделено реализации механизма предотвращения коллизий CSMA/CA, распределенной функции координации DCF (Distributed Coordination Function) и расширенному распределенному доступу к каналу EDCA (Enhanced Distributed Channel Access), механизма резервирования среды RTS/CTS (Request To Send / Clear To Send).

Концептуальная модель компьютерной имитационной модели построена с использованием диаграмм UML (Unified Modeling Language), программная реализация модели управления доступом к физической среде беспроводной сети разработана с помощью объектно-ориентированного языка программирования C++.

Примененный при разработке модели управления доступом к физической среде объектно-ориентированный подход программирования позволяет изменять или расширять реализованные по умолчанию особенности функционирования: методы доступа обеспечением качества обслуживания или их отсутствие, число категорий доступа, параметры MAC и физического уровня, состояние среды, интенсивность и закон распределения входных потоков кадров.

При разработке модели трафика сети учитывалось, что загруженность беспроводных сетей является переменной величиной, меняющейся со временем, реже – насыщенной, когда в очереди станции всегда находятся кадры для передачи. В имитационной модели предусмотрена возможность задания и изменения загруженности сети во время симуляции работы беспроводной сети. Учитывая, что в реальной сети интенсивность поступления кадров в сеть для одних станций может быть высокой, для других – низкой, в придачу она изменяется во времени, кроме равномерного распределения загрузки

между станциями в модели трафика предложен механизм распределения сетевой загрузки между станциями согласно выбранному закону вероятностного распределения случайных величин. Таким образом, разработанная модель трафика позволяет регулировать изменение интенсивности каждой станции, как по величине интенсивности, так и во времени.

Верификация результатов работы разработанной модели управления доступом к физической среде при различных условиях функционирования проводилась в сравнении с результатами работ аналитических моделей, симулятора NS-2 и данных физических измерений. Анализ показал корректность и достаточную точность модели, для большинства проведенных экспериментов разница между сравниваемыми результатами не превышала 2-15 %.

## Выводы

Разработана имитационная модель управления доступом к физической среде беспроводной сети, позволяющая изменять или расширять реализованные по умолчанию схемы доступа, адаптировать их к входным потокам и состоянию среды.

Доклад подготовлен по результатам выполнения совместного украинско-австрийского научно-исследовательского проекта 014 U 001612 «Моделирование трафика и телекоммуникационных сетей».

1. Лісевич Р., Обельовська К., Сидоренко Р. Аналіз факторів впливу на ефективність комп'ютерних мереж з використанням архітектурного підходу. Матеріали ІХ-ої Українсько-польської науково-практичної конференції ЕЛЕКТРОНІКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЕліТ-2017) 28-31 серпня 2017 р. Львів-Чинадієво, Україна, ст. 106–108.
2. Панова О. С. Методи та моделі управління доступом до фізичного середовища безпроводних комп'ютерних мереж : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук : 05.13.06 / Ольга Сергіївна Панова ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів, 2017. – 21 с. : іл., табл., граф., формули, схеми. – Бібліогр.: с. 20–21 (15 назв).
3. Вишневикий В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В. М. Вишневикий. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
4. Di P. Towards Comparable Network Simulations / P. Di, Y. Hourri, K. Kutzner, T. Fuhrmann // Technical Report 2008–9, ISSN 1432–7864, Dept. of Computer Science, Universität Karlsruhe (TH). – 2008.
5. Orfanus D. Performance of wireless network simulators: a case study / D. Orfanus, J. Lessmann, P. Janacik, L. Lachev // Proceedings of the 3rd ACM Workshop on Performance Monitoring and Measurement of Heterogeneous Wireless and Wired Networks, PM2HW2N 2008, Vancouver, British Columbia, Canada, October 31, 2008. – P. 59–66.
6. Lessmann J. Comparative Study of Wireless Network Simulators / J. Lessmann, P. Janacik, L. Lachev, D. Orfanus // Proceedings of the Seventh International Conference on Networking, (April 13–18, 2008). IEEE Computer Society, Washington, DC. – P. 517–523.