

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Артура Джозефа Квеку

«Исследование и разработка модели и алгоритмов MAC- и физического уровня сетей WiMAX»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

### **Актуальность темы**

Диссертационная работа Артура Джозефа Квеку посвящена исследованию и разработке алгоритмов повышения качества услуг (QoS) в системах WiMAX. При этом основной упор автор делает на разработку алгоритмов MAC и физического уровней протоколов, сокращающих время на предоставления полосы по запросу абонентов, протоколов управляющих назначением мощности абонентских станций и совместного использования частотного ресурса, назначенного двум операторам сетей WiMAX. Использование технологии кооперации и ретрансляции относится к числу самых перспективных технологий, активно внедряемых и развиваемых в системах поколения 4G. Обеспечение минимальной величины задержки одно из стратегических требований, предъявляемых к разрабатываемым системам поколения 5G. Исследования проводимые в этих направлениях способны в перспективе поддержать конкурентоспособность систем и сетей WiMAX. Таким образом исследование и решение поставленных проблем, влияющее на своевременность и надёжность передачи сообщений является весьма актуальной задачей.

Результаты диссертационной работы являются важным шагом в направлении конкретизации требований стандартов и создании норм, определяющих и конкретизирующих показатели качества предоставления услуг в сетях WiMAX.

### **Краткое содержание работы**

Диссертация состоит из введения, 4-ёх глав, заключения и 2-ух приложений. Во введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность проблемы, сформулированы цель работы и задачи исследований, перечислены положения, выносимые на защиту, пункты научной новизны и практическая значимость результатов. Каждая глава завершается перечнем полученных в ней результатов и промежуточных выводов. В главе 1 рассмотрены вопросы качества обслуживания в беспроводных сетях. Глава 2 посвящена анализу архитектуры сетей WiMAX и способов обеспечения качества обслуживания в них. Рассматриваются эти вопросы на уровнях MAC и

физическом. Также в главе 2 дана модель и схемы планирования потоков для различных сервисов, также как механизмы запроса ресурса для этих потоков. Рассмотрены модели распределения полосы пропускания базовой станции. В главе 3 выполнен математический анализ показателя задержки доступа и описана математическая модель получения оценки при оказании услуг за счёт состязательного характера доступа к интервалу запроса полосы. Разработан алгоритм вычисления величины средней задержки доступа и определены условия применения этого алгоритма.

Глава 4 содержит материалы с описанием методов повышения качества обслуживания на физическом уровне, на сетях WiMAX с ретрансляцией и возможностью совместного использования радиоресурсов двумя операторами смежных сетей. Рассмотрены случаи использования регулирования мощности передаваемого сигнала, направленные на снижение энергопотребления абонентами. Выполнена сравнительная оценка потерь распространения в прямом и ретрансляционном соединении. Повышение качества обслуживания на сетях WiMAX на основе использования частотного спектра разными операторами, по их взаимной договорённости, называемого совместным использованием спектра, оценивается повышением пропускной способности сети и снижением вероятности блокировки. Причина, вызывающая блокировку, обусловлена увеличением числа обслуживаемых абонентов в зоне покрытия базовой станции. В заключении перечисляются основные результаты диссертации. В приложениях содержатся тексты программ, разработанных автором.

### **Основные научные результаты и практическая значимость работы**

Новизна научных результатов диссертационной работы А.Дж. Квеку это, во-первых определённая новизна предложенных моделей: математической модели, используемой в задачи управления распределением ёмкости кадра системы между состязательными слотами и слотами полезной нагрузки в процедуре запроса полосы, модели доступа, учитывающей требования к качеству обслуживания видов трафика в сетях WiMAX, во-вторых разработка и исследование характеристик алгоритмов реализации совместного использования частотного ресурса операторами связи в сетях WiMAX, выбора маршрутов ретрансляции в зависимости от расстояния между базовой станцией, ретранслятором и абонентом. Приведённые в диссертации результаты исследований могут вполне считаться научно-значимыми.

Практическая значимость разработанных моделей и алгоритмов заключается в открывающейся возможности улучшения качества обслуживания выполняемого операторами сетей WiMAX. Для практики представляют интерес

такие результаты как: определение пороговых значений показателей МАС и физического уровня с точки зрения обеспечения качества услуг, возможностей определения размеров обслуживаемой абонентской базы, для которой обеспечивается требуемый уровень качества обслуживания, так же как возможность снижения мощности при сохранении регламентированного уровня качества обслуживания различных видов трафика.

### **Достоверность результатов**

Достоверность результатов и обоснованность научных положений, выносимых на защиту, определяется постановкой научно-технической задачи и адекватностью методологии её решения, подтверждается соответствием результатов теоретических исследований результатам моделирования

### **Замечания**

1. Изложение материала в диссертационной работе структурировано в недостаточной степени. Так материал главы 2 имеет непосредственное отношение к тематике главы 1. В главе 1 без должной мотивации излагается материал по системам сотовой связи UMTS и LTE, который далее в работе никак не используется. Глава 2, так же как глава 3 перегружена изложением информации справочного характера, хотя при необходимости её использования, можно ограничиться соответствующими ссылками.(стр67,71-77 и другие).

В главе 4 в п.4.1.1-4.2.3 нет определённости и ясности: какая же модель канала в них использована так как одновременно заявляются и задействуются понятие «зона прямой видимости» и понятие чувствительности для многолучевых каналов с замираниями, смешиваются модели замираний большого и малого масштабов.

2. В работе на рис.3.13 и в автореферате рис.1 приводится обозначение SS ,без каких либо пояснений. На стр.44 используется не определённое понятие «логический канал».

3. Формулировки положений, выносимых на защиту носят неоправданно общий характер и фактически применимы к более конкретным и частным моментам.

4. В тексте диссертации так и не определено какая версия стандарта группы 802.16 рассматривается. Термин WiMAX применяется к разным вариантам: версия 2004г. рассчитана на связь с фиксированными и «кочующими» пользователями, вариант 2005г. и более поздние редакции рассчитаны на случай мобильной связи с соответствующими изменениями в протоколах. В диссертации основные параметры взяты для систем фиксированной связи, в то же время приводят ссылки на мобильный WiMAX (стр43,стр44 и другие)

5. Описанный в 4-ой главе алгоритм (в частности формула (4.1)) соответствует алгоритму работы аналогового репитера (amplify-Forward), который не предусмотрен в стандартных спецификациях базовых станций. Не понятна причина, по которой репитер в диссертации назван базовой станцией.

6. Итоговая формула главы (3.22) характеризует важный параметр, случайный по его природе, средним значением и только. Это своего рода «средняя температура по больнице». То есть явно не полная характеристика статистического параметра .

7. В работе обнаружено несколько опечаток; есть также замечания по оформлению рисунков.

### **Заключение**

Диссертация представляет собой в целом завершенное научное исследование, выполненное автором самостоятельно и на достаточно высоком уровне. В ней содержится решение проблемы исследования и разработки модели и алгоритмов MAC и физического уровней протоколов систем WiMAX, которые уменьшают время доступа абонентов к канальным ресурсам сети.

Полученные автором результаты являются достаточно новыми, обоснованными и достоверными. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

С учётом вышеизложенного, считаю, что работа отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Артур Джозеф Квеку, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедрой радиосвязи, радиовещания и телевидения

ФГБОУ ВО ПГУТИ

С.Н. Елисеев

443010, Льва Толстого ул., 23, Самара, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, тел.: 8 (846) 339 11 55, E-mail:

Eliseev-sn@pguti.ru

Подпись официального оппонента д.т.н., проф. Елисеева Сергея Николаевича  
заверяю

Учёный секретарь ПГУТИ

кандидат экономических наук, доцент

О.В. Витевская