



Использование высокопроизводительных вычислений при исследовании характеристик современных беспроводных систем связи

А.А. Мальцев

С.А. Тираспольский

И.В. Артюхин

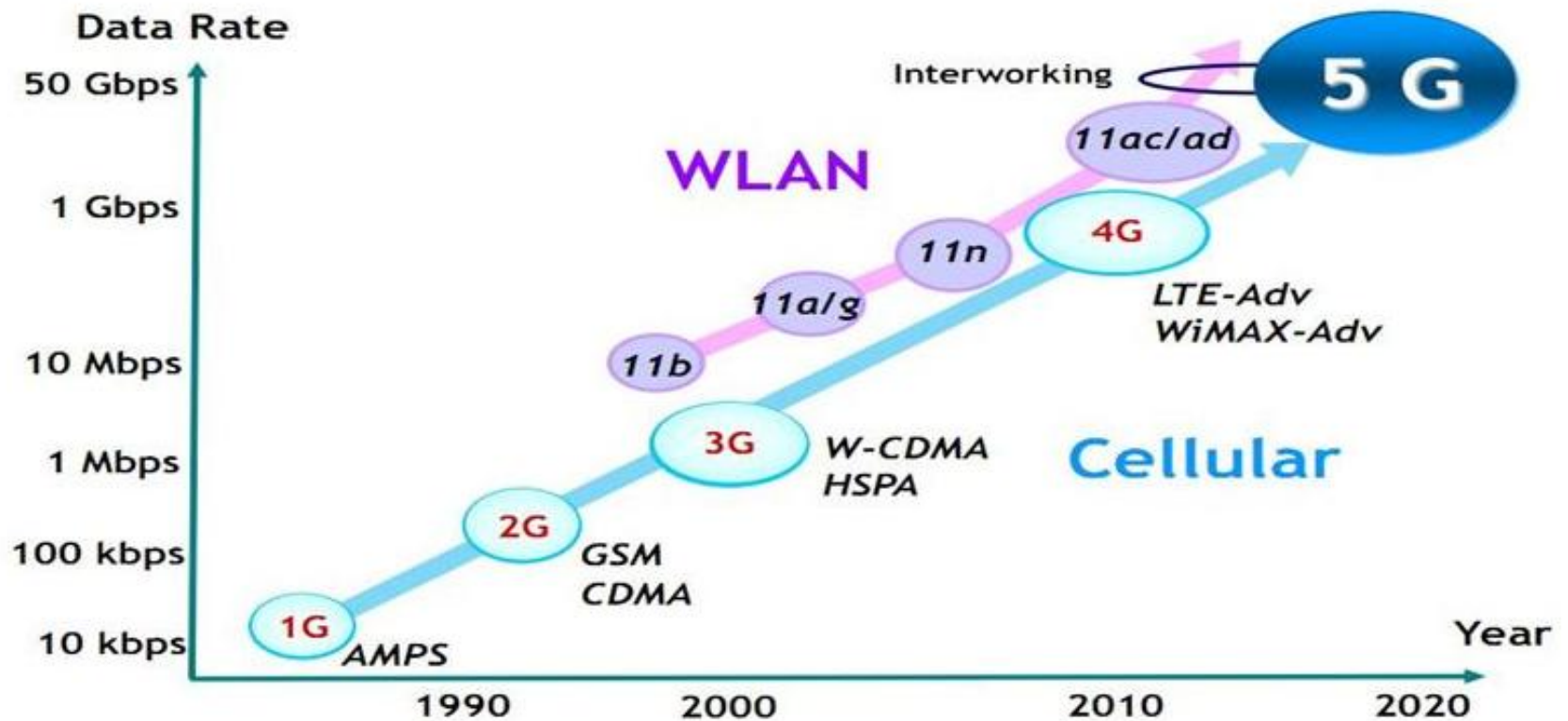
Ноябрь 2014

Содержание

- Использование суперкомпьютерных технологий для решения приоритетных проблем науки и техники в интересах организаций и компаний науки, образования и промышленности в стране и за рубежом
 - Необходимость использования суперкомпьютеров
 - Моделирование систем мобильной связи
 - Выполненные проекты
- Разработка образовательных программ подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров в области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений
 - Учебные программы
 - Учебные пособия
 - Семинары
- Список публикаций

Использование суперкомпьютерных технологий для решения приоритетных проблем науки и техники в интересах организаций и компаний науки, образования и промышленности в стране и за рубежом

Мобильные системы связи 1990-2020 гг.

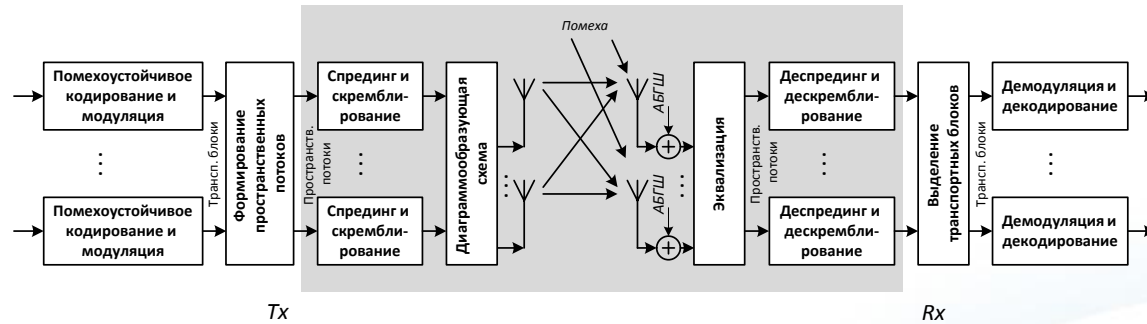


Необходимость использования суперкомпьютеров

- В настоящее время активно проводится модификация мобильных технологий 3G+ HSPA и 4G LTE
 - Стандартизация и сертификация технологий
 - Разработка и тестирование оборудования сетей мобильной связи и абонентских устройств
 - Развертывание сетей
- Основным инструментом для разработки и оценки качества работы систем беспроводной мобильной связи является численное моделирование с помощью специализированных программных комплексов
- Моделирование современных систем связи проводится в два этапа - на физическом уровне и системном уровне. Это требует значительных вычислительных ресурсов, что делает необходимым использование суперкомпьютерных технологий



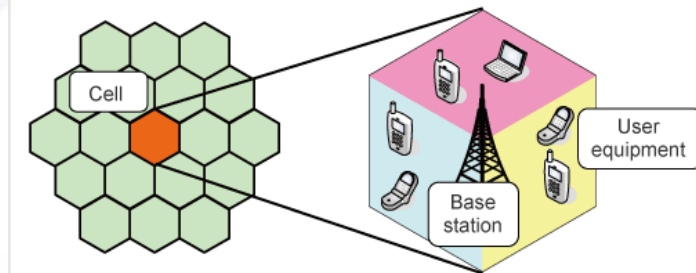
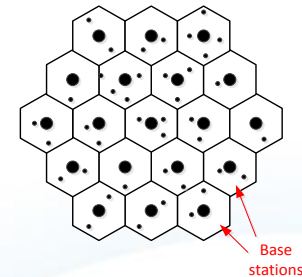
Моделирование на физическом уровне



- Полное прямое моделирование алгоритмов обработки сигналов в приемнике и передатчике для одной линии связи, включая моделирование искажений сигнала в канале распространения радиоволн.
- Позволяет найти вероятности ошибок и перезапросов при передаче пакетов данных в системе связи для известных условий распространения радиоволн.
- Требует больших вычислительных затрат вследствие сложности применяемых алгоритмов пространственной и частотно-временной обработки сигналов в современных системах связи

Моделирование на системном уровне

- Проводится для исследования характеристик всей системы сотовой связи в целом, с учетом множества одновременно работающих передатчиков и приемников, их взаимной интерференции, распределения и планирования ресурсов сети
- Требует значительных вычислительных ресурсов – для моделирования работы 57 секторов базовых станций, обслуживающих свыше 1000 пользователей одновременно
- Симулятор системного уровня состоит из трех основных блоков:
 - Модель развернутой системы связи
 - Интерфейс между физическим и системным уровнями (модели каждой отдельной линии связи)
 - Блок управления сетью (распределение и планирование ресурсов)



Проекты, выполненные с использованием суперкомпьютеров на кафедре БСРФ в 2014 г.

- Анализ дальнейших технологий-кандидатов для 3GPP UTRAN HSPA версии 12 [заказчик - Nokia]
 - Разработаны специализированные вычислительные программы для моделирования систем связи 3G+ HSPA (программные симуляторы физического и системного уровня)
 - Проведено моделирование системы 3G+ HSPA на физическом и системном уровнях с интенсивным использованием суперкомпьютера ННГУ
 - В ходе проекта были проведены исследования:
 - технологии быстрого переключения несущих частот в системе HSPA
 - технологии улучшенного планирования ресурсов сети для системы HSPA
 - режимов передачи контрольной информации в режиме временного разделения
 - технологий уменьшения накладных расходов на передачу контрольной информации в восходящем канале систем HSPA
 - характеристик работы системы HSPA в гетерогенных сетях

Проекты, выполненные с использованием суперкомпьютеров на кафедре БСРФ в 2014 г.

- Анализ эффективности применения фазированных антенных решёток для покрытия стадиона мобильной сетью LTE [заказчик - Nokia]
 - Разработаны специализированные вычислительные программы для моделирования систем связи 4G LTE (программные симуляторы физического и системного уровня)
 - Проведено моделирование системы 4G LTE на физическом и системном уровнях с интенсивным использованием суперкомпьютера ННГУ
 - В ходе проекта были решены сложные технические задачи:
 - выбора необходимого числа и конфигурации антенных решеток для развертывания сети LTE на стадионе
 - анализа влияния параметров антенных решеток на эффективность исследуемых сценариев развертывания сети LTE

Проекты, выполненные с использованием суперкомпьютеров на кафедре БСРФ в 2014 г.

- Экспериментальное исследование беспроводных каналов связи диапазона 60 ГГц вне помещений [заказчик - Intel]
 - Основные этапы проекта:
 - Настройка, калибровка экспериментальной установки для проведения измерений канала связи
 - Измерения канала связи вне помещения для различных сценариев распространения радиоволн
 - Анализ полученных данных, разработка модели канала, моделирование канала связи, сопоставление результатов эксперимента с результатами, полученными в результате моделирования
 - Задачи, выполненные с использованием суперкомпьютера ННГУ
 - Исследование характеристик системы связи диапазона 60 ГГц с разработанными моделями канала на системном уровне
 - Реализация метода ray-tracing и сравнение результатов моделирования с экспериментом

Пример использования суперкомпьютерного кластер ННГУ "Лобачевский"

- Основным вычислительным ресурсом для проведения моделирования систем мобильной связи HSPA и LTE, используется для запуска симуляторов и получения результатов моделирования
- Параметры типичной задачи моделирования

Число процессов	Время моделирования (CPU-часы)	Число процессорочасов (CPU-часы)	Занимаемое дисковое пространство (ГБ)
От 1 до 40	От 2 до 36	От 2 до 1440	От 2 до 15

- Запуск многопроцессорной задачи осуществляется с помощью библиотеки Intel MPI Library
- Результаты моделирования представляют собой текстовые файлы, создаваемые симулятором и содержащие статистику параметров моделируемой системы
- Далее текстовые файлы обрабатываются для получения статистических характеристик:
 - средние значения пропускной способности для одного пользователя и соты в целом
 - уровни взаимной интерференции
 - пропускные способности пользователя на границе сот
 - функции распределения различных параметров системы и другие

**Разработка образовательных
программ подготовки,
переподготовки и повышения
квалификации кадров в области
суперкомпьютерных технологий и
высокопроизводительных
вычислений**

Учебные программы

- Учебная программа общего курса **«Беспроводные системы связи»** для студентов 4-го курса специальности ИБТС. В программу курса включены специальные разделы (6 лекций), посвященные методам моделирования систем связи 3-го и 4-го поколений (3G, LTE-Advanced, WiFi) на системном и физическом уровнях.
- Учебная программа общего курса **«Основы помехоустойчивого кодирования»** для студентов 5-го курса специальности ИБТС. В программу курса включены специальные разделы (5 лекций) посвященных программной реализации современных помехоустойчивых кодов (блоков кодирования и декодирования) и методам численного анализа их характеристик.
- Учебная программа специального курса **«Системы статистически оптимального оценивания и управления и методы их численного анализа»** для студентов 5 курса по специальности «Радиофизика и электроника». В программу курса включен специальный раздел «Примеры аналитического конструирования фильтров Калмана 1-го и 2-го порядков» (4 лекции), в котором приводятся и разбираются примеры программной реализации оптимальных фильтров и численный анализ их характеристик в конкретных радиофизических задачах.

Учебные пособия

Подготовлены следующие учебные пособия в электронном виде:

- Артюхин И.В., Мальцев А.А., Курочкин И.В. Системы статистически оптимального оценивания и управления и методы их численного анализа (40 страниц).
- Давыдов А.В., Мальцев А.А. Основы помехоустойчивого кодирования и методы численного оценивания характеристик помехоустойчивых кодов (60 страниц).

Семинары

- 29.01.2014. Семинар по развитию технологий мобильных систем связи (совместно с компанией Nokia)
 - Ключевые докладчики: Michel Chbat, CTO NE Region, Thilo Schwarz, Head of R&D, Russia
 - Число участников: ~ 40 чел.
- 17.02.2014. Семинар по системам связи 4-го и 5-го поколений (совместно с компаниями Nokia и Inte)
 - Ключевые докладчики:
 - Michel Chbat, CTO NE Region, Thilo Schwarz, Head of R&D, Russia: "Innovation @ NSN - Path from good to great"
 - Pingping Zong / Mo-han Fong, 3GPP LTE RAN leads - Principal engineers: "LTE-Advanced and beyond"
 - Число участников: ~ 50 чел.

Список публикаций (1/2)

- Морозов Г.В., Давыдов А.В., Мальцев А.А. Анализ пропускной способности систем сотовой радиосвязи, использующих координированную передачу данных для подавления взаимных непреднамеренных помех // Известия вузов. Радиофизика (принята к печати).
- В.Т. Ермолаев, И.С. Сорокин, А.Г. Флакسمан Два метода оценивания весового вектора адаптивной антенной решетки // Вестник ННГУ, Радиофизика (рекомендована к печати)
- В.Т. Ермолаев, И.С. Сорокин, А.Г. Флакسمан, А.В. Ястребов Эффективность методов адаптивной обработки сигналов в многоэлементных антенных решетках // Известия ВУЗов 'Радиоэлектроника' (принята к печати)
- Флакسمан А.Г., Елохин А.В. Эффективность адаптивного управления мощностью в системах сотовой связи в условиях многолучевого релеевского канала. // Материалы XX международной конференции «Информационные системы и технологии» ИТС-2014, посвящ. 100-летию профессора Г.В. Глебовича. 18 апреля 2014 г. / Н.Новгород: НГТУ, 2014. С. 143.

Список публикаций (2/2)

- Davydov A., Morozov G., Papathanassiou A. Blind maximum likelihood interference cancellation for LTE-Advanced systems // Proceedings of the 79th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2014-Spring), Seoul, South Korea, May 2014.
- Morozov G., Davydov A. Blind maximum likelihood interference mitigation for PDCCH of 3GPP LTE/LTE-A // Proceedings of the 79th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2014-Spring), Seoul, South Korea, May 2014.
- M. Rybakowski, A. Ali, K. Drazynski, A. Trushanin, M. Vechkanov, V. Shumilov, R. Maslennikov, "E-DCH Decoupling for Downlink-Uplink Imbalance Mitigation in HSPA Heterogeneous Networks" // Proceedings of the IEEE 80th Vehicular Technology Conference (VTC2014-Fall), Vancouver, Canada, September 2014
- Alexei Davydov, Gregory Morozov, "LLR-based Interference Suppression for the Physical Downlink Control Channel of LTE-A", PIMRC 2014, 2014.
- Gregory Morozov and Alexei Davydov, "Enhanced Symbol-Level Interference Cancellation for PDCCH of 3GPP LTE/LTE-A", VTC2014-Fall, 2014.

Заключение

- Имеющиеся в ННГУ вычислительные ресурсы позволяют проводить исследования таких сложных технических объектов как современные системы мобильной связи
- Созданные математические модели, разработанные программные платформы и полученные с помощью них результаты позволили научному коллективу ННГУ провести анализ характеристик новых разрабатываемых систем сотовой связи

Спасибо за внимание!