

УДК 654.165

Балабанов Иван Викторович

ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический
университет радиотехники, электроники и автоматики»
Россия, Москва¹
Аспирант
E-Mail: ivan-balabanov@mail.ru

Сидорин Виктор Викторович

ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический
университет радиотехники, электроники и автоматики»
Россия, Москва
Доктор технических наук, профессор
E-Mail: sidorin@mirea.ru

Обеспечение доступности услуг в сетях подвижной связи

Аннотация: Высокая степень внедрения подвижной связи требует проведения работ по развитию, эксплуатации и управлению качеством таких систем, направленных на удовлетворение клиентского опыта при использовании. Наряду большого числа показателей качества как голосовых, так и пакетных услуг, в статье отражена общая актуальная проблема низкой доступности услуг связи. Обеспечение доступности подвижной связи подразумевает выполнение анализа текущих показателей эффективности систем и определения подходов к управлению качеством, внедрению их на сеть и оценке результатов работ. Материалы данной статьи основаны на проведенном анализе причин возникновения отказов. Описаны сопутствующие механизмы повышения качества предоставляемых услуг. Выведены практические рекомендации к изменению конфигурации оборудования, перепланированию сети и подходы к оптимизации с целью повышения показателей доступности, что позволяет выполнять задачи обеспечения и удержания качества при эксплуатации, модернизации и строительстве систем подвижной связи. Представленные заключения апробированы посредством реализации указанных практических рекомендаций на сетях третьего поколения с кодовым разделением каналов. Целесообразность и практическая ценность подтверждается аналитическими и экспериментальными исследованиями в процессе внедрения подхода управления качеством при оптимизации радиопокрытия сети.

Ключевые слова: Управление качеством; подвижная связь; радиопокрытие; Universal Mobile Telecommunications System; overshooting; Pilot Pollution; качество; связь; мобильная связь; сотовая связь; оптимизация; качество связи; доступность связи; доступность услуг; радио; передача данных; успешность установления; покрытие; покрытие сектора; покрытие станции; скорость передачи данных; доступность.

Идентификационный номер статьи в журнале 74TVN214

¹ 109004, Москва, ул. Станиславского, д. 21, стр. 18

Введение

Беспроводная связь в настоящее время является неотъемлемой и необходимой частью современной действительности, обеспечивая бизнес процессы и коммуникации. Она доступна не только в стационарных условиях, но и предоставляет возможность пользоваться услугами связи в движении (авто, железнодорожный транспорт, метро и т.д.). Большой процент трафика мобильных сетей составляет пакетная передача данных, вызванная потребностью абонентов в электронной почте, социальных сервисах, медиа контенте и прочих услугах связи [1-5].

Наличие ряда интегрированных программно-аппаратных решений нивелируют эффект Доплера и компенсируют временные задержки в зависимости от дальности нахождения абонента до статичного приемопередатчика. При передвижении мобильного абонента происходит одновременное появление новых и ухудшение параметров обслуживающих несущих, поддерживающих соединение с абонентом в реальном масштабе времени. Принятие решения о выборе радио ресурсов, частоты переключений между ними является неотъемлемой задачей обеспечения мобильности.

В данной статье приводится описание проблем доступности услуг и необходимости оптимизации покрытия секторов, а также результаты аналитических и практических исследований. Указаны рекомендации по удержанию качественных показателей для абонентов, использующих смартфоны и модемы при передаче данных.

Анализ проблемы

Развернутая сеть состоит из совокупности сетевых элементов, обеспечивающих выполнение соединений с мобильными терминалами, поддерживающих передачу данных через радио интерфейс и регулирующих перераспределение между обслуживающими элементами сети. Под обслуживающим элементом сети принято понимать приемопередающее устройство, соединенное через контроллер с коммутатором, имеющим доступ в сети других операторов и Интернет. Такие элементы принято называть секторами, или сотами.

Каждая сота имеет свою емкость, обусловленную количеством приемопередатчиков для сетей второго поколения с частотно-временным разделением каналов. Каждый приемопередатчик использует набор частот с фиксированной шириной канала связи, где для сетей *GSM (Global System for Mobile Communications)* и *DCS (Digital Cellular System)* эта величина составляет 200 кГц. Количество выделенных на сектор частот определяет емкость сети и ограничивается наличием частотных ресурсов каждого оператора и интерференционной картиной, имеющей место при переиспользовании каналов. Такие сети имеют высокую степень доступности, но не предоставляют абонентом желаемой скорости закачки и быстроты отклика, что является крайне востребованным для пользователя.

Емкостные ресурсы сетей третьего поколения (сети *UMTS - Universal Mobile Telecommunications System*), использующие кодовое разделение каналов, определяются уровнем шума в зоне сервирования и количеством канальных элементов на управляющем приемопередатчиками оборудовании. Каждая сота, являющаяся наименьшим логическим элементом сети, выполняет предоставление сервисов на определенной территории.

При планировании сети радиоинженер с использованием программных средств назначает мощность сигнала, углы и типы антенн, определяющих зону покрытия каждого сектора, для фиксации конкретной зоны его обслуживания, на основании данных о высотах расположения излучателей, профиля рельефа, прогнозируемого трафика и доступных радиоресурсов.

На этом этапе определяется планируемая зона обслуживания каждого сектора, называемая доминантной зоной сервирования. Вследствие аппроксимации данных при расчете покрытия, различиях в моделях распространения радиоволн, постоянных изменений в топологии сети, ошибках планирования и монтажа, зачастую сектора собирают трафик из не

доминантной области. Под не доминантной областью сервирования понимается территория, где уровень сигнала этой соты достаточен для предоставления услуг, но не гарантируется качество сервисов и имеет место доминантный сектор, определенный в процессе планирования.

Проблемы планирования сети приводят к появлению избыточной интерференции и неравномерному снятию трафика с зоны обслуживания сети, приводящих к перегрузке отдельных ресурсов сети и отказам при доступе к услугам.

На территории со сплошным покрытием в каждой точке может предоставлять сервис несколько секторов и только один является доминантным в рамках одной технологии доступа, за исключением территории на границе сот, где работают настройки их перевыбора. Требования к непрерывности покрытия, а именно наличию достаточных для предоставления услуг уровню и качества сигнала, обуславливают наличие мнимых перекрытий зон обслуживания различных секторов. Важно учитывать резкое увеличение интерференции в таких перекрытиях, особенно в сетях третьего поколения, с кодовым разделением каналов.

Наличие перекрытий, с одной стороны, может увеличивать емкость сети, так как несколько отдельных сетевых элементов обеспечивают ресурсами абонентов находящихся в данной области, но зачастую это приводит к увеличению сигнальной нагрузки на сеть и может служить причиной деградации сервисов.

Сети с кодовым разделением каналов используют один спектр частот и при наличии большого количества абонентов в не доминантной области обслуживания сектора, они значительно ухудшают, а зачастую и полностью ограничивают доступность доминантной в этой области соты. Эта проблема наиболее актуальна в настоящее время для сетей подвижной связи Московского региона.

Оптимизация радиопокрытия сети

Непрерывной процесс строительства и наличие уже широко развернутой сети предоставляют, но не полностью гарантируют доступность услуг на планируемой территории покрытия. Основной проблемой радио сети, наряду с вопросами параметрической оптимизации, транспортной емкости и авариями, является наличие избыточных перекрытий между сервирующими сотами в доминантной области одного из секторов. Сектора, обслуживающие абонентов в своей не доминантной области называются «овершутерами» (англ. *overshooting* – многократное превышение чего либо, в данном случае превышение планируемой зоны покрытия). Данная проблема: отсутствие доступности любых услуг на мобильных терминалах и планшетах в сетях третьего поколения при индикации максимального уровня сигнала, отображаемая как «колесо» на *iPhone* моделей 3, 4, 5, *iPad*, решается тремя путями.

Оптимизация углов диаграммы направленности антенн (увеличение угла наклона в аспекте данной проблемы) является оперативным и доступным способом изменения покрытия секторов. Данную операцию в большинстве случаев можно выполнить без выезда на площадку, с расположенными на ней приемопередающим оборудованием и АФС (антенно-фидерной системой), путем удаленного изменения электрического угла наклона. Изменение механического угла наклона антенн применимо при отсутствии в антенне изменяемого электрического угла и при необходимости установки больших суммарных углов.

Второй подход самый быстрый и применим только в качестве временной меры (так как не решает проблему полностью) по снижению отказов вызванных овершутерами – уменьшение мощности логического канала на радиоинтерфейсе, по которому терминал определяет мощность сектора в сетях UMTS. Эта мощность используется для определения наличия доступных секторов в точке и их качественных показателей. Чаще всего мощность этого канала составляет около 10 % общей мощности на выходе приемопередатчика, Путем варьирования данной величины становится возможным изменение логическую зону сервирования сектора, тем самым увеличив ресурсы на каналы передачи данных.

Третий способ является самым эффективным – изменение высоты подвеса антенн. Выполнение переноса излучателей занимает много времени из-за необходимости подготовки и согласования документации, монтажа, но значительно изменяет зону сервирования сектора.

После выделения частотных ресурсов для сетей *UMTS 2100* в г. Москве, высокие требования к темпам развертывания сети не позволяли строить новые площадки и почти все станции третьего поколения устанавливались на больших высотах, где было смонтировано оборудование сетей второго поколения. Основная стратегия заключалась в обеспечении сплошного покрытия и наличия сети *3G* на экранах терминалов, но такой подход не мог и не может гарантировать доступность услуг в сетях с кодовым кодированием из-за большого количества пользователей, терминалы которых создают высокий уровень интерференции, не позволяющий оборудованию базовых станций распознать запросы конкретных абонентов. По этой причине, в ЧНН (часы наибольшей нагрузки) и праздничные дни с прогнозируемым ростом трафика, рекомендуется переключать свои мобильные устройства только в режим использования сетей второго поколения. Путем снижения высоты антенн, мы значительно уменьшаем избыточную зону покрытия сектора и уменьшаем уровень интерференции. Комплексное решение с использованием трех подходов является наиболее предпочтительным и приводит к значительному увеличению показателей качества проблемных участков сети с избыточным покрытием.

Каждый оператор имеет отделы анализа и оптимизации сети, которые подходят скептически к изменениям углов наклона диаграмм направленности, высоты подвеса антенн и снижению мощности на секторах, сервирующих в не доминантной области из-за вероятности потери покрытия. В тоже время, изменение указанных выше параметров антенн приводит к исключению захвата абонентов из не доминантной области сервирования, что в несколько раз снижает отказы и увеличивает качественные показатели, особенно по доступности соединений и скорости передачи данных. По данным статистики, до 80 % абонентов на ряде проблемных секторов пытаются получить сервис из не доминантной области, что приводит к отказу по причине того, что приемопередающее устройство на станции не может различить радиосигналы между запросами разных абонентов.

Практические рекомендации

Для выполнения данных операций в первую очередь необходим анализ статистики, собираемой с сетевых радио элементов для определения проблемных сот, на которых имеет место отсутствие сервисов. Наличие базовых станций на участках с плотной застройкой, например, в границах Садового кольца г. Москвы, составляет до нескольких станций на один квадратный километр. Наличие таких счетчиков, как дальность абонента от станции и количество отказов позволяет в течение дня определить список секторов, требующих оптимизации. Несмотря на то, что базовые станции с расположенными на них приемопередатчиками, обслуживающими соответственные сектора, расположены на расстоянии 500...1000 метров друг от друга, они собирают трафик в радиусе 3...4 километрах, что однозначно является не доминантой областью. Такая статистика указывает на необходимость проведения механической оптимизации АФС с целью оптимизации зон покрытия.

Заключение

В результате проведенных аналитических и экспериментальных исследований установлено, что путем определения проблемных сот, анализа статистики и применению рекомендаций по изменению физической конфигурации антенн, четкого разделения зоны сервирования секторов, имеется возможность значительно повысить как доступность пакетных сервисов, так и увеличить скорость передачи данных, улучшить качество речи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балабанов И.В., Балабанов В.И. Проблемы качества подвижной связи в технологиях точного земледелия и позиционирования сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. № 6, 2012. С. 20-21.
2. Балабанов И.В. Анализ состояния с обеспечением качества систем подвижной связи / Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. 2012. № 3. С. 27-30.
3. Балабанов И.В. Проблемы качества подвижной связи в технологиях точного земледелия и позиционирования сельскохозяйственной техники. В кн.: Материалы 6-Международной научно-практической конференции «ИнформАгро-2012». М.:ФГБНУ «Росинформагротех», 2012.- С.365-368.
4. Балабанов И.В. Анализ нормативно-методического обеспечения качества глобальных телекоммуникационных систем подвижной связи / Сборник научных трудов Sworld '2012. Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований». – Вып 1. Т. 29. – Одесса: Из-во «Куприенко», 2012. С. 70-73.
5. Tirola, E. and Ylitalo, J., 'Performance Evaluation of Fixed-beam Beamforming in WCDMA Downlink', Proc. VTC 2000 Spring, Tokyo, Japan, May 2000
6. В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, П. А. Михайлов «Сети мобильной связи. Частотно - территориальное планирование». - 2-е изд., испр. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. -224 с.
7. Тихвинский В.О., Володина Е.Е. Подвижная связь третьего поколения. Экономика и качество услуг. М.: Радио и связь, Горячая линия - Телеком, 2005. - с.240
8. Голубицкая Е. А., Жигульская Г. М. Экономика связи: Учебник для вузов. — М.: Радио и связь, 2000. — 392 с.
9. Ратынский М.В. Основы сотовой связи. М.: Радио и связь, 2000. - 196 с.
10. Laiho, J., Wacker, A. and Novosad, T., Radio Network Planning and Optimisation for UMTS, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2002

Рецензент: Захарченко А.Н. профессор кафедры технологий и машин в растениеводстве РГАУ-МСХА им. Тимирязева, доктор технических наук.

Ivan Balabanov

Moscow State Institute of Radiotechnics, Electronics and Automation (Technical University)
Russia, Moscow
E-Mail: Ivan-balabanov@mail.ru

Victor Sidorin

Moscow State Institute of Radiotechnics, Electronics and Automation (Technical University)
Russia, Moscow
E-Mail: sidorin@mirea.ru

Mobile network availability assurance

Abstract: High degree of mobile communications integration requires to work for development, operation and management of the quality of these systems to meet the customer experience when using. In addition a large number of quality indicators voice and packet services both, the article reflects the total actual problem of low availability of communications services. Ensuring availability of mobile communication means to perform analysis of the current performance of systems and defining approaches to quality management, its implementation on the network and performance assessing. The contents of this article are based on the analysis of the failures causes. Described in the accompanying mechanisms to improve the quality of services provided. We derive practical recommendations to change the hardware configuration, network and rescheduling approaches to optimization in order to improve accessibility indicators that lets to perform tasks and ensure retention of quality during the operation, modernization and construction of mobile systems. Submitted conclusions are approved by the implementation of these practical recommendations for third-generation networks, code division multiple access. Feasibility and practical value is confirmed by analytical and experimental research in the implementation of quality management approach in the optimization of network coverage.

Keywords: Coverage; quality management; mobile network; quality; communication; mobile communication; communication systems; optimization; mobile optimization; radio quality; availability; data transfer; radio; setup success; cell coverage; base station coverage; throughput; Universal Mobile Telecommunications System; overshooting; Pilot Pollution.

Identification number of article 74TVN214

REFERENCES

1. Balabanov I.V., Balabanov V.I. Problemy kachestva podvizhnoj svjazi v tehnologijah tochnogo zemledelija i pozicionirovanija sel'skohozjajstvennoj tehniki // Tehnika i oborudovanie dlja sela. № 6, 2012. S. 20-21.
2. Balabanov I.V. Analiz sostojanija s obespecheniem kachestva sistem podvizhnoj svjazi / Sovremennaja nauka: Aktual'nye problemy teorii i praktiki. Estestvennye i tehničeskie nauki. 2012. № 3. S. 27-30.
3. Balabanov I.V. Problemy kachestva podvizhnoj svjazi v tehnologijah tochnogo zemledelija i pozicionirovanija sel'skohozjajstvennoj tehniki. V kn.: Materialy 6-Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii «InformAgro-2012». M.:FGBNU «Rosinformagroteh», 2012.- S.365-368.
4. Balabanov I.V. Analiz normativno-metodičeskogo obespečenija kachestva global'nyh telekommunikacionnyh sistem podvizhnoj svjazi / Sbornik nauchnyh trudov Sworld '2012. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii «Sovremennye napravlenija teoretičeskikh i prikladnyh issledovanij». – Vyp 1. T. 29. – Odessa: Iz-vo «Kuprienko», 2012. S. 70-73.
5. Tirola, E. and Ylitalo, J., 'Performance Evaluation of Fixed-beam Beamforming in WCDMA Downlink', Proc. VTC 2000 Spring, Tokyo, Japan, May 2000
6. V.Ju. Babkov, M.A. Voznjuk, P. A. Mihajlov «Seti mobil'noj svjazi. Čas-totno - territorial'noe planirovanie». - 2-e izd., ispr. - M.: Gorjachaja li-nija - Telekom, 2007. -224 s.
7. Tihvinskij V.O., Volodina E.E. Podvizhnaja svjaz' tret'ego pokolenija. Jekonomika i kachestvo uslug. M.: Radio i svjaz', Gorjachaja linija - Telekom, 2005. - c.240
8. Golubickaja E. A., Zhigul'skaja G. M. Jekonomika svjazi: Učebnik dlja vuzov. — M.: Radio i svjaz', 2000. — 392 s.
9. Ratynskij M.V. Osnovy sotovoj svjazi. M.: Radio i svjaz', 2000. - 196 s.
10. Laiho, J., Wacker, A. and Novosad, T., Radio Network Planning and Optimisation for UMTS, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2002