

Подход в решении задачи дальнего управления экспериментом и анализа данных при наклонном зондировании ионосферы с использованием сетевых технологий

В.А.Иванов, А.А.Чернов, М.А. Шалагин

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», 424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, дом 3, andreichernov@list.ru

Предложен подход в решении задачи мобильного управления и анализа данных наклонного зондирования ионосферы и ионосферных КВ радиоканалов на сети трасс. На основе проведенных исследований показаны пути ее решения, иллюстрируемые схемами клиент-серверных архитектур, мобильной системы для взаимодействия с приёмным терминалом, интерфейса мобильного клиента.

We propose an approach to solving the problem of mobile management and the analysis of data of oblique sounding of an ionosphere and ionospheric HF radio channels on a network of radio links. On the basis of our research, we have shown the way to solve this problem, illustrated by diagrams of client-server architectures, mobile client interface and a mobile system to interaction with the receiving terminal.

Введение.

Прогресс в области вычислительной техники привел к развитию направления по созданию универсальных радиотехнических систем, основной функционал которых реализуется программными средствами (SDR). Стали создаваться сети автоматизированной ВЧ связи, для организации которых требуются адаптивные, малогабаритные системы радиозондирования ионосферного радиоканала, передающие и приёмные терминалы подобных сетевых систем могут быть разнесены на тысячи километров. В ПГТУ развивается научное направление, связанное с дистанционным зондированием ионосферы и ионосферных каналов КВ связи сложными декаметровыми радиосигналами.

Согласно исследованиям компании Google [1] 25% населения России владеют смартфонами, 28% пользователей мобильных устройств имеют постоянный доступ в Интернет. Широкое распространение мобильных устройств открывает новые возможности, создаваемые мобильными приложениями. Примерами таких приложений являются банкинг [2], дистанционная диагностика врачом состояния здоровья пациента [3] и др. Важным направлением этого процесса является использование мобильных приложений в научных экспериментальных исследованиях.

Поэтому существует научная задача исследования возможности дистанционного управления параметрами сетевых терминалов системы зондирования и анализа получаемых экспериментальных данных в пунктах, удаленных от них на значительные расстояния, с помощью мобильных устройств и информационных технологий. Это особенно актуально, когда терминалы имеют возможность программно перестраивать свои функции, реализуя, как систему связи, так и систему зондирования ионосферной радиоперелинии.

Цель работы - разработка системы удаленного управления экспериментом и анализа данных при наклонном зондировании ионосферы с использованием сетевых технологий.

Предметной областью исследований является радиозондирование ионосферы в КВ диапазоне. Прикладной характер работы связан с применением результатов зондирования к повышению эффективности дальней (на тысячи километров) КВ связи и загоризонтной радиолокации.

Радиотехнические системы (РТС) радиолокации и связи в общем случае имеют структуру, представленную на рис. 1 [4, 5]. Связь между передающим и приемным терминалами осуществляется за счет наличия линии связи в виде физической среды - ионосферы, в которой радиосигналы распространяются в виде радиоволн. При этом считается, что радиоканал является составной частью РТС.

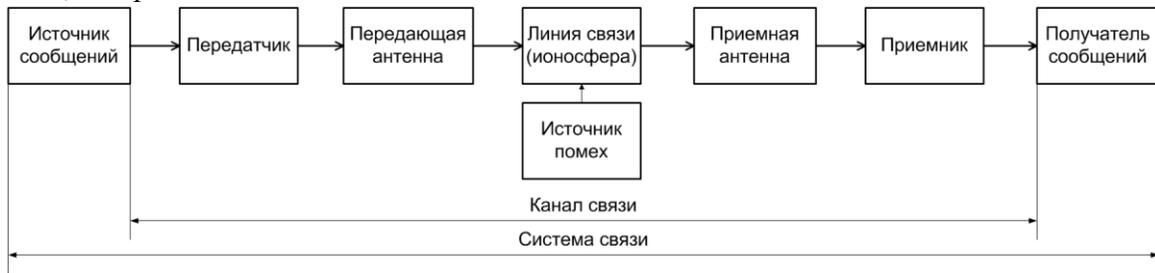


Рис. 1. Общая структура РТС, использующих для связи физическую среду – ионосферу

Обычно сигналы определяются рядом параметров, информация о которых имеет важное значение при обработке сигналов в приемнике с целью выделения в них полезной информации. Эти параметры определяют информационно – технические характеристики (ИТХ) РТС. Однако характеристики радиоканала могут быть не согласованы с параметрами сигнала, что приводит к искажению сигналов в радиоканале и негативно сказывается на работе РТС. Процедура согласования ИТХ РТС с параметрами канала должна быть адаптивной. Это связано с тем, что параметры канала испытывают постоянные изменения, вызванные изменениями характеристик ионосферы из-за вращения Земли вокруг своей оси (суточные) и вокруг Солнца (сезонные), а также из-за изменения Солнечной активности и др. Вариации имеют различные масштабы (периоды – во временной области и частоты – в частотной).

Для решения проблемы адаптации используется зондирование ионосферы в КВ диапазоне, по результатам которого оцениваются параметры частотных каналов с различными средними частотами и определяется область допустимых значений для этих частот от наименьшей применимой частоты (НПЧ) до максимальной применимой частоты (МПЧ). Ключевыми параметрами парциальных каналов являются: отношение сигнал-шум, рассеяние в канале по задержке, рассеяние в канале по доплеровскому смещению частоты [6, 7].

В 2013 году в ПГТУ разработан модернизированный вариант ионозонда с непрерывным ЛЧМ сигналом – на SDR-платформе USRP N210 с дочерними платами LFRX и LFTX [8]. В экспериментах используется сеть наклонного радиозондирования ионосферы на протяженных радиотрассах. При этом анализ экспериментальных данных осуществляется в данном случае в центре сети г. Йошкар-Ола.

На рис. 2 представлена упрощенная схема мобильной системы для приёмного терминала.

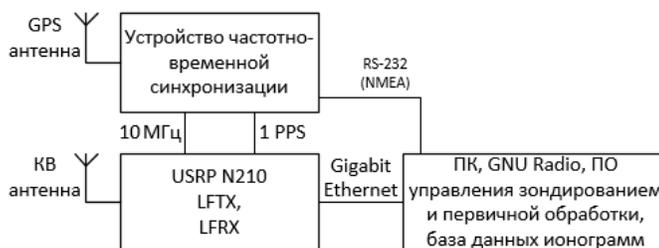


Рис. 2. Схема приемного терминала программно-аппаратного комплекса ЛЧМ ионозонда

В процессе работы возникла научно-техническая проблема управления ионозондами сети и анализа экспериментальных данных параметров парциальных радиоканалов из удаленного мобильного пункта, потребовавшая проведения соответствующих исследований. Учитывалось, что разрабатываемая мобильная система должна обеспечивать взаимодействие с устройством программно определяемого ионозонда. Поэтому, вначале была проанализирована возможность использования средств удаленного администрирования (RD), таких как TeamViewer, UltraVNC, FreeRDP и др. Оказалось, что они обладают рядом существенных для мобильного использования недостатков:

- высокими требованиями к качеству сетевого канала из-за необходимости ретрансляции содержимого экрана через компьютерную сеть;
- большим временем отклика на действия пользователя;
- отсутствием возможности одновременной работы нескольких клиентов;
- клиент, имеющий полный контроль над системой, может случайно или намеренно нарушить работу системы.

Нами предложен подход, позволяющий решить данную научно-техническую задачу путем создания собственных мобильных клиент-серверных приложений. В нем серверная часть непосредственно управляет процессом (в нашем случае, ионозондом), а клиентская предоставляет пользователю необходимый интерфейс и отправляет запросы на выполнение задач управления и анализа. Это позволяет решить большинство проблем RD-метода, но требует больших временных затрат.

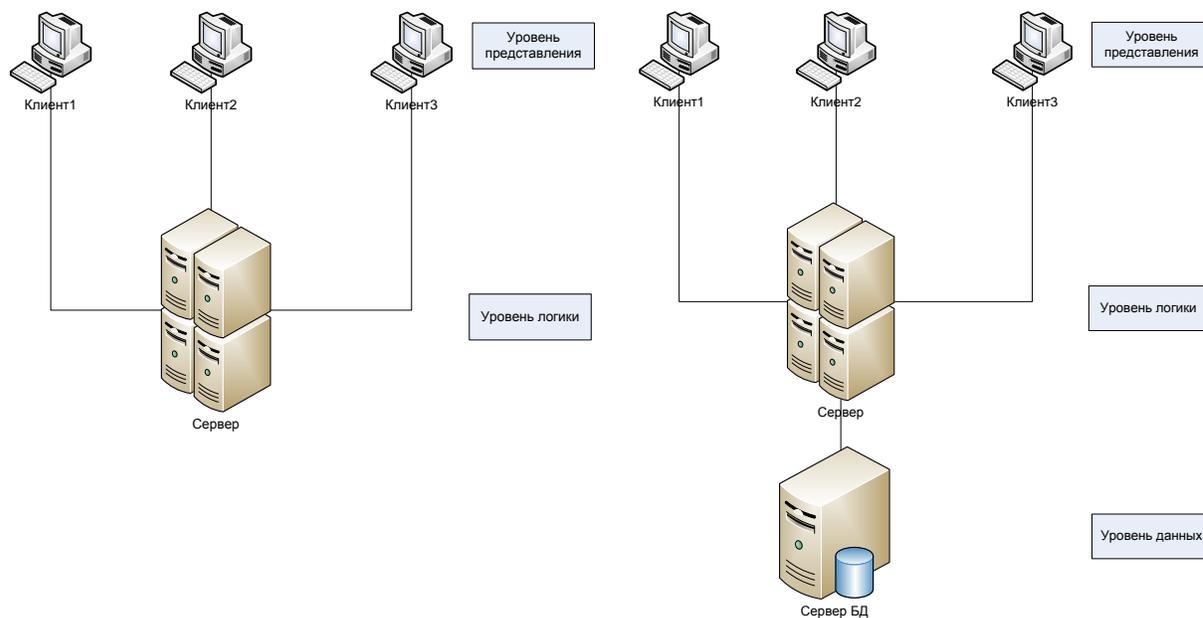
Было учтено, что на данный момент существует две основных архитектуры клиент-серверных приложений - двухуровневая и трехуровневая [9], представленные на рис. 3. В двухуровневой архитектуре система разделяется на уровень представления (интерфейс пользователя) и уровень логики (реализация основной функциональности приложения). Если часть логики перенесена на клиента, то говорят о "толстом" клиенте, в ином случае, клиент считается "тонким". Трехуровневая архитектура выделяет отдельный уровень данных. На этом уровне работает сервер БД, обычно представленный еще одним компьютером. На сервере БД хранятся данные, обрабатываемые на уровне логики.

Нами была выбрана архитектура "двухуровневый клиент-сервер с тонким клиентом". Схема данной архитектуры представлена на рис. 4 и включает в себя:

- ПК с программным обеспечением GNU Radio для взаимодействия с USRP, а также программой управления работой ионозонда, получающей команды с сервера обработок;
- сервер обработок, представляющий собой отдельный ПК с приложением, обрабатывающим запросы клиентов, выполняющим вторичную обработку ионограмм, передачу сжатого файла ионограммы, суточных ходов и других результатов обработки удаленному клиенту, и управляющим команды программе управления терминалом

ионозонда. Также, на сервере работает локальный NTP-сервер, хранятся кэшированные результаты предыдущих обработок;

- сетевую систему хранения данных (NAS), на которой хранятся файлы ионограмм;
- клиенты - на данный момент для ОС Android.



(а)

(б)

Рис. 3. Схемы клиент-серверных архитектур, (а) – двухуровневая архитектура, (б) – трехуровневая архитектура

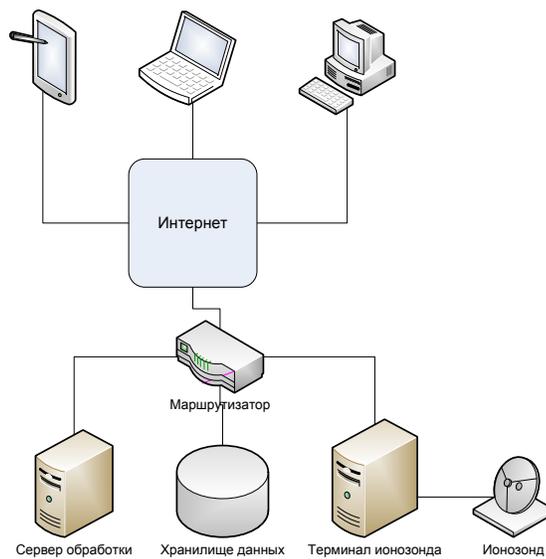


Рис. 4. Схема архитектуры мобильной системы для взаимодействия с приёмным терминалом

Терминал ионозонда, сервер обработок и хранилище данных объединены в локальную сеть посредством маршрутизатора (возможно использование коммутатора 3 уровня). Маршрутизатор настроен таким образом, что доступ извне возможен только на определенные порты сервера обработок. Сервер обработок, терминал ионозонда и клиенты взаимодействуют по реализованному нами протоколу прикладного уровня стека TCP/IP, основанному на TCP. У клиента есть три основных сценария взаимодействия с системой – управление параметрами ионозонда, запрос полученных ионограмм и запрос обработок.

При запросе на управление ионозондом сначала проверяется, имеет ли данный пользователь привилегии на управление ионозондом, и, если параметры корректны, команда передается терминалу ионозонда. При запросе ионограммы проверяется, есть ли она в наличии. Если ионограмма обнаружена, она передается клиенту, в ином случае клиенту передается сообщение об ошибке.

При запросе обработок сначала проверяется наличие обработки в кэше. Если обработка найдена, она передается клиенту. Если нет, сервер проводит вторичную обработку ионограммы, передает результат клиенту и заносит его в кэш.

Терминал ионозонда копирует полученные ионограммы в хранилище данных и добавляет запись о новой ионограмме в БД сервера обработок.

Макеты интерфейса мобильного клиента представлены на рис. 5. Здесь, а) – отображение запрошенной ионограммы с основными параметрами канала, б) – отображение суточного хода профиля общей энергии импульсной характеристики с основными параметрами канала для заданного момента времени, с) – отображение экрана управления зондированием.

Библиотека сетевого взаимодействия реализована на языке программирования Java. Ее основными особенностями являются: кроссплатформенность (ОС Android, Windows, Linux, Mac OS X); настраиваемый протокол взаимодействия; асинхронное получение, передача и обработка сообщений; шифрование канала по алгоритмам AES, DES и RSA.

С кодом библиотеки можно ознакомиться по адресу https://bitbucket.org/shalagin_ma/jfpnl

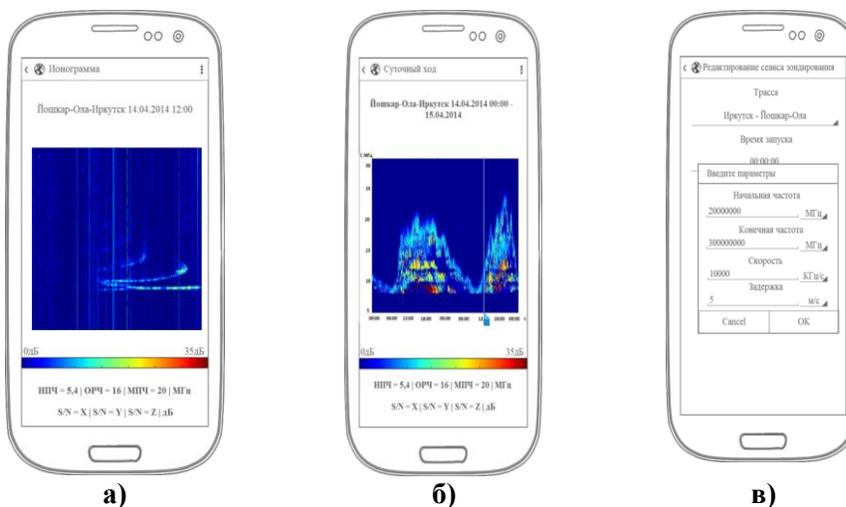


Рис. 5. Макеты интерфейса мобильного клиента, а) ионограмма наклонного зондирования, б) суточный ход энергии импульсной характеристики канала, в) – управляемые параметры ЛЧМ ионозонда

Выводы.

Представлен подход в решении задачи мобильного управления и анализа данных наклонного зондирования ионосферы и ионосферных КВ радиоканалов на сети трасс. Показаны способы реализации клиент-серверных архитектур мобильной системы для взаимодействия с приёмным терминалом, интерфейс мобильного клиента.

Литература

1. Google - Global Business Map http://ssl.gstatic.com/think/docs/global-business-map_research-studies.pdf
2. ACI Mobile Banking <http://www.aciworldwide.com/products-and-services/community-financial/self-service-banking/aci-mobile-banking.aspx>
3. <http://jre.cplire.ru/koi/may13/5/text.pdf>
4. Прокис, Дж. Цифровая связь: пер. с англ./ Дж. Прокис.; под ред. Д.Д. Кловского. М.: Радио и связь, 2000.- 800 с.
5. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. М.: Советское радио, 1970. – 728 с.
6. Иванов В.А., Куркин В.И, Носов В.Е. и др. ЛЧМ ионозонд и его применение в ионосферных исследованиях//Изв. Вузов. Радиофизика. 2003. Т.47, №11. С. 919-952.
7. Иванов, В.А. Д.В. Иванов, Н.В. Рябова Зондирование ионосферы и декаметровых каналов связи сложными радиосигналами // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2010. № 1. С. 3-37.
8. Иванов Д.В., Иванов В.А., Рябова Н.В., Елсуков А.А., Рябова М.И., Чернов А.А. SDR-ионозонд с непрерывным ЛЧМ-сигналом на платформе USRP // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2013. № 3. С. 80-94.
9. http://www.hpc-education.ru/files/lectures/radchenko/radchenko_txt03.pdf