

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-6.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/174TVN617.pdf>

Статья опубликована 07.02.2018

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Абраамян С.А. Концепция телемедицинской распределенной системы на базе мобильных устройств // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/174TVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

*Исследования проведены с использованием вычислительных ресурсов Ресурсного Центра «Вычислительный центр СПбГУ», а также частично поддержаны грантом РФФИ № N 16-07-01111*

**УДК 004.4**

**Абраамян Сурен Арменович**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Россия, Санкт-Петербург<sup>1</sup>

Аспирант

E-mail: [suro7@live.com](mailto:suro7@live.com)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6883-4058>

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=942866](http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=942866)

SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56989650700>

## **Концепция телемедицинской распределенной системы на базе мобильных устройств**

**Аннотация.** Такие заболевания как расстройство аутистического спектра, синдром Дауна, Детский церебральный паралич, приводят к нарушению речи и письма у людей. Несмотря на существующие информационно технологические решения в сфере здравоохранения, эти люди демонстрируют большие проблемы при общении. В наши дни, когда развита цифровая коммуникация и существуют разные методы (приложения, программы) обмена сообщениями на расстоянии, было бы полезно создать комплекс приложений, которой бы позволил людям с расстройствами речи и письма обмениваться такими специальными сообщениями на расстоянии.

В данной статье на основе сформулированных критерий представлен анализ существующих решений Усиливающей и альтернативной коммуникации, и предлагается концепция телемедицинской распределенной системы с использованием мобильных инфраструктур. Автор накладывает ряд исходных требований и атрибуты качества, и предлагает концепцию единой телемедицинской платформы для хранения и передачи данных и обеспечения коммуникации и мониторинга пациентов.

Описываются методы организации связи между устройствами, а также модели взаимосвязи клиент-сервер технологий. Обсуждена технический процесс разработки прототипной версия комплекса приложений, дальнейшие планы развития, а также приведены результаты проведенных тестов для целевых групп.

**Ключевые слова:** телемедицина; электронное здравоохранение; распределенные системы; мобильные инфраструктуры; пиктограммы; методы передачи данных; клиент-сервер модель; мониторинг и брейнсторминг

---

<sup>1</sup> 199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская набережная 7-9

## Введение

В настоящее время более чем два процента людей имеют связанные с трудностями речи и/или письма болезни, такие как Аутизм, синдром Дауна, ДЦП, которые приводят к ограничению их способностей нормального общения [1].

Вычислительные технологии, мобильные услуги и телекоммуникационные сети стремительно двигаются вперед, на шаг опережая другие отрасли науки, однако и в таком раскладе события люди с определенными расстройствами со здоровьем все еще имеют значительные трудности про повседневное общение.

Кроме того, мониторинг и обсуждение поведения аутистов группой врачей тоже влияет на решение коммуникационных проблем. Исследования показывают, что интенсивный мониторинг и профессиональное наблюдение резко улучшает процесс лечения, повседневную коммуникабельность и состояние детей с нарушениями речи и/или письма, в частности, с расстройствами аутистического спектра [2].

С помощью информационных и коммуникационных технологий и мобильных инфраструктур можно значительно улучшить состояние людей с ограничениями речи и письма. Такие решения лежат в основе Телемедицины [3], а в частности электронного здравоохранения – E-Health [4], которая охватывает различные службы, такие как электронные медицинские карты, системы принятий решений в клиниках, медицинские исследования с использованием гридов, управление данными в области здравоохранения и т. д. В последние годы стремительно растет популярность мобильных устройств, и использование мобильных коммуникационных систем значительно улучшит эффективность сферы электронного здравоохранения.

В данной статье рассматриваются существующие ИТ-решения, а также выдвигается концепция для телемедицинской распределенной системы на базе мобильных устройств. На основе предложенной концепции разработан и протестирован на целевой аудитории программный прототип, которая улучшает коммуникационные способности больных.

## Методы усиления коммуникаций с больными

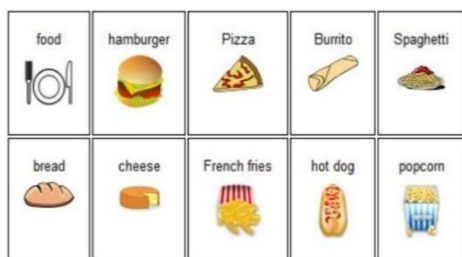
Люди с аутизмом или с другими формами речевых расстройств часто демонстрируют значительные проблемы в области повседневного общения и социального взаимодействия.

Усиливающая и альтернативная коммуникация (ААС, Augmentative and Alternative Communication – англ.) включает все формы коммуникации (кроме устной речи), которые используются для выражения мыслей, потребностей, желаний и идей [5]. Поскольку дети-аутисты иногда прибегают к сложным формам поведения для удовлетворения своих потребностей и выражения своих чувств, использование ААС-устройств может предоставляться как основное средство для социальных и коммуникативных взаимодействий с собеседником. ААС включает в себя язык жестов, знаки, фотографии, картинки, объекты или видео, письменную речь компьютеры, планшеты, мобильные телефоны или другие электронные устройства. Согласно исследованию Алана Ньюэлла, системы коммуникаций и информационных технологий обладают большим потенциалом для повышения качества жизни людей с когнитивными нарушениями, помогая поддерживать их интеллектуальную и физическую активность и предоставляя средства связи, которые сокращают социальную изоляцию [6].

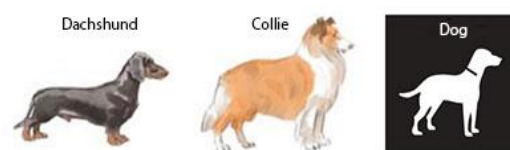
В мировой практике для коммуникации в быту и в учебных целях для детей (людей) с такими расстройствами широко используются так называемые карточки-пиктограммы (рис. 1). Такие карточки помогают одолеть трудности общения и могут обозначать предметы, действия, признаки предметов, а также слова, необходимые в разговоре. Доказано, что такие люди

воспринимают информацию этих карточек намного лучше, чем устную или письменную речь. Поскольку большинство аутистов не владеют свободному печатанию на электронных устройствах, но все же могут ими пользоваться, простейшим решением для выражения чувств на расстоянии были выбраны пиктограммы стандарта PECS – Picture Exchange Communication System. PECS – это метод, которая позволяет быстро приобрести базисные функциональные навыки коммуникации, быстрее обучить ребенка проявлять инициативу и спонтанно произносить слова, чем с помощью обучения наименований предметов, вокальной имитации, или усиления взгляда [7].

Дети-аутисты очень раздражительны и слишком много внимания уделяют второстепенным аспектам изображения помимо основного охвата информации. Атрибуты, такие как цвет, вид, форма и т. д. привлекают слишком много внимания, и дети проводят много времени выбирая подходящий образ, чтобы выразить свои чувства и мысли. Вот почему красочные изображения должны быть заменены пиктограммами, которые проще и понятнее для людей, страдающих аутизмом (рис. 2). Широко известно, что такие люди воспринимают пиктограммные карточки лучше, чем устную или письменную речь [8].



**Рисунок 1.** Примеры пиктограмм<sup>2</sup>



**Рисунок 2.** Репрезентация собаки в разных пиктограммах<sup>3</sup>

В ходе наблюдений было выявлено, что умеренный мониторинг и наблюдения в процессе лечения у детей с расстройствами аутистического характера способствует к поправлению их здоровья [2].

Преимущества дистанционного общения с использованием мобильных устройств между пациентом и врачом добавит дополнительные возможности во время мониторинга [9].

Предполагается, что использование коммуникационных программ для брейнсторминга между врачами обеспечит передачу, хранение данных и дистанционное общение [10].

Помимо мониторинга, дети должны быть и под родительским контролем. При необходимости родители с помощью геолокационных данных, отправленных с мобильных устройств, могут в реальном времени следить за продвижением детей, а они, в свою очередь, в экстренных случаях могут отправить сигнал и моментально сообщить о чрезвычайной ситуации.

### Критерии выбора и сравнение существующих решений

Для анализа существующих мобильных ААС решений был сформулирован выбор критерий:

1. Совместимость мобильных устройств.

<sup>2</sup> URL: <http://adelolaonautism.blogspot.ru/2015/02/>.

<sup>3</sup> URL: <http://sezamapp.ru/>.

2. Мгновенные сообщения.
3. Синтезатор речи.
4. Доступное количество пиктограмм.
5. Русская локализация.
6. Мониторинг/контроль со стороны родителей/врачей.

На основе критерий, осуществлен сравнительный анализ ПО (табл. 1).

**Таблица 1**

**Сравнительная таблица существующих ААС-решений**

	Мобильное приложение	Мгновенные сообщения	Синтезатор речи	Кол-во пиктограмм	Русский язык	Родительский контроль
Пойми меня <sup>4</sup>	+	-	+	450	+	-
Avaz <sup>5</sup>	+	-	+	15000	-	+
Lango <sup>6</sup>	--	+	-	300	-	-
SymbolChat [11]	-	+	+	2000	-	-
Ola Mundo <sup>7</sup>	+	+	+	500	-	+

*Составлена автором*

Так как не существует единого решения, которая поддерживает все функциональные аспекты желаемого ААС-решения, ставится вопрос о **выдвижении концепции** телемедицинской системы людей с ограничениями речи и письма.

**Атрибуты качества и исходные требования к концепции**

Выше обсуждаемые критерии являются функциональными аспектами желаемого решения с поддержкой ААС. С другой стороны, для удовлетворения таких функциональных возможностей техническая сторона решения должна поддерживать несколько атрибутов качества:

- Доступность – удаленная связь вне зависимости от времени/места.
- Производительность – поддержка сетевых и накопительных функций без прерываний и задержек.
- Надежность – любые данные или действия согласованы и хранятся в безопасности.
- Гибкость – связь должна быть установлена независимо от устройства пользователя и типа ОС.
- Достижимость – к тем же данным можно получить доступ как от стороны детей, так и от родителей/врачей.

Накладывается ряд исходных требований к выдвигаемой концепции:

---

<sup>4</sup> URL: <http://understandme.su/>.

<sup>5</sup> URL: <http://www.avazapp.com>.

<sup>6</sup> URL: <https://en.uptodown.com/android/search/zlango-messaging>.

<sup>7</sup> URL: <https://www.olamundo.com/>.

- Передача и хранения данных в частной мобильной сети и обеспечение связи до 100 участниками без доступа к Интернету и с минимальными затратами на сетевые устройства.
- Удаленный обмен специальными сообщениями независимо от времени и местоположения пользователя.
- Существование мобильного серверного устройства для обеспечения взаимосвязи участников и хранения данных, предоставления API с серверного устройства для обеспечения легкой связи с ним.
- Возможность организации виртуального консилиума врачей независимо местоположения группы в автономном режиме.
- Возможность умеренного контроля поведения больных детей как со стороны врачей, так и родителей.
- Возможность отправки данных на стационарный сервер для дальнейшего хранения при соединении к сети Интернет.

### **Выдвигаемая концепция**

Подводя итог, предлагается концепция единой телемедицинской платформы для хранения и передачи данных и обеспечения коммуникации и мониторинга пациентов, которая будет поддерживать функциональные аспекты нашего желаемого ААС-решения и отвечать техническим характеристикам качества.

Основой выдвигаемой концепции является модель и метод «клиент-сервер». Модель и метод клиент-сервер представляет собой распределенную структуру приложения, которая разделяет задачи или нагрузки между поставщиками ресурса или службы, называемыми серверами и потребителями тех же ресурсов – называемыми клиентами. Клиент-сервер – это не только архитектура, это парадигма, пришедшая на смену устаревшим концепциям.

Все данные должны быть сохранены на мобильных устройствах, так как стоит задача создания системы, которая должна работать и автономно без дополнительных устройств и хранилищ. Для удобства общения между собой должен быть предоставлен API. Это может предоставить сервер, но поскольку в сети нету других машин кроме мобильных устройств, то сервером тоже должно являться мобильное устройство. Серверное устройство должно иметь возможность отправить данные на стационарный сервер для длительного хранения при подключении сети Интернет. Так как для работы не будет требоваться никакие дополнительные сетевые устройства, то его можно использовать в местах, где отсутствует какая-либо сетевая инфраструктура, или даже нету электричества. В таком раскладе дел его можно использовать, например, для организации виртуального консилиума врачей в местности где отсутствует инфраструктура любого типа.

Клиент-сервер архитектура является основой для различных типов телемедицинских систем [12, 13]. Централизованный сервер приложений должен организовывать аутентификацию пользователей, обрабатывать запросы, поступающие от пользователей, сеансы журнала, отправлять запросы в соответствующие базы данных и возвращать данные пользователям. Для более общего использования и поддержки различных типов клиентов должно предоставляться унифицированный API для внешних соединений.

В процессе исследования были исследованы несколько протоколов и стилей взаимодействия для генерации ответа от сервера и методы взаимосвязи клиент-сервер технологий.

Были выявлены проблемы связи в режиме реального времени в Pull-технологиях [14]. Pull технология-это стиль сетевого общения, где первоначальный запрос для данных исходит от клиента, а затем идет ответ от сервера.

Технология **Push** или сервер-push – это тип интернет-коммуникаций, когда запрос для данной транзакции инициируется издателем или центральным сервером<sup>8</sup>. Он противопоставляется технологией Pull, когда запрос на передачу информации инициируется получателем или клиентом. Push услуги часто основаны на заранее выраженных информационных предпочтениях – модель публикаций/подписки. Клиент «подписывается» на различные «каналы» информации, предоставляемые сервером; Всякий раз, когда новый контент доступен по одному из этих каналов, сервер выталкивает эту информацию клиенту. Push иногда эмулируется методом опроса, особенно в ситуациях, когда реальное проталкивание невозможно, например, сайты с политиками безопасности, которые требуют отклонения входящих HTTP/HTTPS-запросов. Обычно веб-сервер не завершает соединение после того, как данные ответа были отправлены клиенту. Веб-сервер оставляет соединение открытым, чтобы при возникновении какого-либо события оно немедленно отправлялось.

**Comet** – это не технология, а только модель, которая использует протокол HTTP и пытается скрыть ограничения из-за своей неспособности начать коммуникацию на стороне сервера отправив запрос клиенту. Comet – это модель веб-приложения, в которой давний HTTP-запрос позволяет веб-серверу выталкивать данные в браузер, без их явного запрашивания браузером. Подход Comet отличается от оригинальной модели сети, в которой браузер запрашивает полную веб-страницу за раз. При Comet подходе сервер может немедленно отправить данные клиенту так называемым методом длительного опроса (long-polling – англ.). Клиент опрашивает данные с сервера, отправив запрос, который остается открытым в течение длительного времени, пока данные не будут доступны для отправки клиенту сразу. На первый взгляд эта техника выглядит хорошо, но этот подход тоже имеет свои минусы [15].

Существует еще одно эффективное решение для достижения поведения реальном времени в веб-приложениях – WebSocket, которая не имеет отношения с HTTP [16]. HTTP-сервер только интерпретирует рукопожатие WebSocket как HTTP-запрос обновления. Хотя HTTP обычно использует TCP, WebSocket основан на TCP. Для HTTP соединения TCP обычно закрывается после каждой фазы запроса-ответа. В отличие от этого соединение WebSocket запускается клиентом путем отправки запроса соединения на сервер и после установления связи TCP-соединение никогда не закрывается. Пока соединение остается открытым, клиент и сервер могут отправлять данные взаимно. Также WebSockets поддерживают полный дуплекс, что позволяет передавать данные в обоих направлениях одновременно, подобно TCP. Чтобы сэкономить ресурсы на стороне сервера, WebSocket использует асинхронную обработку и нет необходимости сохранять поток на каждое клиентское соединение на стороне сервера. Существует много технологий и библиотек, поддерживающих его.

Вышеуказанные технологии являются основными методы передачи данных в модели клиент-сервер и каждый из них имеет те или иные недостатки и преимущества над другими. Главное преимущество серверной части WebSockets заключается в том, что это не HTTP-запрос (после рукопожатия), а надлежащий коммуникационный протокол на основе сообщений. Это позволяет достичь огромной производительности и преимуществ архитектуры. Другим

---

<sup>8</sup> URL: <http://www.webreference.com/programming/javascript/rg28/index.html>.

преимуществом WebSockets над Long Polling заключается в исключении дополнительного размера заголовков и открытия и закрытия сокетного соединения для запроса. В WebSockets реализована кадрирование данных, который включает маскировку для каждого сообщения, отправленного от клиента на сервер, поэтому данные просто зашифрованы.

Для организации предложенной концепции должно быть выбрано серверное ПО, которое может работать в мобильной среде. Встроенный HTTP-сервер является компонентом программной системы, которая реализует протокол HTTP. Примерами использования являются разработка веб-приложения, предоставление легкого клиентского интерфейса для обычных приложений, обеспечения индексации, отчетности, а также инструментов отладки на стадии разработки, реализации протокола для распространения и сбора информации, которая будет отображаться в клиентском интерфейсе – возможность использование XML, JSON и других стандартов в качестве формата для передачи данных. Рассматривалось применимость ряда существующих внедренных серверных программ и организован сравнительный анализ внедренных мобильных HTTP серверов. В конечном итоге выбор останавливается на NanoHTTPD [17]. NanoHTTPD<sup>9</sup> – это веб-сервер с открытым исходным кодом и небольшим размером, и выпущенный под лицензией Modified BSD, который подходит для внедрения в мобильных приложениях, написанных на языке программирования Java. Исходный код состоит из одного файла. Его можно использовать в качестве компонента библиотеки при разработке другого программного обеспечения (например, измерительных, научных, работающие с базами данных приложений) или автономного ad-hoc HTTP сервера, работающий с файлами. Текущая версия включает поддержку Websocket и HTTPS.

Рассматривались ряд существующих на сегодняшний день методов хранения данных на мобильных устройствах – Общие настройки, Внутреннее хранилище, Внешнее хранилище, База данных SQLite<sup>10</sup> и Объектно-Реляционное Отображение [18].

Так как на сервере приложений поступают гетерогенные данные от разных источников, было поставлено требование хранения разнородных данных для телемедицинской системы. В контексте специфики разработки надо отметить важность эффективного хранения гетерогенных данных, получаемых из разных источников, а также их доступность и передача.

С учетом вышеизложенного, предлагаемая концепция выглядит как на рис. 3.

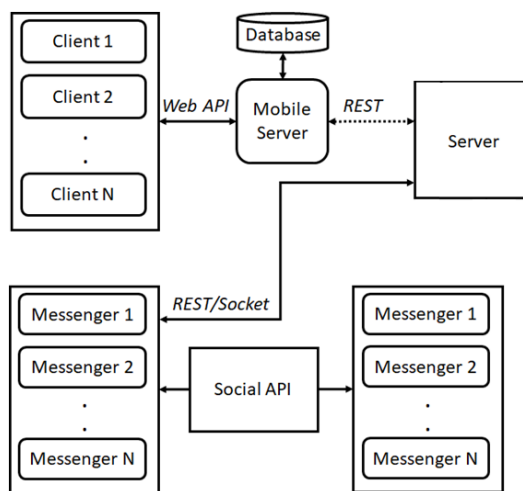


Рисунок 3. Концептуальная Схема системы (составлен автором)

<sup>9</sup> URL: <https://github.com/NanoHttpd/nanohttpd>.

<sup>10</sup> URL: <https://sqlite.org/>.

Она состоит из трех отдельных, но тесно связанных программных компонентов.

1. Клиентское мобильное приложение для обменивания специальными сообщениями как между больными, так и между пациентом-врачом/пациентом-родителем. Геоолокоционные данные отправляются с этой программы для «умеренного» мониторинга. Дистанционная связь для общения может быть предусмотрен путем использования социального VK API.

2. Мобильный сервер для организации брейнсторминга в группе врачей [19]. Возможна работа как в подключенном к Интернету режиме, так и во время автономной работы группы. В таком случае никакие дополнительные сетевые устройства не требуются – связь устанавливается через внедренный Ad-hoc элемент устройства. Данные с клиентских приложений загружаются в устройство с мобильным сервером для дальнейшей выгрузки в облако при наличии подключения к Интернету.

3. Сервер для хранения и передачи пользовательских данных, сообщений, а также результатов брейнстормингов и т. п.

### Создание Мобильных приложений

На основе предложенной концепции был разработан комплекс прототипных программ для обмена сообщениями, который инкапсулирует в одно портативное решение такие инструменты и методы, как обмен сообщениями, генерация идей, голосование, анализ, хранение данных и мобильность. Комплекс используется ещё как инструмент для виртуальных консилиумов, принятия решения и мониторинга со стороны врачей для больных, независимо от местоположения. Приложения были написаны с использованием гибридной модели создания приложений. В качестве платформы для клиентского мобильного приложения, работающий под ОС Android<sup>11</sup>, был выбран Apache Cordova<sup>12</sup> с HTML5/JavaScript веб компонентами, которая обеспечивает гибкость программирования и в то же время доступ к корневым функциям устройства. Это достигается путем обертывания веб-приложения в исходный контейнер, который обеспечивает доступ к коренным функциям устройства и аппаратных средств. В прототипных приложениях предоставляется возможность как отправки текстового сообщения, так и файловых данных. Был создан Bridge плагин для асинхронной передачи информации между NanoHTTPD сервером и JS сторонами в мобильной серверной программы для врачей. Для хранения данных были использованы мобильное реляционное хранилище SQLite и Внутреннее файловое хранилище.

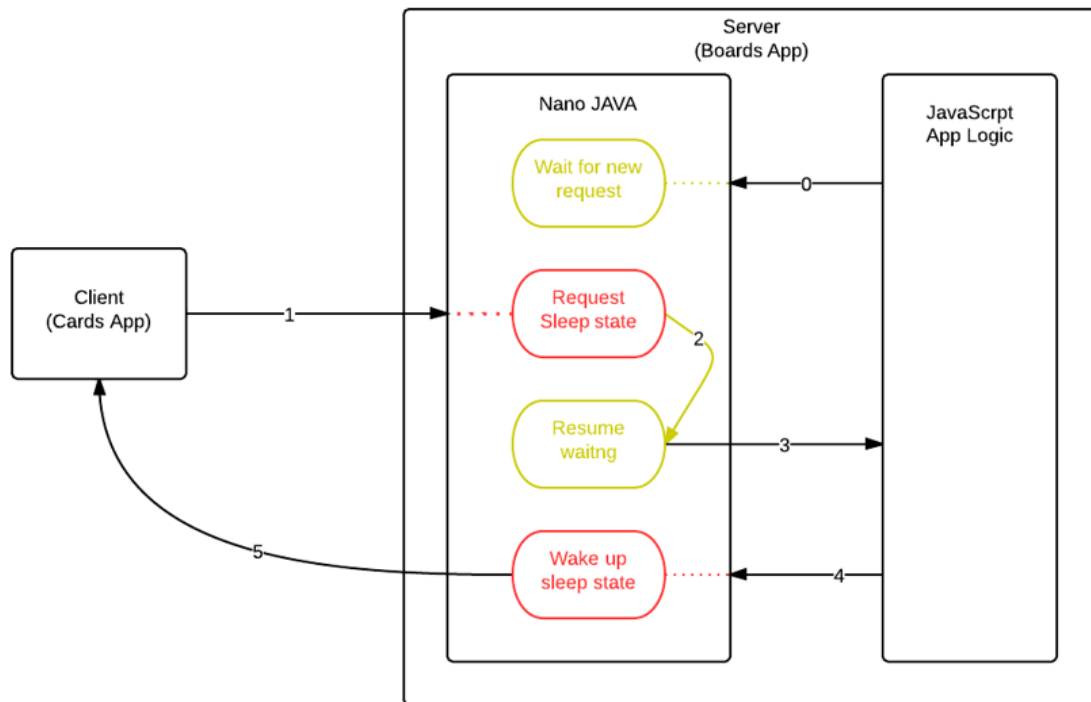
Для обмена информацией между клиентским и серверными приложениями был реализован слой, который получает запросы и обрабатывает их с применением многопоточности. Для каждого запроса, исходящего от любого клиента, сервер NanoHTTPD создает поток (так называемый Демон поток). Основная идея состоит в том, чтобы сохранить этот поток в состоянии ожидания, пока обработка запроса не будет выполнена (получение необходимых данных, отправка его в JavaScript, получение ответа от JavaScript, отправка его клиенту). Сервер разработан так, чтобы обеспечить данное поведение, и предоставил клиентам API для проведения соответствующих действий (рис. 4). Существует два типа запросов для серверного приложения, которые определяют его поведение: запросы «обновления» и простые (или «отправления») запросы. В данном механизме связи Java и JavaScript частей сервера работает модель publish-subscribe, и в качестве подписчика работает JavaScript сторона, а Java

<sup>11</sup> URL: <https://www.android.com/>.

<sup>12</sup> URL: <https://cordova.apache.org/>.



сторона является издателем. На рис. 4 отображена пошаговая схема работы системы при запросе от клиента.



**Рисунок 4.** Пошаговая схема работы системы (составлен автором)

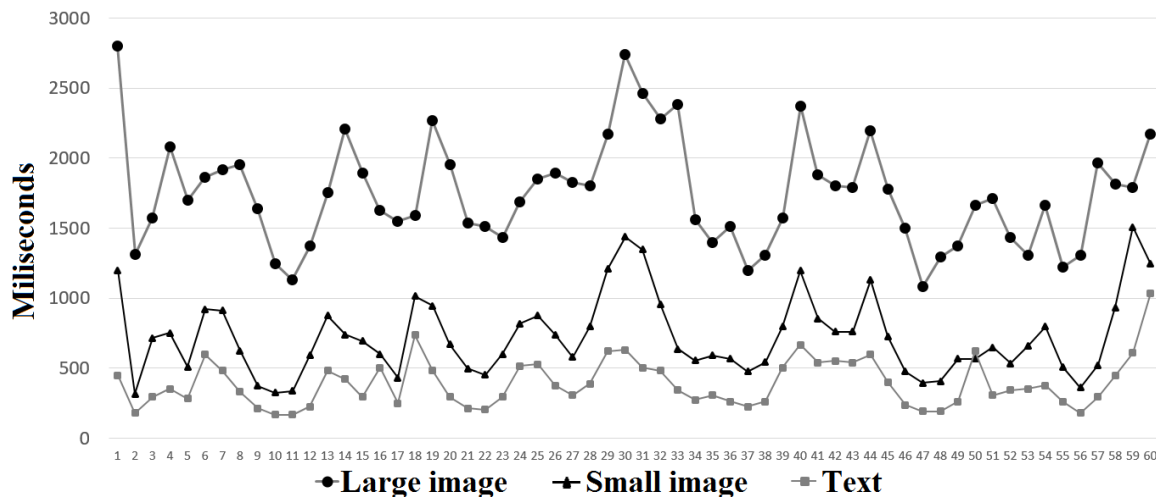
1. JavaScript сторона подписывается на новое действие.
2. Отправка запроса от клиента (Daemon поток входит в спящий режим до получения ответа от JavaScript стороны).
3. Издание со стороны Daemon потока (ожидаящий поток Cordova начинает действовать).
4. Передача данных в JavaScript сторону.
5. После обработки полученных данных ответ от JavaScript стороны (в результате чего спящий Daemon поток).
6. Отправка HTTP ответа клиенту.

### Тестирование приложений

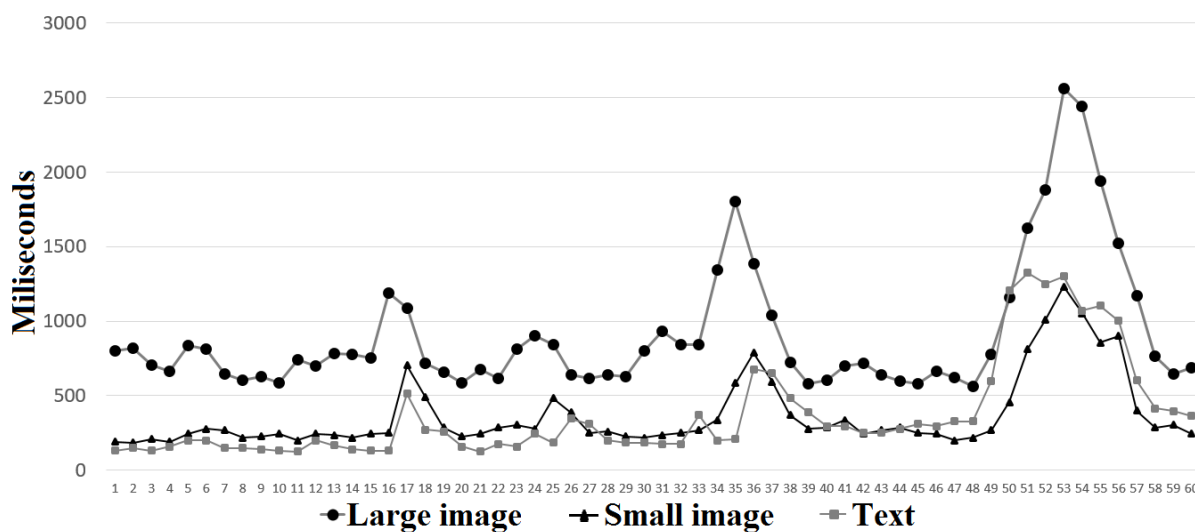
Было произведено тестирование производительности приложений в строгих условиях с 100 клиентами в симулированной сети из 100 различных устройств с помощью программного средства Apache jMeter<sup>13</sup>. Реалистичные сценарии приложения были протестированы: в течении минуты каждый пользователь отправляет 1 текстовое сообщение (137 байт) каждые 10 секунд, картину с низким разрешением (100 КБ) каждые 30 секунд и изображение с высоким разрешением (1 МБ) каждые 60 секунд. Среднее время для одного пакета (время запроса + время ответа) при использовании устройства OnePlus One в качестве сервера заняло 457 мс. Тесты были выполнены в двух разных условиях: при подключении через WiFi сеть роутера и,

<sup>13</sup> URL: <http://jmeter.apache.org/>.

второе, через прямое ad-нос-соединения устройства, где установлено мобильное серверное приложение. В первом случае имеем график, представленный на рис. 5.



**Рисунок 5.** *Время отправки-получения для разных типов запросов при использовании WiFi-маршрутизатора (составлен автором)*



**Рисунок 6.** *Время отправки-получения для разных типов запросов при использовании ad-нос соединения (составлен автором)*

Среднее время для образцов (время запроса + ответа) составило 616 мс. С другой стороны, обходя дополнительный модуль WiFi и используя только ad-нос сеть планшета, мы получили следующие результаты (рис. 6). Среднее время при данном режиме составило 420 мс, что гораздо ниже, чем в предыдущем случае.

### Внедрение программы для целевой аудитории

Для оценки эффективности и удобства программы-коммуникатора решилось проводить тесты для целевых групп. Тестирование проводилось на базе некоммерческого образовательного учреждения для детей с особенностями развития. В ней приняли участие 36 детей от 5 до 18 лет. Из них: 8 человека – РДА (Ранний детский аутизм), 28 детей со сложной структурой дефекта (двигательные нарушения, органические поражения ГМ, вторичный аутизм). У шестерых – дополнительные нарушения зрения.

Детям с помощью программы предлагалось ответить на следующие вопросы:

1. Хочешь конфету? (вопрос, подразумевающий ответы ДА и НЕТ).
2. Чем ты хочешь заняться сейчас? (вопрос, подразумевающий выбор из нескольких действий).
3. Что ты делал вчера? (вопрос, подразумевающий выбор из нескольких действий, но дающий дополнительную возможность составить развернутое предложение).
4. Оцени свое состояние? (подразумекает выбор ответа из группы «эмоции» или «прилагательные»).

Результаты тестирования:

1. Справились все.
2. Справились все, за исключением 1 ребенка, еще не очень хорошо знакомого с данной пиктографической системой.
3. Справилось 28 человек. С 8 из них удалось наладить развернутый диалог в рамках предложенной программы. Отметим, что эти дети являются опытными пользователями гаджетов и конкретной пиктографической системы. Именно эти дети потом попросили установить программу на свои планшеты.
4. Справились без помощи – 8, справились с минимальной помощью – 12, не справились – 16 (в основном, обусловлено недостаточным пониманием эмоций как таковых или недостаточным знакомством с конкретной пиктографической системой).

Как показывает тестирование, при должном уровне владения пиктографическими знаками, работа с программой идет очень хорошо даже у детей с тяжелой аутизацией. Гаджет как посредник значительно облегчает коммуникацию и дает дополнительную возможность общаться с человеком «из другой комнаты», что не только расширяет возможности общения, но и делает его значительно «спокойнее» и «безопаснее» с точки зрения самого ребенка, поскольку не подразумевает дополнительного контакта. Это главный и безусловный плюс программы.

В дополнение, 34 человек из 36 по окончании тестирования выразили желание продолжить общение.

### **Заключение и планы развития**

В рамках работы предложена концепция и создана частная сеть, позволяющая согласовать работу между разными мобильными приложениями и сервером. Создана мобильная клиентская программа для обменивания специальными сообщениями, с использованием нового подхода передачи данных для больших мобильных групп без применения дополнительных сетевых устройств. Также разработана тестовая версия программы для организации виртуальных консилиумов и брейнсторминга между врачами, с помощью которого врачи могут дистанционно изучить данные пациентов, а также в полевых условиях при автономном режиме. Проведена экспериментальная оценка эффективности разработанных решений, апробация и анализ результатов, а также практическое внедрение реализуемого ПО. Целесообразность использования данных программ обусловлена положительными результатами тестирований в целевой группе.

В дальнейших планах входит создание версии приложения для других основных мобильных операционных систем, добавления функций синтезатора речи с коррекцией окончаний при наборе графических и комбинированных сообщений, пополнение списка

пиктограмм новыми образцами из существующей базы, озвучку для самопроверки, перевод на другие языки для общения между людьми, которые не знают язык собеседника и т. д.

В рамках работы было зарегистрировано свидетельство о государственной регистрации программ ЭВМ [20].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Christensen D. L., Baio J., Braun K. V., et al. Prevalence and Characteristics of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years – Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2012. *MMWR Surveill Summ* 2016; 65 (No. SS-3) (No. SS-3): 1-23. DOI: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.ss6503a1>.
2. Eikeseth S., Hayward D., Gale C., Gitlesen J. P., & Eldevik: SIntensity of supervision and outcome for preschool aged children receiving early and intensive behavioral interventions: A preliminary study. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 3, pp. 67-73, (2009).
3. Sanjay Sood, Victor Mbarika, Shakhina Jugoo, Reena Dookhy, Charles R. Doarn, Nupur Prakash, and Ronald C. Merrell. *Telemedicine and e-Health*. November 2007, 13(5): 573-590. <https://doi.org/10.1089/tmj.2006.0073>.
4. Кобринский, Б. Единое информационное пространство: E-HEALTH и MHEALTH / Б. А. Кобринский // *Врач и информационные технологии*. – 2016. – № 4. – С. 57-66.
5. American Speech-Language-Hearing Association. *Augmentative and alternative communication: Knowledge and skills for service delivery*. The ASHA Leader, 7(Suppl. 22), pp. 97-106 (2002).
6. Newell, A. F., Carmichael, A., Gregor, P., Alm, N.: *Information technology for cognitive support*. In: Jacko, Julie A., Sears, Andrew (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook*. L. Erlbaum Associates Inc., Hillsdale, NJ, USA, pp. 464-481, (2002).
7. Фрост Л., Бонди Э. «Система альтернативной коммуникации с помощью карточек (PECS)». М.: Теревинф, 2011.
8. Falck K. *The Practical Application of Pictogram*. Specialpedagogiska institutet och Kerstin Falck. Lycksele. 2001.
9. Balyan S., Abrahamyan S., Ter-Minasyan H., Waizenauer A., Korkhov V.: *Distributed Collaboration Based on Mobile Infrastructure*. In: Gervasi O. et al. (eds) *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2015. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9158, pp. 354-368, Springer, Cham (2015).
10. Balyan S., Abrahamyan S., Korkhov V., Ter-Minasyan H., Waizenauer A.: *Teambrainer: Network-based collaborative mobile system: High Performance Computing & Simulation (HPCS)*, 2016 International Conference, Innsbruck, Austria, DOI: 10.1109/HPCSim.2016.7568447, pp. 1009-1012, IEEE (2016).
11. Keskinen T., Heimonen T., Turunen M., Rajaniemi J. P., Kauppinen S.: *SymbolChat: Picture-Based Communication Platform for Users with Intellectual Disabilities*. In: Miesenberger K., Karshmer A., Penaz P., Zagler W. (eds) *Computers Helping People*

- with Special Needs. ICCHP 2012. Lecture Notes in Computer Science, vol 7383. Springer, Berlin, Heidelberg, (2012).
12. Chuan Jun Su, Mobile multi-agent based, distributed information platform (MADIP) for wide-area e-health monitoring, Computers in Industry, Volume 59, Issue 1, 2008, Pages 55-68, ISSN 0166-3615.
  13. Гуськов В., Гушанский Д., Кулабухова Н., Абраамян С., Балян С., Дегтярев А., Богданов А. Интерактивный инструментарий для распределенных телемедицинских систем // Компьютерные исследования и моделирование, Т. 7, № 3, 2015. С. 521-527.
  14. Engin Bozdag; Ali Mesbah; Arie van Deursen. A Comparison of Push and Pull Techniques for AJAX, 2007 9th IEEE International Workshop on Web Site Evolution, IEEE.
  15. Crane, Dave; McCarthy, Phil (October 13, 2008). Comet and Reverse Ajax: The Next-Generation Ajax 2.0. Apress. ISBN 978-1-59059-998-3.
  16. P. Lubbers and F. Greco. HTML5 WebSockets: A Quantum Leap in Scalability for the Web. SOA World Magazine (2010).
  17. Suren Abrahamyan, Serob Balyan, Avetik Muradov, Vladimir Korkhov, Anna Moskvicheva, and Oleg Jakushkin Development of M-Health software for people with disabilities // Lecture Notes in Computer Science, 2016. – Vol. 9787, – P. 468-479.
  18. H. Kim, N. Agrawal, and C. Ungureanu. Revisiting Storage for Smartphones. In Proc. of the 10th USENIX Conference on File and Storage Technologies, San Jose, CA, USA, February, 2012.
  19. Абраамян С. А., Балян С. Г., Мурадов А. Г. Программное обеспечение совместного принятия решений на основе мобильных инфраструктур // Процессы управления и устойчивость, 2015. – Т. 2, – № 18. – С. 333-339.
  20. Дегтярев А. Б., Балян С. Г., Абраамян С. А. «Программа альтернативной коммуникации оперативного обмена сообщениями для людей с нарушениями речи или письма» (Sezam). Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2015619237, 20 сентября 2015 г.

**Abrahamyan Suren Armenovich**

Saint Petersburg state university, Russia, Saint Petersburg

E-mail: suro7@live.com

## **A concept of a telemedicine distributed system based on mobile devices**

**Abstract.** Diseases like Autism spectrum, Down's syndrome, Children's cerebral palsy, lead to speech and writing disorder for people. Despite existence of information technology solutions in healthcare, these people demonstrate major problems in communication. Nowadays, when digital communication is developed and there are different methods (applications, programs) of remote messaging, it would be useful to create a set of applications that would allow people with speech and writing disorders to exchange with special messages at a distance. In this article, the analysis of the existing solutions of Augmentative and Alternative Communication based on the formulated criterias presented and the concept of a telemedical distributed system with use of mobile infrastructures proposed. The author imposes a number of initial requirements and quality attributes, and puts forward the concept of a unified telemedical platform for storing and transmitting data and providing communication and patient monitoring.

Methods of communication organization between devices, as well as models of the relationship between the client-server technologies, are described. The technical process of developing a prototype version of the application system, further development plans, and tests results for target groups are discussed.

**Keywords:** telemedicine; e-health; distributed systems; mobile infrastructures; pictograms; data transmission methods; client-server model; monitoring and brainstorming