

## МУЛЬТИАГЕНТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ РЕМОНТНЫХ БРИГАД

А.Р. Диязитдинова<sup>1</sup>, А.В. Ивашенко<sup>2</sup>, С.С. Кожевников<sup>1</sup>, В.Б. Ларюхин<sup>1</sup>,  
Д.С. Очков<sup>1</sup>, П.О. Скобелев<sup>2</sup>, А.В. Царев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НПК «Генезис знаний»  
443080, Самара, ул. Санфириковой, 95 «А», Россия  
ivashenko@smartsolutions-123.ru  
тел/факс: +7 (846) 222-91-72, 222-91-73

<sup>2</sup>Институт проблем управления сложными системами РАН  
443020, Самара, ул. Садовая, 61, Россия  
csemp@iccs.ru  
тел/факс: +7 (846) 333-27-70

*Ключевые слова:* мобильная бригада, управление ресурсами, мультиагентная технология, аварийно-диспетчерская служба

### Abstract

This article describes an application of multi-agent technology to adaptive scheduling of mobile teams that need to interact via mobile devices in a distributed network while solving every-day service requests to repair gas transportation system.

### Введение

В настоящее время в аварийных службах различного назначения крайне актуальной является задача организации эффективной работы единого диспетчерского центра для управления исполнением заявок на проведение ремонтных работ на различных объектах. В терминологии западных компаний даже существует термин Mobile Resource Management (MRM), отражающий направление и проблематику данной области. Мобильное управление ресурсами, или MRM, – это термин, используемый для описания набора технологий, оборудования, программного обеспечения и услуг, предоставляющих решения для любого предприятия, управляющего мобильными ресурсами. MRM как бизнес-решение призвано повысить производительность, сократить расходы, повысить эффективность и может предоставить конкурентное преимущество в широком спектре различных отраслей.

При решении задачи управления мобильными ресурсами необходимо обеспечить:

- выполнение нормативных требований по времени реакции на поступление заявок (вызовов);
- контроль деятельности аварийных бригад со стороны диспетчера и руководства службы;
- повышение эффективности обработки заявок бригадами и использование самых современных подходов к организации деятельности службы.

Сама задача управления мобильными ресурсами должна включать в себя, помимо функций слежения за флотом в режиме реального времени и ведения статистики по показателям деятельности (например, расход топлива), инструмент планирования и распределения заказов по мобильным бригадам, учитывающий различные критерии эффективности (такие как, загруженность бригады, сложность заявки, срочность исполнения и т.п.).

Сложность данной работы заключается в необходимости координирования ремонтных бригад, учете специфики каждой бригады, учете маршрутно-транспортной ситуации при на-

значении бригады на аварийный объект, учете большого количества аварийных заявок имеющих разные критерии и приоритеты исполнения.

Все вышеперечисленные особенности накладывают дополнительные ограничения и требуют использования специального инструментария. В качестве возможного механизма может быть применена мультиагентная технология, позволяющая учитывать как специфику процесса планирования заявок, так и повысить эффективность работы диспетчерской за счет внесения элементов самоорганизации.

В статье рассматривается мультиагентное решение для управления ресурсами на примере автоматизированной диспетчерской ремонтных бригад. Приводится общее описание работы системы, дается описание архитектуры разработанного решения, а также рассматривается пользовательский интерфейс.

## 1 Постановка задачи

Под мобильной бригадой в данной статье будем понимать любой мобильный ресурс, способный выполнять определенные задачи, в частности: мобильные бригады ремонтных служб (Горгаз, Водоканал, дорожные службы и др.), мобильные бригады службы скорой помощи, полиции, мобильные бригады доставки товара и другие. Мобильная бригада обладает свойством автономности, может выполнять определенный род и виды работ, конкурирует с другими бригадами за выполнение заявки. Успешное функционирование бригады определяется её мобильностью, быстрым реагированием на ситуации различной сложности, полной технической оснащённостью, наличием средств связи.

В управлении мобильными ресурсами можно выделить ряд аспектов, которые показывают специфику данной области и каждый из которых, по сути, представляет собой отдельную задачу:

- для слаженной работы мобильных бригад необходима диспетчеризация;
- формирование плана выполнения заявок и его оптимизация (с учетом многокритериальности);
- организация связи и интерактивного взаимодействия с бригадами (определение местонахождения в режиме реального времени, специализация бригады);
- неравномерность поступления событий (новые заявки, поломка и выход из строя ресурсов) и т.п.

В настоящее время в большинстве случаев планирование мобильных ресурсов, параллельно с функцией мониторинга, осуществляется диспетчерами в ручном режиме, что не позволяет наладить эффективную работу, а при увеличении числа заявок и критериев планирования требует значительных трудозатрат.

Таким образом, возникает нетривиальная задача по созданию комплексного решения для управления пространственно распределенными ресурсами в реальном времени. В подобных условиях использование «академических» методов и приемов при планировании зачастую оказывается весьма «тяжеловесным» способом. Для решения поставленной задачи предлагается использование мультиагентной технологии.

При этом предполагается, что автоматизируемая система берет на себя «рекомендательные» функции, предоставляя возможные варианты построения плана диспетчеру и оставляя за ним право окончательного принятия решений.

## 2 Предлагаемое решение на базе мультиагентных технологий

Предлагаемое решение базируется на принципах мультиагентных технологий. В качестве объекта исследования рассматривается центральная аварийно-диспетчерская служба (АДС), ответственная за прием заявок от потребителей и управление мобильными бригадами.

Назначение разрабатываемой системы состоит в автоматизации подбора ресурсов при поступлении новых заявок, планировании рабочего расписания и оперативное управление ресурсами, что необходимо для обеспечения своевременной и быстрой реакции на события (например: на поступление новой заявки, поломка ремонтного автомобиля, болезнь либо иные причины отсутствия рабочего).

Основными функциональными требованиями к системе являются:

- регистрация, оперативная обработка и учет заявок;
- получение актуальной информации о местоположении и состоянии (статусе) мобильной бригады;
- распределение заявок между бригадами в зависимости от многих критериев (срочность исполнения заявки, специализация бригады, оснащение бригады, удаленность от места аварии, предполагаемое время окончания выполнения предыдущей заявки и пр.);
- осуществление диспетчерского мониторинга;
- интеграция с существующими системами;
- мониторинг и анализ работы «полевых» бригад;
- формирование отчетности.

Общая концепция решения состоит в создании единого информационного пространства для взаимодействия всех сотрудников Аварийной службы (см. Рисунок 1).

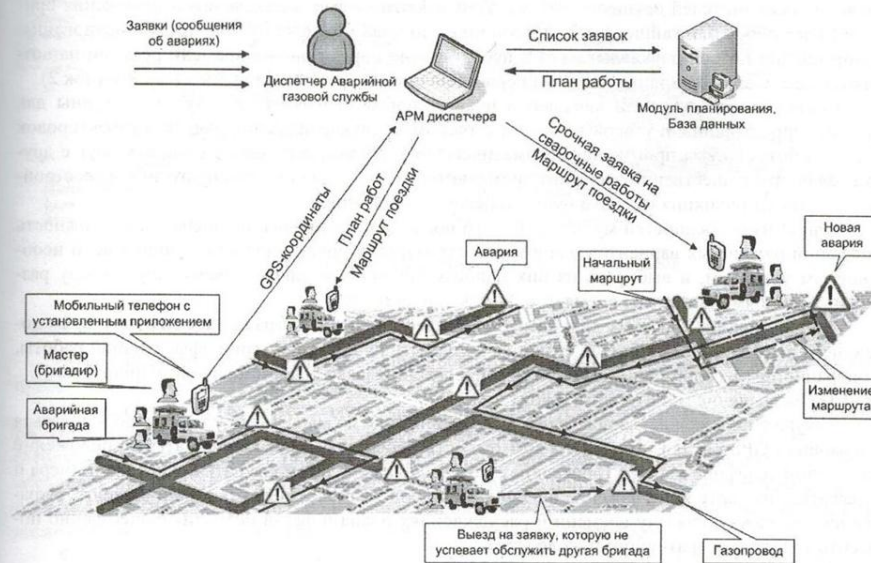


Рисунок 1 – Схема работы системы

Диспетчер осуществляет мониторинг доступности мобильных бригад. При поступлении новой заявки через call-центр диспетчер через АРМ регистрирует сведения заявки (адрес происшествия, тип аварии и пр.). Затем эти данные поступают в модуль планирования, где, на основании как данных аварийной заявки, так и сведений о статусе имеющихся в распоряжении бригад, автоматически определяется приоритет заявки, срочность и сложность требуемых

работ, а также составляется план исполнения заявки (т.е. определяется, какие ресурсы и в какое время необходимо и возможно привлечь для решения проблемы).

В основу системы положены следующие принципы:

1) Организация взаимодействия.

Общение бригад и диспетчеров производится в режиме реального времени. Бригады получают маршрут, описание проблемы, отмечают выполнение задач и сообщают о происходящих в процессе работы событиях с помощью специального приложения в сотовом телефоне мастера или бригадира. Кроме сообщений о начале, завершении работ и нахождении в пути, система позволяет отправлять и обрабатывать такие сообщения как «ремонт потребует 2 часа», или «закончим через полчаса», что позволяет производить оперативную корректировку плана и вести постоянно развивающуюся базу знаний о выполнении типовых работ.

2) Оптимальное планирование и использование ресурсов.

Мультиагентная платформа системы обеспечивает интеллектуальную обработку входящих сообщений о событиях в реальном времени и наилучшее планирование работы аварийных бригад. При этом учитываются такие параметры, как необходимый горизонт планирования, приоритеты каждой заявки по сравнению с остальными, оптимальность маршрутов перемещений бригад и требования по нормативам времени появления на месте аварии что позволит оптимизировать затраты не только времени, но и бензина.

При поступлении срочных заявок на выполнение ремонтных работ их планирование и назначение исполнителей осуществляется в зависимости от фактического местоположения бригады (для выбора ближайшей), квалификации ее состава и списка имеющегося оборудования. Такой подход позволит укладываться в необходимые нормативы по времени реакции на возникновение аварии, сохраняя при этом первостепенность приоритета вызова (см. Рисунок 2).

Составленный системой начальный план и любые его изменения будут доступны для ручной корректировки и утверждения диспетчером. В случае внесения ручных корректировок в план работ, система производит автоматическую корректировку всех связанных друг с другом задач, что существенно экономит время, которое бы потребовалось на ручную перестройку всего плана (функция «умного ручного перепланирования»).

Одной из особенностей мультиагентного подхода к планированию является возможность генерации различных вариантов планов, в достаточной степени удовлетворяющих всем необходимым условиям, и выбирать из них наиболее предпочтительный, балансируя между разными критериями (качество, время, стоимость, риски и т.д.).

Таким образом, система автоматизирует преобразование стратегического плана, включающего в себя общий перечень, суть и характеристики задач, критерии эффективной работы, в операционный, содержащий данные о распределении задач и формировании маршрутов.

3) Обеспечение мониторинга и контроля.

Текущее положение каждой бригады и ее движение по маршруту будет контролироваться с помощью GPS-брелка, имеющего возможность передавать свои координаты в приложение на сотовом телефоне мастера (бригадира), откуда данные будут поступать в АРМ диспетчера и отражаться на карте. Отображение информации о ходе выполнения всех текущих работ, затраченного на каждую задачу времени и расхождении плана и факта позволит существенно повысить качество оперативного руководства.

4) Использование базы знаний.

Для описания, накопления, хранения и использования всей необходимой для работы службы информации используется база знаний, в которой содержится описание конфигурации газопровода в привязке к карте контролируемой местности, ресурсов системы (слесарей, машин, оборудования) и их характеристик, адресных данных потребителей, установленного у потребителей оборудования, типов аварий, ориентировочных норм времени на выполнение различного рода работ и т.п.

5) Принцип открытой архитектуры.

Архитектура системы является открытой для расширения и позволяет обеспечить ее интеграцию с любыми существующими системами предприятия (бухгалтерские системы, ГИС, выдача нарядов и т.д.).

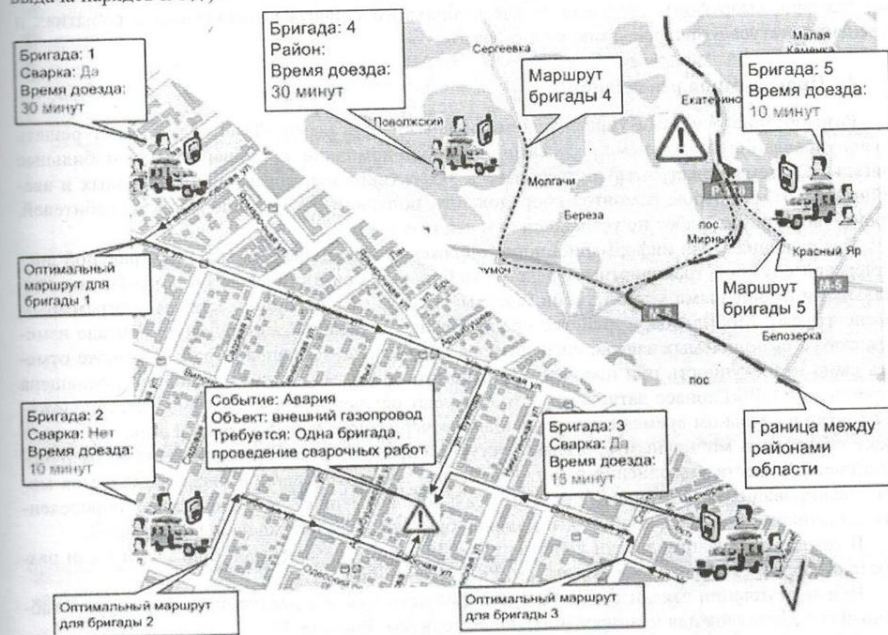


Рисунок 2 – Оптимизация маршрутов и выбор ресурсов

### 3 Архитектура системы

Логическая архитектура, отображающая состав системы и связи между ее компонентами, представлена ниже. Архитектура системы включает в себя три основных компонента.

**Клиентская часть** представляет собой приложение, устанавливаемое на АРМ диспетчера. Позволяет принимать заявки и, получив возможные варианты от модуля планирования (Модуль Planner), назначать ресурс на выполнение аварийной заявки. Также позволяет вести справочники ресурсов. Основными задачами клиентского приложения являются планирование и диспетчеризация ремонтных бригад при выполнении поступающих аварийных заявок в режиме реального времени, а также, взаимодействие бригад с диспетчером.

**Серверная часть** обеспечивает взаимосвязь и согласованную работу всех модулей системы, состоит из:

- модуль Planner – обеспечивает планирование и подбор оптимальных ресурсов с учетом критериев планирования. Работа данного модуля может быть построена на базе онтологии, где обозначены все основные связи между концептами;
- модуль SQL СУБД – обеспечивает хранение и ведение баз данных системы «Teams»;
- модуль Server – обеспечивает согласованное взаимодействие всех модулей системы, обеспечивает взаимодействие и двустороннюю интеграцию с внешними модулями, получение

ние данных из БД путем создания обращений с запросами, а также получения при необходимости из сети Интернет картографических данных.

**Мобильный клиент** устанавливается на мобильное коммуникативное устройство (сотовый телефон, смартфон). Основная задача мобильного клиента сигнализация о событиях и изменения статуса в процессе выполнения заявок.

#### 4 Программная реализация

Разработанная система управления мобильными бригадами «Teams» позволяет решать задачи управления мобильными ресурсами для любой компании, имеющей в штате мобильные бригады. Система может быть востребована и эффективна при обеспечении плановых и аварийных работ, осмотров, ремонтов оборудования, подключения и отключения потребителей, строительных работ, работ по устранению утечек газа и т.п.

Для решения задач информационного сопряжения мобильных бригад с центральной диспетчерской службой транспортные средства мобильных бригад должны быть оснащены специальными мобильными устройствами (сотовый телефон с предустановленным программным обеспечением). Мобильное устройство предоставляет возможность старшему в бригаде изменять статус выполняемых заявок, сигнализировать о начале-завершении работ, а также отмечать свою недоступность при поломке. Помимо этого, каждая единица транспорта оснащена встроенными GPS/Глонасс датчиками, что позволяет осуществлять мониторинг местоположения бригад в реальном времени, проводить диспетчеризацию на карте, распределять заявки, а также обеспечить мобильным бригадам доступ к справочной информации по заявкам непосредственно с места выполнения работ. Ключевым элементом данной системы является модуль планирования позволяющий в режиме реального времени с учетом критериев определенных заказчиком проводить подбор оптимальной бригады для утверждения диспетчером..

В рамках реализации задачи управления мобильными ремонтными бригадами были разработаны следующие экранные формы (см. Рисунок 3 – Рисунок 5).

При поступлении заявки сведения о ней фиксируются и в дальнейшем формируют табличный список заявок для планирования диспетчеру (см. Рисунок ).

В рамках системы «Teams» планирование ремонтных бригад может осуществляться как в ручном, так и рекомендательном режиме. В первом случае диспетчер самостоятельно выбирает бригаду из полного списка бригад и назначает на нее выполнение заявки. Во втором случае система предоставляет ранжированный список бригад, на одну из которых диспетчер и осуществляет назначение заявки.

Экранная форма, представленная на рисунке 4, предназначена для осуществления мониторинга текущего местоположения ремонтных бригад, работающих в данный момент, их перемещения, просмотра адресов заявок и аварийных объектов.

Реализация мобильного клиента показана на рисунке 5. Мобильный клиент предназначен как для получения информации о новых заявках от диспетчера бригадиру мобильной бригады, так и для передачи статуса заявки от бригадира диспетчеру (например, «в пути на объект»; «прибыл на место аварии»; «провели работы по устранению» и т.п.).

Система учитывает эти сообщения и отображает в приложении в телефоне данные о том, какие задачи уже выполнены, а какие, и в каком порядке еще предстоит выполнить. В случае оперативного изменения плана все изменения автоматически отображаются в списке задач, что избавляет от необходимости совершения дополнительных звонков и согласований, а также предотвращает риск потери новой информации.

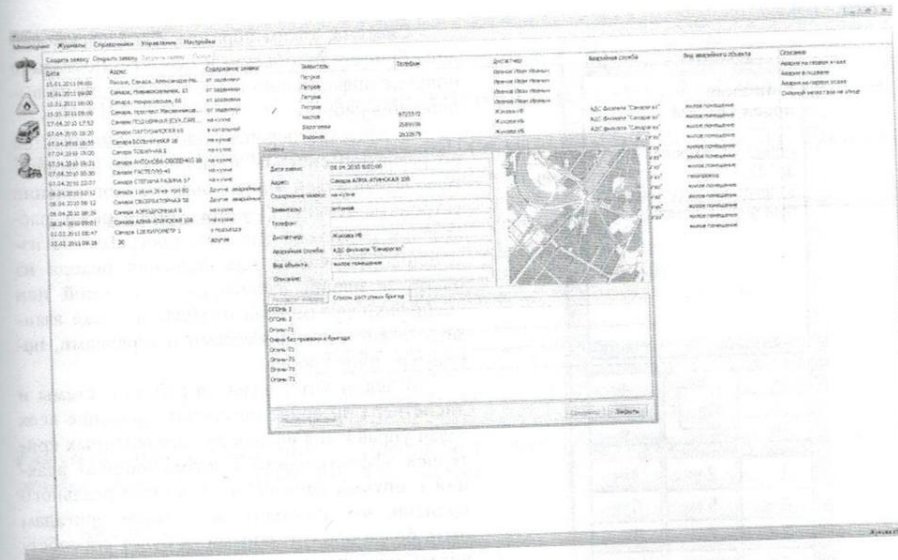


Рисунок 3 – Поступление и регистрация новой заявки



Рисунок 4 – Окно мониторинга и диспетчеризации



Рисунок 5 – Мобильное устройство

Система, таким образом, фактически «ведет» бригаду от объекта к объекту, постоянно получая информацию о состоянии и этапе выполнения работ.

В качестве перспективных возможностей по развитию системы и включению дополнительных модулей можно назвать применение устройств трэкинга, учета пройденного расстояния и расхода топлива, программные изменения по логике планирования исходя из опыта и знаний накопленных системой или специфики предметной области, а также взаимодействие с web-ресурсами и сервисами, например online пробки.

В целом интерактивная работа системы и диспетчера позволит обеспечить решение всех задач управления исходя из определенных критериев эффективности с возможностью реакции и оптимизации плана в режиме реального времени, что позволит мобильным бригадам быть более продуктивными, и будет способствовать повышению прибыльности и конкурентоспособности компании в целом.

### Заключение

Использование системы должно обеспечить оптимизацию планируемых загрузок ремонтных бригад, когда в ответ на поступающие данные о возникающих событиях должна производиться корректировка расписания в реальном времени. Внедрение данной системы позволит компании снизить транспортные расходы повысить оперативность принятия заявки и назначения ресурса для его выполнения а также, что главное обеспечить оптимальное распределение заказов по ресурсам за счет оптимизации назначения работ и возможного сокращения количества мобильных бригад, сократить количество диспетчеров за счет централизованного управления, уменьшить время аварийных ремонтов и снизить время доездов.

### Список литературы

- [1] Batishev S.V., Ivkushkin C.V., Minakov I.A., Rzevski G.A., Skobelev P.O. A Multi-Agent Simulation of Car Manufacturing and Distribution Logistics. // Proc. of the II International Conference "Complex Systems: Control and Modelling Problems", Samara, Russia, June 20-23, 2000, p. 100-104.
- [2] Diyazitdinova A., Ivashenko A., Skobelev P., Tsarev A., Martyshkin D., Syusin I. Multi-Agent Platform for Full Truck Load Scheduling // Interactive Systems and Technologies: The problems of Human-Computer Interaction. Volume III., Collection of scientific papers., Ulyanovsk: UISTU, 2009, pp 132 - 143
- [3] Витгих В.А., Скобелев П.О. Мультиагентные модели взаимодействия для построения сетей потребностей и возможностей в открытых системах // Автоматика и телемеханика. – 2003. - №1. – С. 177-185.