

УДК 004.45-004.932: 004.896

Е.С. Сычев, И.А. Щербатов

## РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЫДАЧЕЙ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

*Астраханский государственный университет*

*Повышение эффективности управления распределением лекарственных препаратов в медицинских учреждениях является актуальной и сложной задачей. В работе предложено применение аппаратно-программного комплекса автоматизации выдачи лекарств и выполнения предписаний врача. Разработана архитектура распределенной системы управления выдачей лекарств, описан прототип роботизированного автомата для выдачи лекарств, разработан протокол обмена данными между автоматом и базой данных, синтезирован алгоритма прогнозирования расходования лекарств. Применение распределенной системы управления выдачей лекарственных препаратов целесообразно в медицинских учреждениях со средним и большим количеством пациентов.*

**Ключевые слова:** управление, выдача лекарственных препаратов, роботизированный автомат, прогнозирование.

### ВВЕДЕНИЕ

В лечебных учреждениях (больницы, стационары и т.п.) задачей распределения и дозирования лекарственных препаратов занимаются медицинские сестры, которые в определенное время согласно предписаниям лечащего врача, распределяют необходимые препараты среди пациентов. Это требует внимания, сосредоточенности, четкого следования предписанию и оперативности. Кроме того, такая задача отнимает достаточно много времени. В этой ситуации возможно, что пациенты получают препараты с задержкой во времени. Имеет место вероятность воздействия человеческого фактора (медицинская сестра может ошибиться с наименованием или дозировкой препаратов), что может привести к плачевным последствиям.

Существуют работы, в которых предлагается применение беспроводных технологий (RFID-метки) для контроля качества лекарств и выявления фальсифицированных медицинских препаратов [1], а также системы штрих-кодирования [2]. Решение по автоматизации выдачи льготных рецептов представлено в [3]. Кроме того, существует значительное число коммерчески успешных информационных систем, обеспечивающих автоматизацию работы аптек [4-6], в том числе на базе платформ 1С, реализующих облачные технологии [7]. Вопросы автоматизации оформления сопутствующей документации (например, рецептов) тесно связаны с необходимостью обеспечения соответствующей правовой базы [8-9]. Существуют решения на основе роботизированных автоматов продажи лекарственных препаратов, предлагающие заменить

традиционные аптеки на полностью автоматические точки продаж, подтверждение выдачи препарата в которых осуществляется за счет специального аппаратного решения (брелка), на который заносится электронный рецепт [10].

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Прием лекарственных препаратов производится согласно некоторым предписаниям (рекомендации врача, инструкция и т.п.), включающим в себя, в том числе, время приема (периодичность и т.п.), дозировку, необходимость принимать препарат до, после или во время приема пищи и т.п. Эффективное комплексное лечение некоторых заболеваний, в свою очередь, требует применения нескольких препаратов, условия и требования к приему которых могут сильно отличаться. Совокупность этих условий и требований иногда достаточно сложно запомнить, а в некоторых случаях и соблюдать.

Поэтому целью работы является повышение эффективности управления распределением лекарственных препаратов в медицинских учреждениях за счет разработки аппаратно-программного комплекса автоматизации выдачи лекарств и выполнения предписаний врача.

Для достижения поставленной цели требуется решить ряд взаимосвязанных задач: разработать архитектуру распределенной системы управления выдачей лекарственных препаратов (РСВЛП); разработать роботизированный автомат для выдачи препаратов; реализовать протокол обмена между роботизированным автоматом и сервером баз данных медицинского учреждения; синтезировать алгоритм прогнозирования расходования лекарственных препаратов для своевременного их пополнения.

### АРХИТЕКТУРА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫДАЧЕЙ ЛЕКАРСТВ

Упрощенная архитектура системы управления выдачей лекарственных препаратов представлена на рис. 1. Идентификация пациента производится на основе NFC-метки, которая встроена в специальный браслет, который также может являться пропуском на территорию медицинского учреждения и в строго ограниченный набор кабинетов. Таким образом обеспечивается не только управление доступом в помещения медицинского учреждения, но и снижение риска выдачи ошибочных лекарственных препаратов. Идентификация пациента по NFC-метке существенно сократит время на выдачу препарата.

При поступлении в лечебное учреждение, лечащий врач заносит пациента в базу данных и фиксирует периодичность, дозировку и сам препарат, подлежащий приему пациентом. Пациент, воспользовавшись

меткой, возле специализированного устройства получает необходимые лекарственные препараты в дозировке, назначенной врачом.

Представленная на рис. 1 структурная схема взаимодействия между составляющими РСВЛП позволяет организовать автоматическую выдачу лекарств с единым центром управления для учреждений, находящихся на значительном удалении друг от друга.

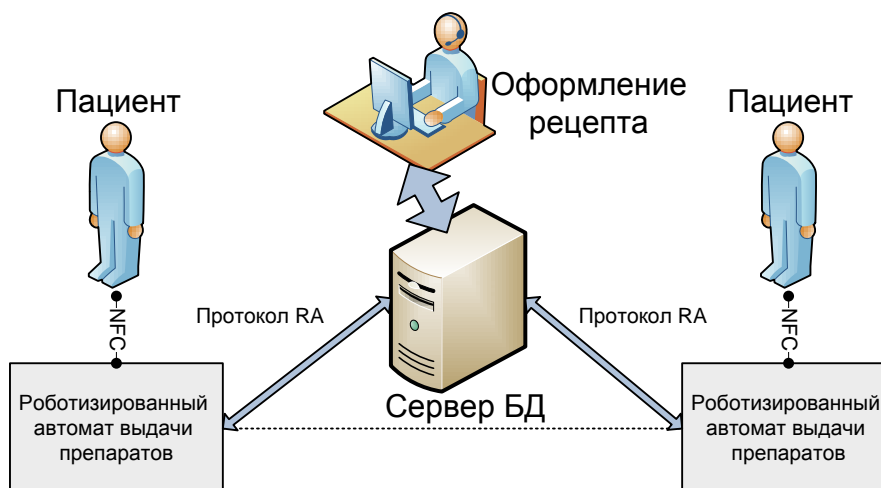


Рисунок 1 – Архитектура системы

### РОБОТИЗИРОВАННЫЙ АВТОМАТ ДЛЯ ВЫДАЧИ ЛЕКАРСТВ

Структурная схема роботизированного автомата выдачи лекарственных препаратов, составляющего основу РСВЛП, представлена на рис. 2. При попадании метки в зону действия считывателя NFC, он передает сигнал на микроконтроллер. После обработки входящего сигнала, микроконтроллер посылает информацию на сервер БД, на котором хранится информация о пациентах. Каждая метка выдается индивидуально каждому пациенту и имеет уникальный код. В базе данных хранится вся информация о пациентах и присвоенных им уникальных кодах. После идентификации пациента по метке, информация возвращается на микроконтроллер и осуществляется передача управляющих сигналов непосредственно на механизмы выдачи лекарственных препаратов и на устройство ввода-вывода. После выдачи лекарственного препарата, на УВВ появится информация об успешном окончании выдачи лекарств пациенту.

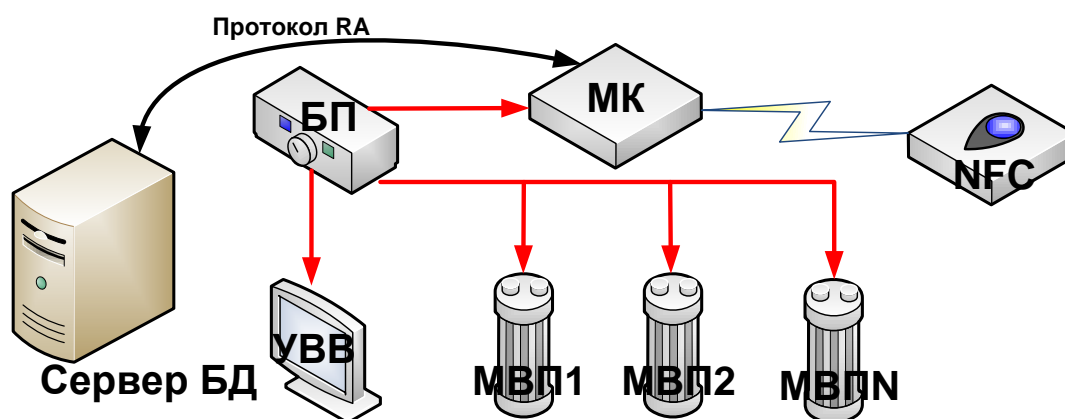


Рисунок 2 – Структурная схема роботизированного автомата  
БП – блок питания; МК – микроконтроллер; NFC – считыватель метки; УВВ – устройство ввода-вывода (сенсорный экран); МВП1-N – механизмы выдачи препарата.  
Макет роботизированного автомата выдачи лекарственных препаратов представлен на рис. 3.



Рисунок 3 - Макет роботизированного автомата

Роботизированный автомат позволяет сократить риск выдачи не правильной дозировки или типа лекарственного препарата. В качестве основных возможностей можно выделить: работа в автоматическом (дозирует препараты согласно заложенным параметрам) и ручном режимах (дозировка с выбором контейнера и количества единиц препарата); наличие емкости выдачи совокупности препаратов; возможность контроля количества препарата в каждом контейнере; аудио и визуальная сигнализация в случае, если препарата в контейнере осталось меньше

указанного числа единиц (настраивается для каждого контейнера отдельно); аудио и визуальная сигнализация о необходимости приема препарата по расписанию с возможностью отложенного повтора напоминания (если нет возможности принять препарат своевременно).

## РАЗРАБОТКА ПРОТОКОЛА ОБМЕНА ДАННЫМИ МЕЖДУ АВТОМАТОМ И БД

Для передачи данных между микроконтроллером и сервером БД используется оригинальный протокол. Микроконтроллер имеет встроенный модуль для последовательной передачи данных, который может использоваться как для связи между модулями микроконтроллера, а также для связи с внешней ЭВМ, например сервером БД медицинского учреждения. Обмен данными из последовательного порта создает непрерывный поток данных, который никак не фрагментирован. Для решения данной проблемы нужно передавать команд произвольной длины, внутри которых могут содержаться числа из диапазона 0-255, для этого потребуется организовать протокол, который используя собственные маркеры, будет определять пакеты данных. Нельзя завершить строку команды с помощью нулевого байта, потому что нулевой байт не обязательно должен определять конец строки. Он может оказаться байтом данных внутри самой строки. Оформление пакета данных будет выглядеть следующим образом: пакет начинается с уникального маркера, символизирующего начало пакета; сразу за маркером начала пакета будет передаваться байт, содержащий количество передаваемых байт данных; сразу за байтом размера данных передаются сами данные; как только данные будут переданы, формируется и передается уникальный маркер конца пакета.

В итоге, пакет будет выглядеть следующим образом:

PacketStartMarker N DataForTransmit PacketStopMarker.

Пример реализации протокола выполнен в виде набора функций.

```
String sp_startMarker; // Переменная, содержащая маркер  
                          начала пакета  
String sp_stopMarker; // Переменная, содержащая маркер  
                          конца пакета  
String sp_dataString; // Здесь будут храниться принимаемые  
                          данные  
int sp_startMarkerStatus; // Флаг состояния маркера начала  
                          пакета  
int sp_stopMarkerStatus; // Флаг состояния маркера конца пакета  
int sp_dataLength; // Флаг состояния принимаемых данных  
boolean sp_packetAvailable; // Флаг завершения приема пакета
```

Отправка данных на PC

```
voidsp_Send(Stringdata)
{
    Serial.print(sp_startMarker);           // Отправляем маркер начала
                                             пакета
    Serial.write(data.length());           // Отправляем длину
                                             передаваемых данных
    Serial.print(data);                     // Отправляем сами данные
    Serial.print(sp_stopMarker);          // Отправляем маркер конца
                                             пакета
}
```

### СИНТЕЗ АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСХОДОВАНИЯ ЛЕКАРСТВ

Одной из сопутствующих задач обеспечения функционирования распределенной системы управления выдачей лекарственных препаратов является своевременная замена контейнеров с препаратами в роботизированных автоматах. При этом слишком ранняя замена приведет к увеличению неиспользуемого остатка и нерациональной трате лекарственных препаратов, а слишком поздняя – к отсутствию лекарственного препарата в автомате и перерыву в лечении пациентов.

Простой алгоритм прогнозирования расходования лекарств на основе учета текущей скорости расходования является малоэффективным. Расход препаратов для конкретного больного является строго индивидуальным и может существенно изменяться в зависимости от тяжести и течения заболевания.

Для оптимального решения задачи своевременной замены контейнеров с препаратами синтезирован алгоритм прогнозирования расходования лекарств. Входной информацией для алгоритма является:

- текущий остаток по каждому лекарственному препарату  $O^{\text{тек}}_i$ ;
- список рекомендованных и максимальных доз по каждому лекарственному препарату  $\{D^{\text{рек}}_1, D^{\text{рек}}_2 \dots D^{\text{рек}}_{\text{max}}\}_i$ ;
- список назначений лекарственных препаратов по каждому пациенту  $\{L_i D_i\}_1, \{L_i D_i\}_2, \dots$ ;
- оценка процесса течения заболевания по каждому пациенту  $P_j$ .

Выходной информацией является скорость расходования  $C_i$  и прогноз времени расходования  $PP_i$  по каждому лекарственному препарату.

Оценка процесса течения заболевания пациента  $P_j$  вводится в алгоритм в виде лингвистического описания по закрытому списку, включающему в

себя лингвистические определения «ухудшается», «стабильно», «улучшается» с использованием лингвистических модификаторов «сильно», «существенно», «умеренно», «слабо» и логической связи «или». При этом имеется возможность достаточно точно описывать прогноз течения заболевания на естественном языке, например: «Состояние умеренно ухудшается» или «Состояние стабильно или слабо улучшается».

Каждому лингвистическому описанию и лингвистическому модификатору поставлен в соответствие коэффициент изменения терапевтической дозы определенного лекарственного препарата. Точные значения коэффициентов изменения терапевтической дозы конкретного лекарственного препарата могут быть определены на основе экспертной информации или по результатам опытной эксплуатации системы.

Общий алгоритм прогнозирования расходования лекарств включает в себя следующие этапы:

1. Для  $i$ -го лекарственного препарата  $j$ -го пациента по заданному прогнозу течения заболевания  $P_j$  определить коэффициент изменения терапевтической дозы и рассчитать новую дозу лекарственного препарата  $D_i$ .
2. Если новая доза лекарственного препарата  $D_i$  превышает  $D_{\max}^{\text{рек}}$ , использовать максимальную дозу  $D_{\max}^{\text{рек}}$ .
3. По значению новой дозы  $i$ -го лекарственного препарата  $D_i$  рассчитать новую скорость расходования лекарственного препарата для  $j$ -го пациента  $C_{ij}$ .
4. Повторить этапы 1-3 для всех  $(1 \dots i)$  лекарственных препаратов, назначенных  $j$ -му пациенту.
5. Повторить этап 4 для всех  $(1 \dots j)$  пациентов медицинского учреждения.
6. Рассчитать общую скорость расходования  $i$ -го лекарственного препарата  $C_i = \sum C_{ij}$  и прогноз времени расходования  $PP_i = O^{\text{тек}}_i / C_i$  для всех  $(1 \dots i)$  лекарственных препаратов, имеющихся в роботизированном автомате.
7. Сформировать список лекарственных препаратов, требующих замены в соответствии с установленным графиком замены.

Синтезированный алгоритм не требует значительной вычислительной мощности и может быть реализован как на сервере БД, так и в микроконтроллере роботизированного автомата выдачи лекарственных препаратов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая распределенная система управления выдачей лекарственных препаратов позволит повысить эффективности управления распределением лекарственных препаратов в медицинских учреждениях, повысить качество лечения пациентов и облегчить труд среднего медицинского персонала. Применение системы целесообразно в медицинских учреждениях со средним и большим количеством пациентов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ключин А.Ю., Окаи Джордж Эссах Яо Применение информационных технологий (RFID-системы) для выявления фальсифицированных лекарств в фармацевтической промышленности Республики Гана // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2014. № 2. С. 1-9.
2. Бельшев Д.В., Гулиев Я.И. Использование технологий штрих-кодирования в медицинских информационных системах // ПРОГРАММНЫЕ СИСТЕМЫ: ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ. 2009. С. 71-96.
3. Кошкарров А.А., Халафян А.А., Семенов А.Б. Концепция интеграции систем выдачи и обслуживания льготных рецептов на территории Краснодарского края // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 110(06). С. 1-24.
4. Программные продукты автоматизации здравоохранения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kmivc.ru/informatsionnye-tekhnologii/programmnye-produkty/> (дата доступа 25.10.2015).
5. АИС «МКТ-Льготные рецепты». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.medcomtech.ru/Products/Lgrec/lgrec.html> (дата доступа 25.10.2015).
6. ТрастМед:Здоровье. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://trustmed.ru/themes/trustmed2/material.asp?folder=1927&matID=1964> (дата доступа 25.10.2015).
7. Информатизация здравоохранения: построение региональных «облачных систем». Автоматизация лекарственного обеспечения. Опыты практического внедрения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sibinfoforum.ru/upload/iblock/ебе/Паньшин%20построени%20е%20облачных%20систем%20ДЛО.pdf> (дата доступа 25.10.2015).
8. Кузьмин А.В., Овчинников В.В., Богданова Л.А., Шульман Е.И. Информационные технологии в здравоохранении: перспективы



- развития и правовое регулирование // Тихоокеанский медицинский журнал. 2013. № 3. С. 86-89.
9. Шульман Е.И., Усов Б.П., Рот Г.З., Сидорова И.А. Эффективность информационной поддержки лечебно-диагностических процессов // Проблемы управления здравоохранением. 2005. № 3. С. 23–27.
  10. Седов Е.А., Смиронов И.А. Автоматизация лекарственного обеспечения // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2015. С. 471-475.

E.S. Sychev, I.A. Scherbatov

**DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM OF ISSUANCE OF  
MEDICAMENT FOR MEDICAL INSTITUTIONS**

*Astrakhan State University*

*Improved management of the distribution of medicines in health facilities is an urgent and difficult task. The article provides the use of hardware and software automation dispensing of drugs and performance of medical prescriptions. The architecture of a distributed control system issuing drugs described prototype robotic machine for dispensing drugs developed communications protocol between the machine and the database, synthesized medicines consumption prediction algorithm. Use of a distributed control system issuing expedient drugs in medical facilities with medium and large number of patients.*

**Keywords:** control, delivery of medicaments, a robotic machine, forecast