

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Математико-механический факультет

Кафедра системного программирования

Разработка средства для передачи информации

через экран мобильного устройства

Курсовая работа студента 445 группы

Дьяченко Василия Владимировича

Научный руководитель
кандидат ф.-м.н.

Вячеслав Алексеевич Кириллин

Санкт-Петербург

2010

Оглавление

Оглавление.....	2
Введение	3
1. Обзор средств и подходов	6
2. Описание решения.....	12
2.1. Общая схема решения.....	12
2.2. Алгоритм.....	13
2.3. Реализация алгоритма на практике, результаты.....	19
Заключение.....	22
Список литературы.....	24

Введение

Данная курсовая работа выполнялась в рамках участия в проекте системы мобильного маркетинга SmartKupon.

Проект **SmartKupon** - это новый рекламный инструмент, в основе которого лежит привлечение клиентов в заведения, посредством предоставления им специальных дисконтных условий и информирования об уникальных акциях. SmartKupon - это программа в мобильном телефоне, которая доступна для установки бесплатно каждому владельцу практически любого современного мобильного устройства.

В основу рекламного механизма по системе SmartKupon заложены следующие принципы:

- Рекламодатель платит только за результат, то есть только за тех клиентов, которые воспользовались услугой;
- Рекламодатель имеет возможность получить детальную статистику и отчетность по рекламной кампании в любой момент времени;
- Клиент сам заинтересован в получении рекламного предложения в каждом случае, реклама не должна навязываться;
- Рекламные предложения не отвлекают клиента, и не вызывают отторжения и неприязни, как например SMS рассылка;
- Сделан акцент на качество и удобство просмотра рекламных материалов соответствующих потребностям клиента;
- Клиент, выбирая рекламное предложение на своем телефоне, имеет возможность прямо на экране с рекламным предложением получить самую важную информацию, которая необходима для принятия решения. Например, для предложения от кинотеатра - расписание сеансов;
- Система выдает клиенту рекламные предложения согласно его профайлу. Учитывается следующая информация:
 - в чем клиент заинтересован
 - в чем клиент не заинтересован
 - сколько клиент готов потратить на услугу

- район проживания клиента
- В каких местах города клиент бывает
- Местоположение клиента непосредственно в момент выбора услуги
- Решается проблема "как проехать", в том числе и для торговых и бизнес центров;
- Рекламодателю предоставляется возможность обратной связи с клиентом, возможности по интерактивному взаимодействию не ограничены.

На данный момент, проект SmartKupon - это:

- Для клиентов: мобильное приложение с возможностью выбора и использования купонов со спец. предложениями и уникальными скидками;
- Для сотрудников: мобильное устройство для быстрого считывания, погашения и учета предъявляемых мобильных купонов;
- Для рекламодателя: Интернет-сайт с максимально полной информацией о ходе рекламной кампании, на сайте можно заказывать создание новых купонов, а также получать подробную статистику по уже запущенным в оборот купонам.

В дальнейшем SmartKupon - это:

- Приложение с возможностью добавления всех своих дисконтных карт в мобильный телефон за небольшую плату.
- Гид - путеводитель по городу, содержащий в себе всю актуальную информацию о событиях в городе, такую, как: отзывы выставок, описание концертов, справочник по ресторанам и многая другая актуальная и необходимая каждый день информация.

Данная курсовая работа затрагивает лишь часть проекта SmartKupon, а именно мобильное устройство для считывания и погашения электронных купонов. Однако, стоит отметить, что эта часть системы является наиболее важной с точки зрения успешности проекта, так как именно за счет уникального способа погашения электронных купонов, система позволяет предоставлять так называемый risk-free маркетинг, что несомненно является главным конкурентным

преимуществом данного проекта по сравнению с другими существующими рекламными механизмами, как правило подразумевающими риск со стороны рекламодателя, соглашающегося на применение очередного рекламного средства.

Задачей курсовой работы было разработать средство для учета электронных мобильных купонов, удовлетворяющее следующим требованиям:

- Купон погашается максимально быстро
- Использование устройства для погашения интуитивно понятно и не требует дополнительных технических навыков
- Погашение купона может происходить в неблагоприятных условиях окружающих условиях (блики, цветное освещение, тень, дрожание руки человека)
- Устройство для считывания купонов должно быть не требовательным к железу и, как следствие, достаточно дешевым, не дороже 100\$
- При погашении купона, передается количество информации, достаточное для того, чтобы каждый предъявляемый купон был уникальным

1. Обзор средств и подходов

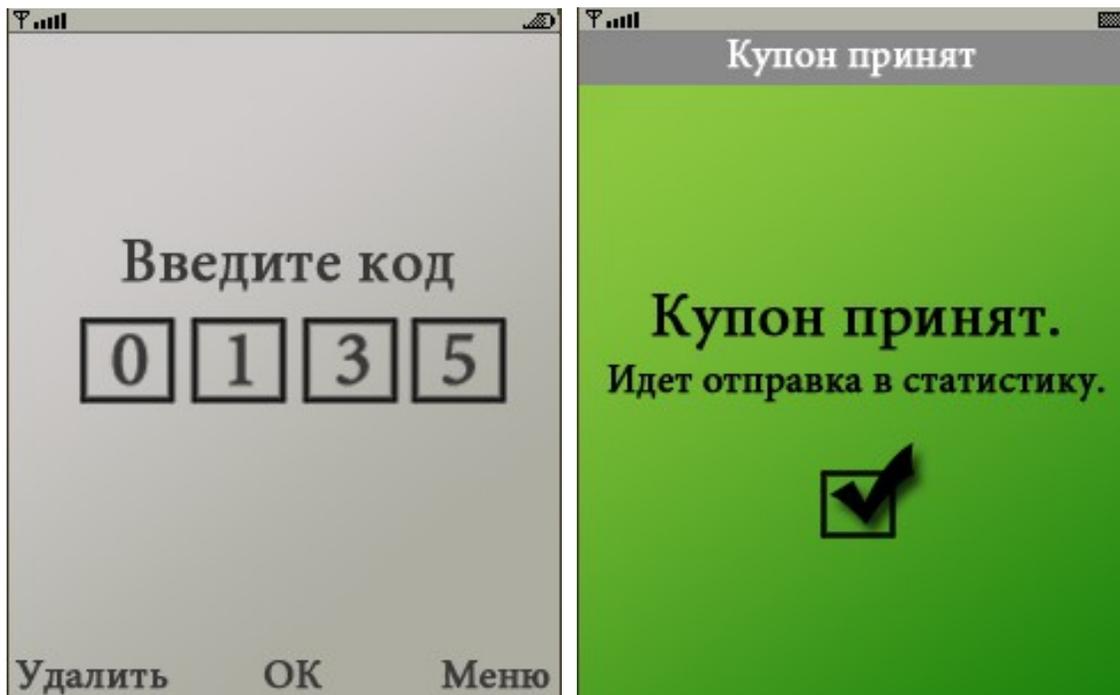
Весьма очевидно, что задача погашения электронного купона сводится к задаче передачи информации через экран мобильного устройства на некоторое устройство, размещенное в торговой точке. Первым простейшим решением данной задачи была передача четырех-пяти цифр обычным выводом на экран и ввод их вручную сотрудником заведения, принимающего купоны. На Фиг. 1 показан экран мобильного клиентского приложения при использовании данного подхода.



Фиг. 1

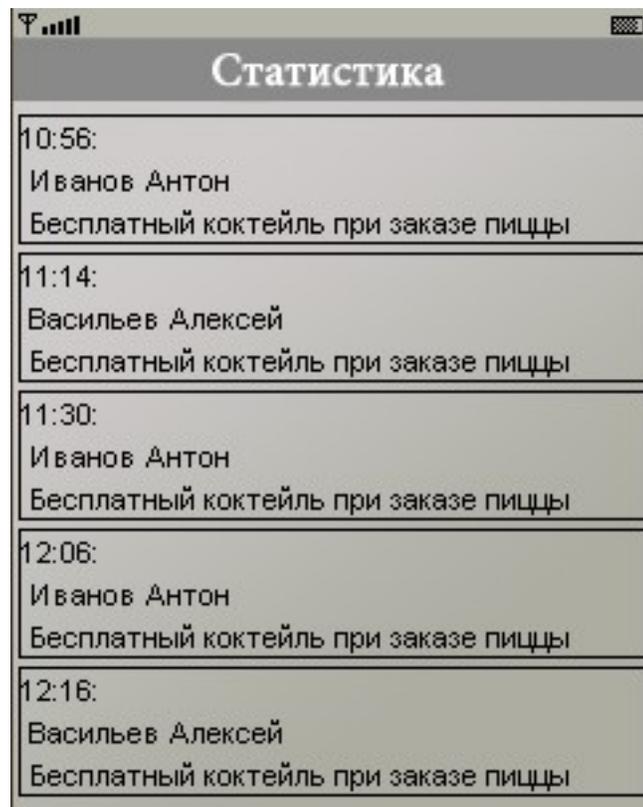
Весьма понятно, что с точки зрения работника в торговой точке, данное решение не является удобным, так как приходится вводить все цифры вручную. При вводе возможна ошибка, и сам процесс занимает достаточное количество времени.

На Фиг. 2 показаны экраны разработанного мобильного приложения для учета электронных купонов с помощью ввода цифр.



Фиг. 2

Несмотря на свою простоту, подход с ручным вводом цифр оказался весьма надежным, так как на процесс не влияли такие факторы как, например, освещенность. Желтые цифры на черном фоне всегда хорошо различимы. Система SmartKupon была запущена именно с такой схемой приема электронных купонов. На Фиг. 3 показан экран мобильного приложения после погашения некоторого количества купонов.



Фиг. 3

Главным недостатком описанного подхода являлась скорость погашения купона. Погашение одного купона занимало от 10 секунд и более. Это совершенно не приемлемое время для довольно большого числа потенциальных фирм-партнеров, таких как супермаркеты, кинотеатры, клубы и прочие места, где в первую очередь важна скорость обслуживания клиента.

Таким образом, была поставлена задача разработать способ передачи текстовой информации, полностью автоматизирующий этот процесс.

Уже давно известны способы передать информацию визуально и считать с помощью устройства с камерой. Один из самых популярных способов - с использованием двумерного графического кода (также может обозначаться как двумерный штрих-код). Суть метода заключается в определении положения двумерного графического кода в пространстве с помощью специальных графических элементов и последующем раскодировании данных, заложенных в изображение. Как правило, информация кодируется множеством черных и белых пикселей. Черный квадрат означает бит «1» в передаваемом блоке информации, белый квадрат означает

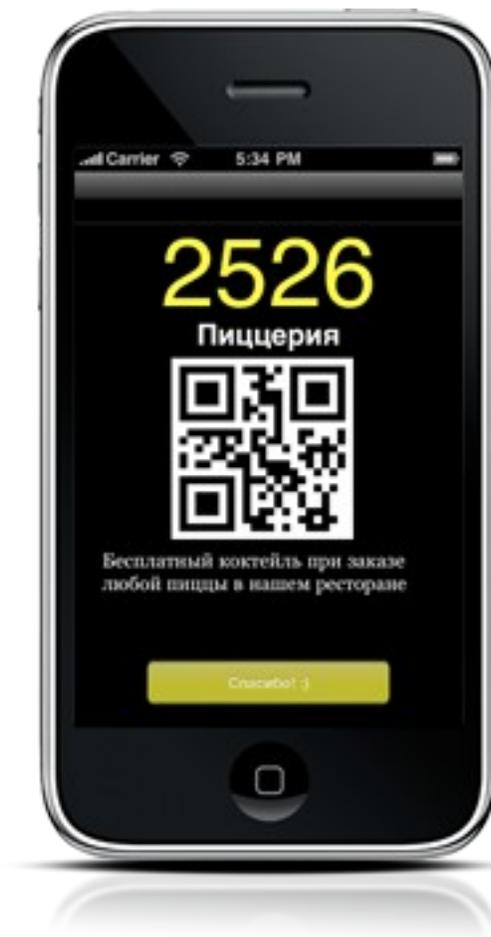
бит «0». Двумерные графические коды значительно превосходят одномерные коды, например, штрих-код, по информационной емкости.

Одним из самых популярных на сегодняшний день двумерных графических кодов является QR-Code (Патент США US005726435A). QR-code представляет собой двумерный код, включающий: ячейки, каждая из которых содержит двоично-закодированные данные и, по крайней мере, два символа позиционирования расположенных в определенных позициях в матрице. Символы позиционирования служат для определения положения графического кода в пространстве вне зависимости от положения устройства, производящего считывание. QR-code позволяет передавать до 2 килобайт данных.

Двумерные графические коды были изобретены довольно давно и изначально печатались только на бумаге. С популяризацией мобильных телефонов, возникла потребность быстрой передачи информации с помощью экрана мобильного телефона. Например, с развитием индустрии мобильного маркетинга, мобильный телефон стал часто использоваться как носитель электронных купонов. Для учета использования электронных купонов требуется мгновенная передача информации от мобильного телефона к устройству продавца. Для этих целей, технология графических кодов стала использоваться в мобильных телефонах, однако считывание существующих графических кодов с мобильных телефонов покупателей происходит не так эффективно, как с бумажных носителей. Стоит учитывать факт, что большинство экранов мобильных телефонов имеют небольшие размеры, поэтому для того чтобы распознать мелкие детали графического кода требуется камера высокой четкости, либо благоприятные условия считывания. Такие обстоятельства как дрожащая рука покупателя, держащего в руках телефон, а также блики на стекле могут значительно увеличить время считывания. Причиной перечисленных проблем является высокая степень сложности существующих технологий отображения графического кода. С одной стороны, можно поместить в графический код минимальное количество информации и тогда он без труда будет считываться даже с небольшого экрана мобильного телефона. Однако такой подход не применим, например, для мобильных платежных систем, в которых одинаково важны как скорость считывания информации для быстрой покупки, так и защищенность персональной информации клиента, требующая передачи длинного ключа идентификации (от 128 бит).

Еще одним недостатком существующих систем решений является дороговизна оборудования для считывания графических кодов с большим объемом информации, так как требуется камера, устойчивая к движениям руки пользователя и руки считывателя.

Тем не менее, подход с использованием готового решения с использованием QR-code был исследован. На Фиг. 4 изображен телефон с экраном приложения SmartКupon, предоставляющим возможность погасить купон как по уникальному коду, записанному цифрами, так и по тому же коду, закодированному в двумерный QR-код.



Фиг. 4

Для исследований было использовано приложение Zxing barcode scanner на телефоне с ОС Android. Результаты исследований подтвердили тот факт, что QR-код не подходит для решения поставленной задачи. Главной проблемой оставалось, опять же, время считывания.

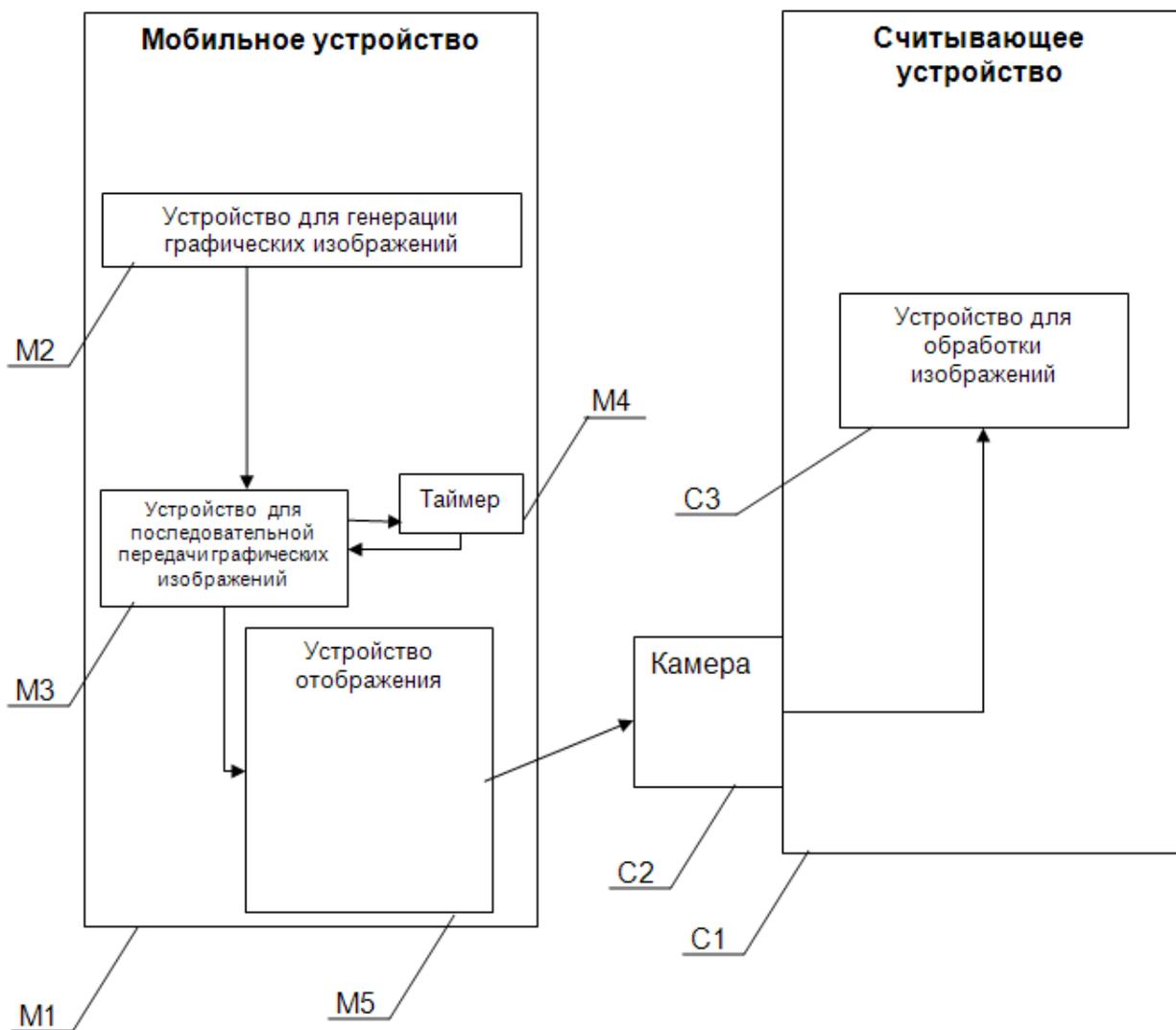
Время считывания QR-code порой доходило до 5 секунд. Основной проблемой была необходимость фокусировки на изображении с QR-code. В реальных условиях, например, когда официант кафе подходит с устройством для считывания к клиенту, принятие купона у клиента сводилось бы к попыткам работника правильно расположить камеру устройства.

2. Описание решения

Решением проблемы QR-code могло быть создание похожего кода, но гораздо менее детализированного и устойчивого к помехам.

В результате была разработана система для передачи текстовой информации с помощью графических изображений, позволяющая распознавать закодированную информацию в самых неблагоприятных условиях окружающей среды.

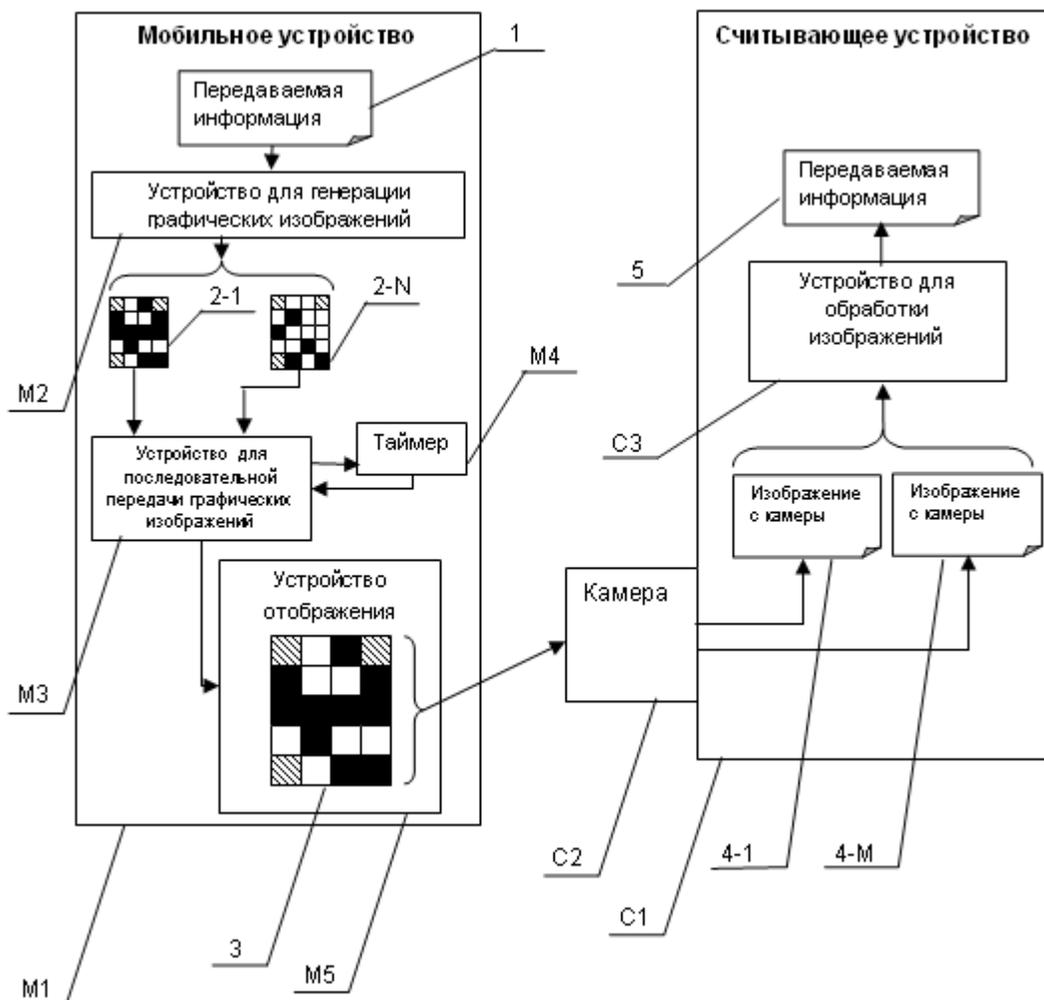
2.1. Общая схема решения



Фиг. 5

Как показано на фиг. 5, система содержит мобильное устройство М1, устройство М2 для генерации графических изображений, устройство М3 для последовательной передачи графических изображений, таймер М4, а также устройство М5 отображения. Система также содержит считывающее устройство С1, содержащее средство для считывания графических изображений в виде камеры С2, а также устройство для обработки изображений С3. Мобильное устройство и считывающее устройство связываются путем непрерывного получения изображений с камеры С2, на которых изображен экран мобильного устройства М1.

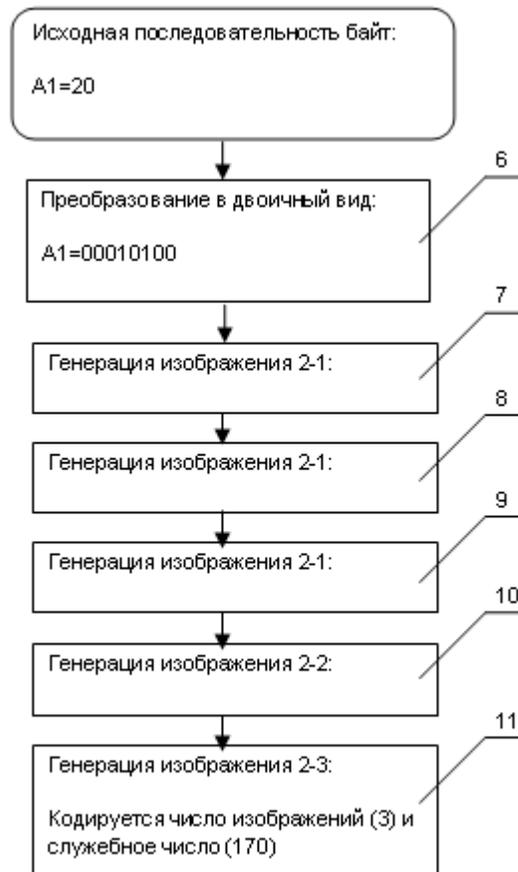
2.2. Алгоритм



Фиг. 6

На фиг. 6 показано как происходит преобразование и передача информации от одних компонент системы к другим. Из фиг. 6 видно, что сначала передаваемая информация представлена в виде конечной последовательности байт 1, предположительно находящейся в памяти мобильного

устройства. Затем последовательность байт, с помощью устройства М2 для генерации графических изображений, представляется в виде конечной последовательности графических изображений 2-1...2-N. Устройство М3 для последовательной передачи графических изображений последовательно передает на устройство М5 отображения последовательность полученных графических изображений 2-1...2-N с некоторой временной задержкой между двумя подряд идущими изображениями. Далее камерой С2 считывающего устройства С1 производится непрерывное получение длительной последовательности изображений 3-1,3-2,..., причем считывающее устройство С1 позиционируется в пространстве относительно мобильного устройства М1 так, что среди элементов последовательности 3-1,3-2,... можно выделить конечную подпоследовательность 4-1...4-N из N изображений, на каждом из которых изображено устройство М5 отображения, причем изображение 4-1 получено в момент, когда на устройстве М5 отображения показывалось изображение 2-1, изображение 4-2 получено в момент, когда на устройстве М5 отображения показывалось изображение 2-2, и так далее, изображение 4-N получено в момент, когда на устройстве М5 отображения показывалось изображение 2-N. Затем, устройство С3 для обработки изображений обрабатывает последовательность 3-1,3-2,... до тех пор, пока не выделится указанная конечная подпоследовательность 4-1..4-N. Далее устройство для обработки изображений по имеющейся последовательности 4-1..4-N восстанавливает исходную последовательность изображений 2-1...2-N. Далее устройство для обработки изображений по последовательности изображений 2-1...2-N восстанавливает последовательность байт 5, в точности или с некоторой ошибкой, определяемой условиями передачи графических изображений, соответствующую передаваемой последовательности байт 1.



Фиг.6

На фиг. 6 показана последовательность действий алгоритма, которому следует устройство M2 для генерации графических изображений. На входе, устройство M2 получает конечную последовательность байт 1. На выходе, устройство M2 выдает последовательность графических изображений 2-1, 2-2, 2-3, в которых закодирована последовательность байт 1, а также некоторая служебная информация.

На входе алгоритма имеется следующая последовательность байт: A1=20, A2=30, A3=40.

На этапе 6, эти числа представляются в двоичной системе счисления: A1=00010100 A2=00011110 A3=00101000.

На этапе 7, генерируется заготовка для изображения 2-1. Заготовка представляет собой таблицу 4 на 5. Левая верхняя, правая верхняя и левая нижняя ячейки таблицы закрашиваются красным

цветом. Это необходимо впоследствии для определения ориентации изображения на экране мобильного устройства М1 в пространстве относительно камеры устройства С1 при получении с нее изображений. Незакрашенными остаются 17 ячеек таблицы.

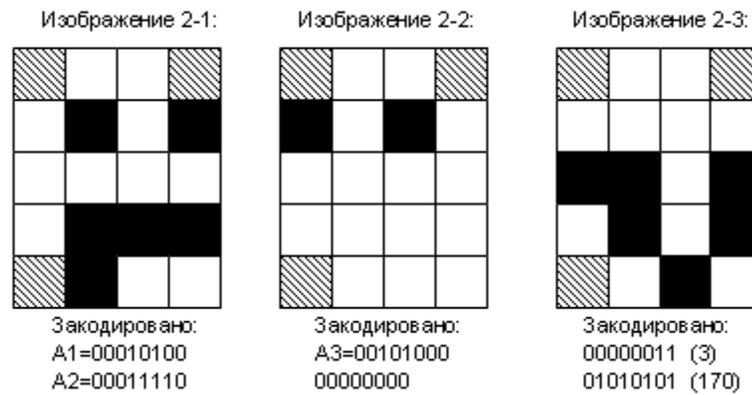
На этапе 8, происходит последовательное закрашивание незакрашенных ячеек таблицы изображения 2-1 слева направо в соответствии с двоичным представлением байта А1. Клетки, соответствующие биту 0 закрашиваются белым, клетки, соответствующие биту 1 закрашиваются черным.

На этапе 9, происходит последовательное закрашивание незакрашенных ячеек таблицы изображения 2-1 слева направо в соответствии с двоичным представлением байта А2. Клетки, соответствующие биту 0 закрашиваются белым, клетки, соответствующие биту 1 закрашиваются черным. Права нижняя клетка таблицы не используется и закрашивается белым.

На этапе 10, происходит генерация изображения 2-2 по аналогии с этапами 7-9. Так как исходный набор данных ограничивается тремя байтами, оставшиеся свободные ячейки таблицы закрашиваются белым.

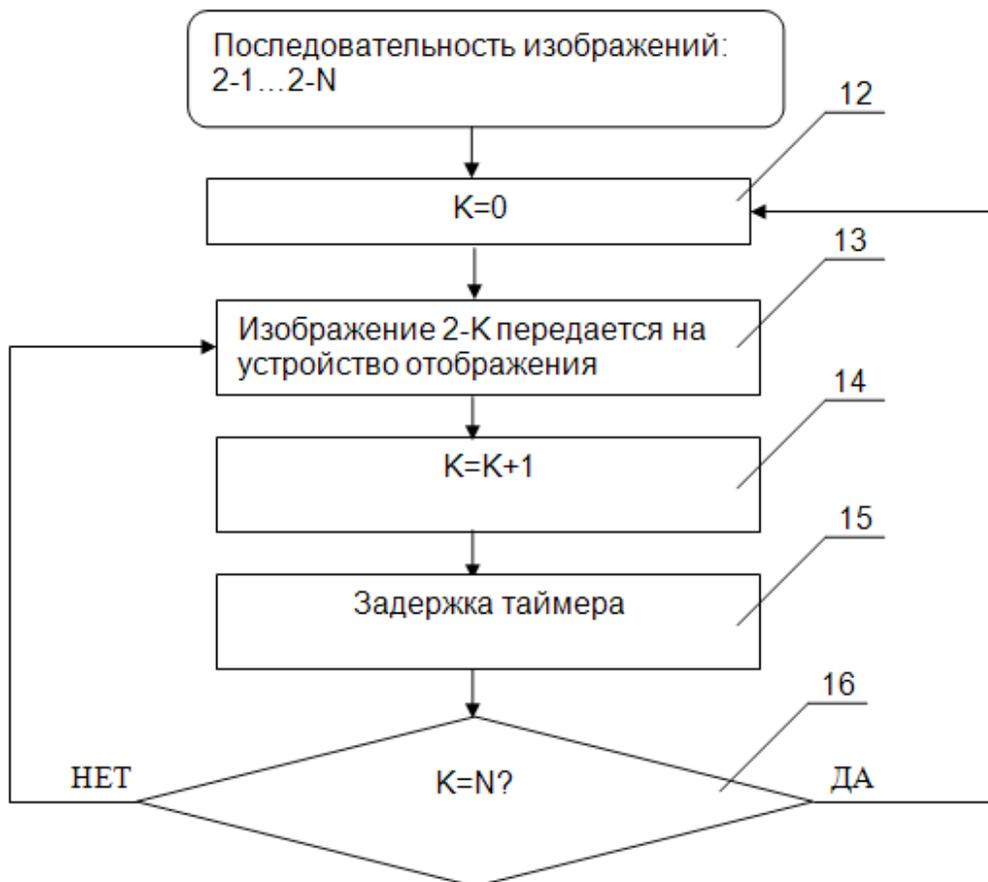
На этапе 11, происходит генерация изображения 2-3, содержащего служебную информацию, необходимую для корректного распознавания последовательности изображений устройством С3 для обработки изображений, в частности, количества изображений в показываемой последовательности. Одно или более из изображений могло потеряться, а информация из изображения 2-3 позволит понять, что это произошло. Например: если получилось, что в «служебном изображении» указано что всего должно быть показано 10 изображений, а на деле камера и/или устройство обработки изображений зафиксировали только 8 фотографий, на которых изображены отличные друг от друга картинки из последовательности 2-1...2-N. Это может произойти в том случае, если на устройстве считывания неожиданно запустилась какая-то задача, из-за которой камера «пропустила» несколько картинок. В такой ситуации последовательность изображений будет циклически повторяться до тех пор, пока камерой не будут зафиксированы оставшиеся 2 изображения. Заготовка для изображения 2-3 делается также как и для предыдущих изображений - изображается таблица и три квадрата закрашиваются красным. По аналогии с этапами 7 и 9, в изображение 2-3 кодируются следующие два числа: 3 и 170. Число 3 указывает на количество изображений в последовательности 2-1..2-N, а число 170

является служебным числом и указывает на то, что в данном изображении закодировано количество изображений в последовательности.



Фиг. 7

На фиг. 7 показана последовательность изображений, полученных в результате действий, показанных на фиг. 3.



Фиг. 8

На фиг. 8 показана блок-схема алгоритма работы устройства М3 для последовательной передачи графических изображений и его связь с таймером М4.

На этапе 12, счетчик количества переданных изображений К устанавливается в ноль.

На этапе 13, изображение 2-К передается на устройство отображения.

На этапе 14, счетчик К увеличивается на единицу.

На этапе 15 происходит обращение к таймеру. Таймер останавливает работу устройства М3 на определенное количество времени. Требуемое количество времени задержки таймера М4, необходимое для корректного принятия изображений камерой С2 устройства С1, рассчитывается по следующей формуле:

$$T=1/(FPS/N)$$

В формуле участвуют следующие параметры: Т - требуемое время задержки таймера в долях секунды, FPS - количество кадров в секунду (характеристика камеры С2) и N - количество изображений в последовательности 2-1..2-N. Из формулы видно, что для устройства С1 более предпочтителен выбор камеры с большим значением FPS.

На этапе 16, происходит проверка, произошла ли передача последнего изображений в последовательности устройству отображения. Если нет - переходим к этапу 13, если да - возвращаемся к этапу 12.

Считывающим устройством производится операция, обратная описанным выше:

- Получается последовательность изображений с камеры
- Находятся красные позиционирующие квадраты (находятся компоненты связности)
- Вычисляется количество изображений в последовательности
- Происходит раскодирование информации по белым и черным квадратам
- На выходе получается закодированная последовательность байт

Алгоритм останавливает свою работу, как только искомая информация полностью получена.

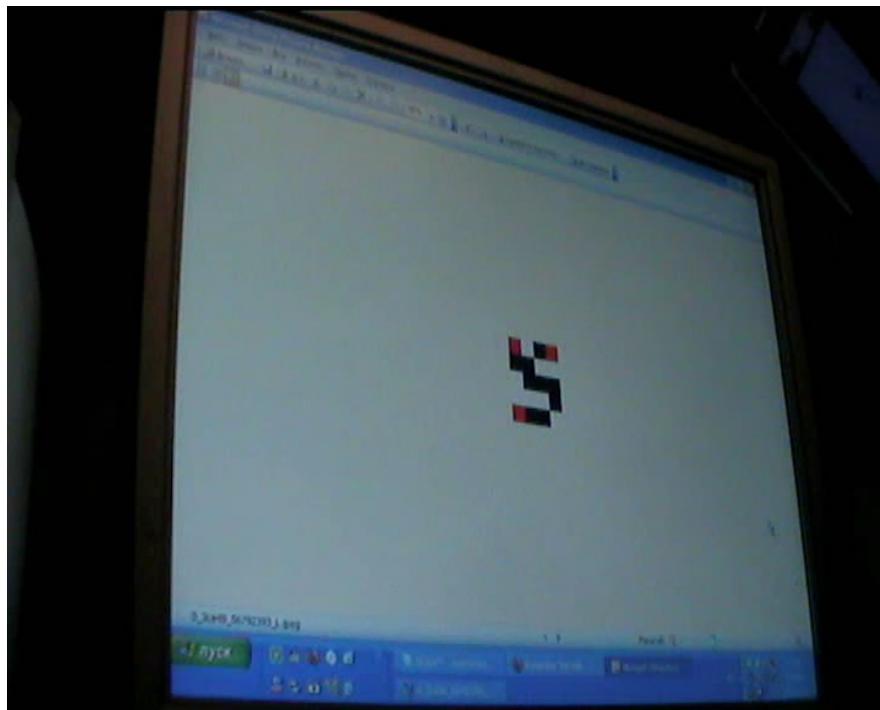
2.3. Реализация алгоритма на практике, результаты

Описанный в пункте 2.2 алгоритм был частично реализован в приложении под ОС Android на телефоне HTC G1. Итоговая реализация системы позволяет передавать только одно изображение, таким образом, передается информация размером в 2 байта. Данный объем информации достаточен для передачи до 65000 уникальных кодов купонов, что уже позволяет использовать разработанное устройство для погашения электронных купонов.

Отладка и оптимизация алгоритма распознавания производилась на настольном компьютере, значительно превосходящем по мощности мобильный телефон. При переносе кода на мобильное устройство, разница в скорости оказалась ощутимой. По этой причине, понадобилось использовать Android NDK - средство, позволяющее использовать C++ код в Android приложении через интерфейс JNI.

На Фиг. 10 показан пример двумерного штрих-кода, распознаваемого разработанной программой. В нем закодирована следующая последовательность бит:

0111000111000111



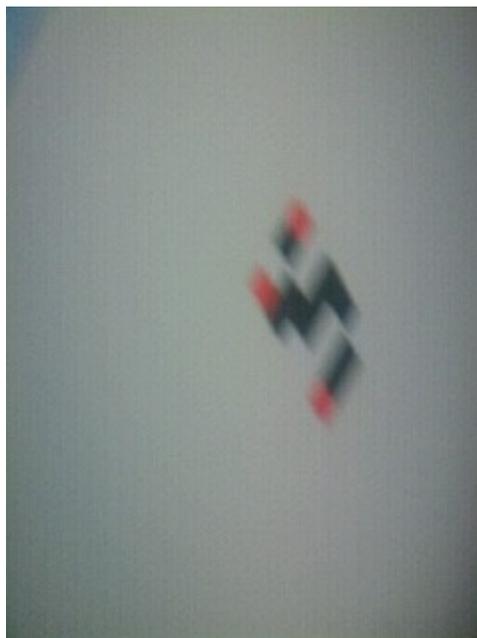
Фиг. 10

На Фиг. 11 показан результаты работы разработанного приложения для считывания штрих-кода.



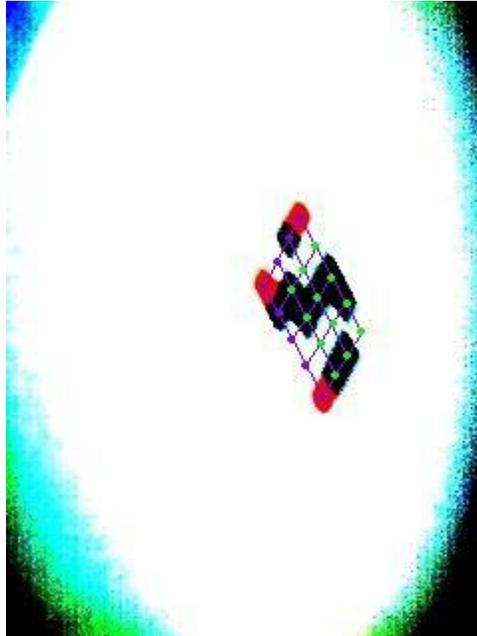
Фиг. 11

На Фиг. 12 показано изображение, которое было получено с камеры и впоследствии распознано программой. Стоит отметить, что изображение было получено, когда рука автора довольно интенсивно двигалась перед изображением штрих-кода. Таким образом, картинка намеренно получилась смазанной и не детализированной.



Фиг. 12

На Фиг. 13 показано как работает алгоритм распознавания изображения для данного изображения.



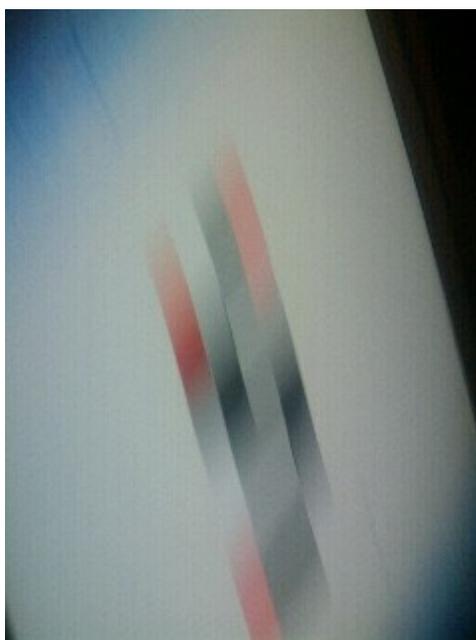
Фиг. 13

Заключение

Результатом работы над проблемой, заявленной в курсовой, стало приложение-прототип, демонстрирующее возможность решить поставленные задачи на промышленном уровне.

Несмотря на то, что разработанный прототип еще не пригоден для использования в реальных условиях, дальнейшие пути для улучшений уже определены.

Главным инструментом для улучшений является применение фильтров, позволяющее получить верный результат распознавания картинки для изображений, где QR-code точно не может быть использован. Пример такого изображения приведен на Фиг. 14.



Фиг. 14

Эксперименты с данным изображением показали, что при применении правильной последовательности фильтров изображения, можно распознать код даже в такой, казалось бы, безнадежной ситуации.

Таким образом, предложенный способ передачи информации максимально отвечает бизнес-требованиям для системы SmartKupon:

- Купон погашается максимально быстро, в большинстве случаев, код будет распознан еще до того, как сотрудник заведения успеет поднести телефон к экрану мобильного телефона клиента.
- Использование устройства для погашения интуитивно понятно и не требует дополнительных технических навыков. По сути, предложенное решение позволяет

ограничить интерфейс приложения одной кнопкой «принять купон», которая будет включать режим камеры и показывать всплывающую подсказку для сотрудника о том, что нужно делать.

- Погашение купона может происходить в неблагоприятных условиях окружающих условиях (блики, цветное освещение, тень, дрожание руки человека). Данное требование выполнимо при условии некоторого дополнительного объема исследований.
- Устройство для считывания купонов должно быть не требовательным к железу и, как следствие, достаточно дешевым, не дороже 100\$. Предложенный способ не предъявляет особых требований к камере мобильного телефона, так как не требуется четкости картинки. В качестве устройства, подойдет любой Android-телефон от 100\$.
- При погашении купона, передается количество информации, достаточное для того, чтобы каждый предъявляемый купон был уникальным. Уже сейчас, двух байт достаточно для функционирования системы. Дальнейшее увеличение объема информации, при необходимости, достигается увеличением количества изображений в последовательности.

Следующие задачи еще требуют решения:

- Подбор оптимальных фильтров для предварительной обработки изображений, возможно с использованием генетического программирования
- Оптимизация алгоритмов по поиску компонент связности
- Создание системы тестирования с пополняющейся базой знаний для проверки эффективности алгоритмов на большом (более 1000) количестве различных изображений
- Исследование возможности повышения емкости кода за счет цветных квадратов
- Исключение посторонних красных объектов, мешающих определению позиционирующих красных элементов
- Добавление проверяющей информации и информации для восстановления (помимо одного бита четности)

На основе проведенных исследований был получен патент РФ, подается заявка на международный патент. Дальнейшие исследования по данной теме будут произведены и описаны в дипломной работе.

Список литературы

1. Zxing team - A rough guide to standard encoding of information in barcodes - <http://code.google.com/p/zxing/wiki/BarcodeContents>
2. Denso Wave - About QR Code - <http://www.denso-wave.com/qrcode/aboutqr-e.html>
3. Sun Microsystems- Java Native Interface Specification - <http://java.sun.com/docs/books/jni/>
4. Google inc - Android NDK for Developers - <http://developer.android.com/sdk/ndk/index.html>
5. Denso Wave - Патент на QR-code: US005726435A