

УДК 621.876.11 + 519.872.2

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

А.В. МАРКОВ, В.Н. НИКОНОВ, В.П. КУЗНЕЦОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 13 апреля 2009

Проведен анализ наиболее распространенных алгоритмов диспетчерского управления. Выработана методика оценки их эффективности в различных режимах работы подъемного механизма. Получены значения показателей, характеризующих эффективность основных алгоритмов диспетчерского управления в различных условиях.

Ключевые слова: управление пассажирскими потоками, диспетчерское управление, лифт.

Введение

В крупных зданиях с интенсивным пассажирским потоком, используются, как правило, группы лифтов. Эффективность такой группы в значительной степени определяется алгоритмами диспетчерского управления, которые используются для распределения кабин по вызовам, полученным от пассажиров. Эффективность алгоритма определяется отношением количества лифтов к пропускной способности системы в единицу времени, а также отношением потребляемой энергии к величине перевезенного груза. Для пассажирских лифтов также весьма важно минимизировать время ожидания и поездки. Соответствующую реакцию на изменение вида потока или отклонения в интенсивности потока можно получить благодаря использованию искусственного интеллекта и нечеткой логики, когда адаптация процесса управления основана на статистическом прогнозировании. Кроме того, существует и такой подход к решению проблемы, при котором предлагается предоставлять контроллерам контекстную информацию. В частности, предлагается переходить от одного алгоритма диспетчерского управления к другому. У каждого алгоритма есть свои преимущества при пассажирском потоке одного вида и недостатки при потоках другого вида. Прогнозирование вида пассажирского потока на основании не только статистических данных, но и контекстной информации намного точнее и приведет к улучшению эксплуатационных характеристик системы в целом.

Теоретический анализ

Алгоритмы диспетчерского управления используются для распределения кабин по вызовам, полученным от пассажиров. Производительность системы лифтов может быть значительно увеличена, если система управления лифтами имеет доступ к контекстной информации и может выбрать правильный алгоритм диспетчерского управления в соответствии с пассажирским потоком в данный момент и в ближайшем будущем. Эффективность данного подхода подтверждается путем комплексного моделирования набора разнообразных алгоритмов диспетчерского управления и различных сценариев.

Здание определяется как система из N этажей и L кабин лифта. Кабины с индексом $\{1, 2, \dots, L\}$ либо стоят на этажах $\{1, 2, \dots, N\}$, либо движутся вверх или вниз. Вызовы с этажа инициируются пассажирами, которые нажимают кнопку на этаже и ждут прибытия лифта, причем вызов показывает необходимое пассажиру направление движения. Вызовы из кабины ини-

цируются пассажирами, которые вошли в лифт и нажимают кнопку этажа внутри кабины. Вызовы регистрируются контроллером, управляющим работой группы лифтов. Контроллер назначает кабину для обслуживания данного вызова. Назначение может быть задержано до тех пор, пока не появится лифт с достаточными возможностями для обслуживания вызова. Если назначено обслуживание хотя бы одного вызова, лифт движется в направлении целевого этажа, то есть первого вызова в последовательности обслуживания. Обобщенная структурная схема данной системы приведена на рис. 1.

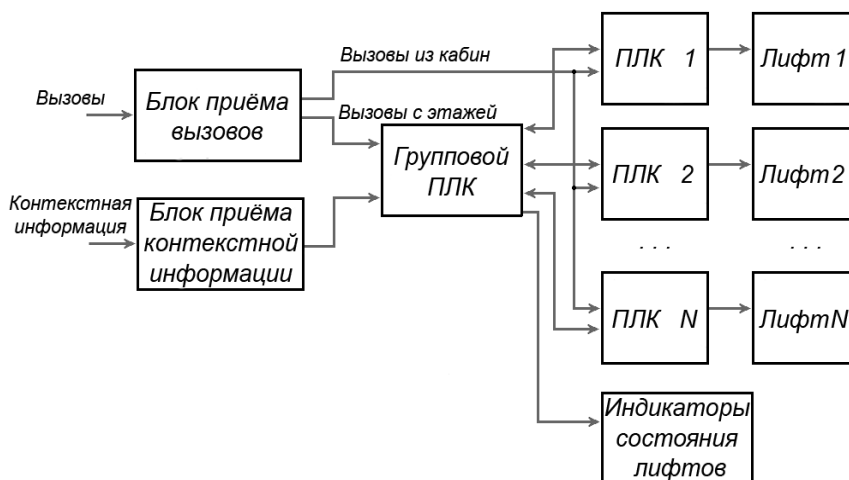


Рис. 1. Обобщенная структурная схема системы управления группой лифтов

Модели пассажирских потоков

Интенсивность пассажирского потока не является статической величиной и меняется в зависимости от времени суток. В офисных зданиях ситуация с максимальной интенсивностью пассажирского потока вверх возникает в утренние часы, когда люди из холла здания отправляются вверх по своим офисам. Практически все пассажиры прибывают на первый этаж, и вызовы равномерно распределяются по всем этажам здания, на которых расположены офисы. Очень похожим потоком, но идущим в обратном направлении, является максимальный поток вниз в конце рабочего дня, когда прибытие пассажиров равномерно распределяется по всем этажам, и для большинства из них целевым является первый этаж. Более сложной ситуацией является смешанный поток в обеденные часы, когда люди одновременно выходят из здания и входят в него. Данную ситуацию можно разложить на поток вниз приблизительно 50% пассажиров и поток вверх 50% пассажиров. Таким образом, в отличие от двух предыдущих видов пассажирского потока в данной ситуации требуется обслуживание в обоих направлениях с равной интенсивностью. Однако общая интенсивность пассажиропотока в данном случае, как правило, несколько ниже, чем в утреннее и вечернее время. В промежутках между этими тремя ситуациями потребность в обслуживании сводится к перемещению между этажами, когда пассажиры, прибыв на один этаж, затем отправляются на другой. Причем интенсивность данного потока значительно меньше, чем в остальных ситуациях. Типичное распределение интенсивности пассажиропотоков для описанных ситуаций дано в табл. 1.

Таблица 1. Типичные виды пассажирских потоков для офисного здания

Вид потока	Вверх (%)	Вниз (%)	Между этажами (%)
Максимальный поток вверх (утром)	90	0	10
Максимальный поток в обеденный перерыв	45	45	10
Максимальный поток вниз (вечером)	0	90	10
Равномерный поток между этажами	0	0	100

Критерии оценки эффективности алгоритма диспетчерского управления

Для оценки качественных характеристик системы управления группой лифтов был выбран ряд критериев. Если говорить о производительности системы лифтов, то наиболее важными численными характеристиками являются:

- среднее время ожидания (СВО) для всех пассажиров — время между регистрацией вызова с этажа и входом пассажира в лифт;
- среднее время в лифте (СВЛ) для всех пассажиров — время между входом пассажира в лифт и выходом из него на нужном ему этаже;
- число пассажиров, которые не были обслужены по истечении минуты после регистрации вызова ($VO > 60$ с);
- количество метров, пройденных кабиной, в расчете на одного пассажира (РП).

Чем меньше значение СВО и СВЛ, тем быстрее пассажиры попадают к месту назначения, и тем большее они испытывают удовлетворение от работы лифта. Следовательно, основной задачей усовершенствования системы управления лифтом является минимизация значений СВО и СВЛ. Также важным параметром является число пассажиров, которые не были обслужены по истечении минуты, что обозначается как $VO > 60$ с. Данный параметр приобретает особенно большое значение при ситуациях с интенсивным потоком пассажиров, поскольку большое число пассажиров не получает обслуживания, а параметр СВЛ (среднее время поездки) не охватывает группу не обслуженных пассажиров. Еще одним измеряемым параметром является расстояние, которое определяется как количество метров, пройденных кабиной, в расчете на одного пассажира. Чем выше значение этого параметра, тем менее эффективен алгоритм управления с точки зрения потребляемой энергии.

Обзор типовых алгоритмов диспетчерского управления

Диспетчерское управление группой лифтов заключается в распределении вызовов по кабинам лифта таким образом, чтобы время поездки пассажира стало минимальным. Существует множество подходов и методов решения этой задачи, начиная от простейшего "обслуживания сначала ближайшего вызова" до очень сложных алгоритмов с использованием искусственного интеллекта. Ниже дается обзор основных принципов диспетчерского управления группой лифтов и представлено несколько основных алгоритмов.

1. Круговая система является простым подходом, который несложно реализуется для предоставления неплохого обслуживания, особенно при невысокой интенсивности пассажиропотока. Блок-схема алгоритма для кругового управления представлена на рис. 2. Целью круговой системы при диспетчерском управлении группой лифтов является достижение равной нагрузки всех кабин лифта. Вызовы распределяются по мере их поступления последовательным образом по отдельным лифтам. Вызов 0 назначается к обслуживанию кабиной 0, вызов 1 — кабиной 1, вызов L — кабиной 0, вызов $L+1$ — кабиной 1 и так далее.

2. Диспетчерское управление при максимальном потоке вверх представляет собой особый вариант круговой системы, предназначенный для обслуживания максимального пассажирского потока вверх. Единственным отличием данного варианта является использование особой стратегии парковки: если групповой контроллер обнаруживает простаивающий лифт, он инициирует вызов с этажа 0 уровня, чтобы отправить данную кабину в холл первого этажа. Идея заключается в уменьшении времени ожидания будущих пассажиров, которые появятся в холле первого этажа. Блок-схема алгоритма, реализующего данный принцип управления, представлена на рис. 3.

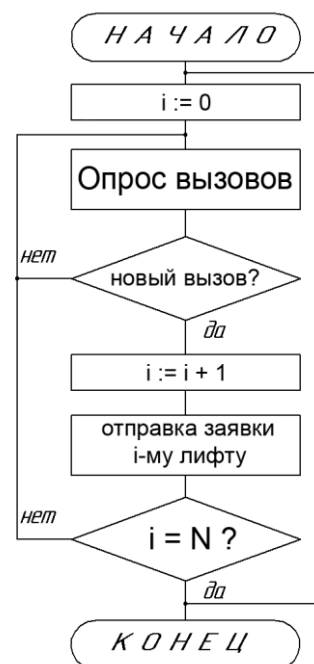


Рис. 2. Блок-схема кругового алгоритма управления группой лифтов

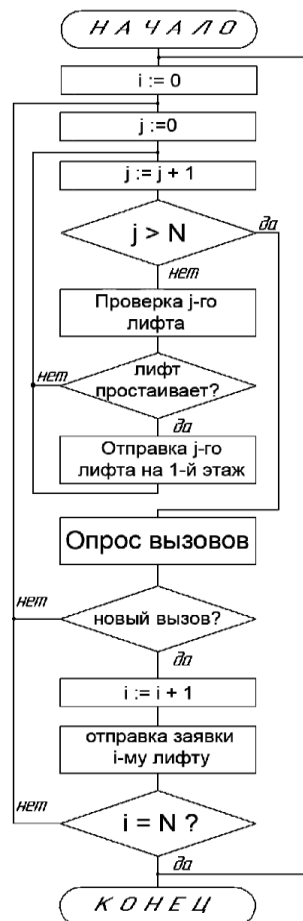


Рис. 3. Блок-схема адаптированного для максимального потока вверх алгоритма управления группой лифтов

3. Идея зонирования заключается в разделении здания на несколько прилегающих друг к другу зон. Каждый лифт обслуживает вызовы с этажей только той зоны, которая назначена для обслуживания данным лифтом. Основной целью данного подхода является уменьшение числа остановок кабины и, соответственно, общего времени поездки на лифте. Как правило, данный подход применяется в высотных зданиях, в которых установлены высокоскоростные лифты. В подобных условиях скоростной лифт может существенно увеличить пропускную способность системы только в том случае, если он имеет достаточно продолжительный отрезок безостановочного движения для разгона, обеспечиваемый алгоритмом зонирования. Кроме того, очевидно, что в зданиях, в которых применен принцип зонирования, возможно использование лифтов с разной скоростью перемещения кабины, в зависимости от расстояния между зоной лифта и первым этажом, входящим в зоны всех лифтов.

Здание, обслуживаемое t кабинами можно разделить на t зон. В зависимости от конкретных условий зоны могут пересекаться либо не пересекаться друг с другом. Разные лифты могут иметь зоны разного размера в зависимости от интенсивности пассажиропотока на обслуживаемых отдельным лифтом этажах. Простаивающие кабины отправляются на центральный этаж зоны с целью уменьшения времени ожидания для пассажиров на прилегающих к нему этажах. Зонирование может быть статическим, когда зоны постоянно закрепляются за группой лифтов, или динамическим, когда зоны закрепляются за группой лифтов временно и соответствие зоны группе лифтов изменяется по заданному графику [1]. Блок-схема алгоритма, реализующего данный принцип управления, представлен на рис. 4. На рис. 5 показан пример разбиения на зоны 16-этажного здания с тремя лифтами.

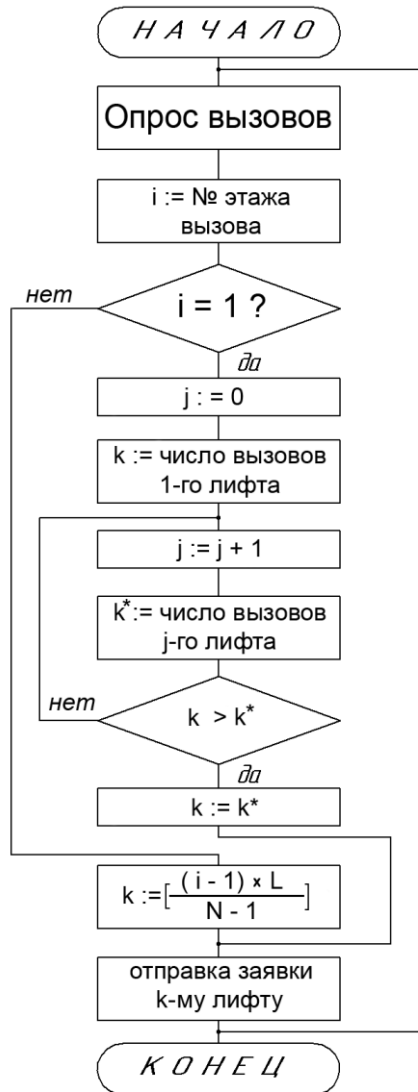


Рис. 4. Блок-схема алгоритма с использованием принципа зонирования

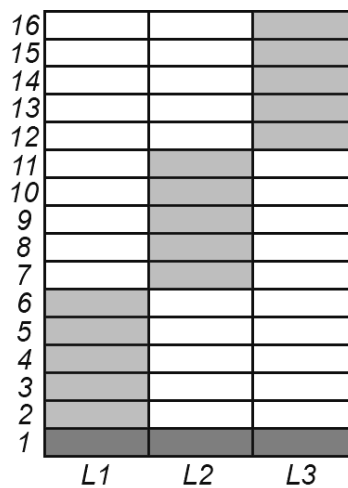


Рис. 5. Статическое зонирование 16-этажного здания с тремя лифтами

4. Алгоритм трех переходов представляет собой особый вариант алгоритма управления группой лифтов по расчетному времени прибытия (ETA) [2]. Он используется для определения последовательности обслуживания вызовов с этажей и основан на следующих положениях:

- вызовы прохода 1 ($P1$) лифт может обслужить по пути следования в настоящий момент времени;
- вызовы прохода 2 ($P2$) лифт может обслужить после того, как один раз изменит направление движения;
- вызовы прохода 3 ($P3$) лифт может обслужить после того, как дважды изменит направление движения.

Вызовы с этажей, предполагающие движение вверх, обслуживаются лифтом, идущим вверх. Вызовы, предполагающие движение вниз, обслуживаются только лифтами, идущими вниз. Принцип, заложенный в данном подходе, показан на рис. 7. Блок-схема соответствующего алгоритма приведена на рис. 6.

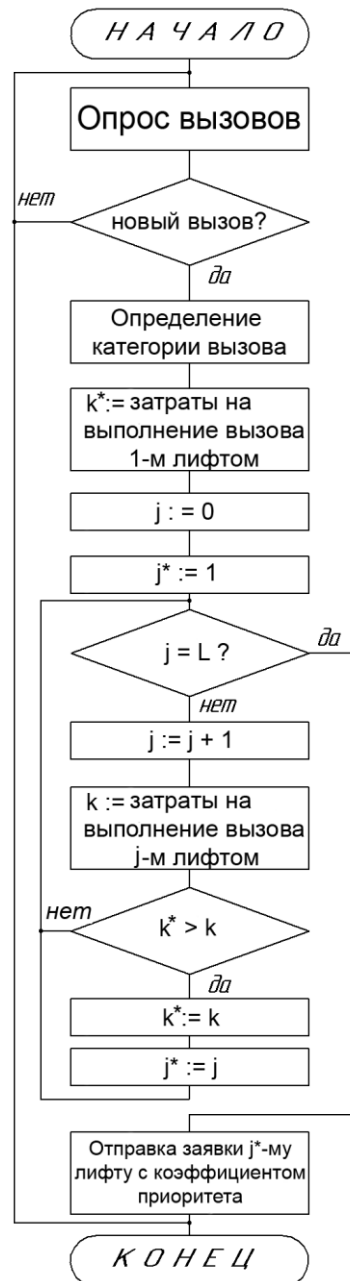


Рис. 6. Блок-схема алгоритма управления группой лифтов по расчетному времени прибытия (ETA)

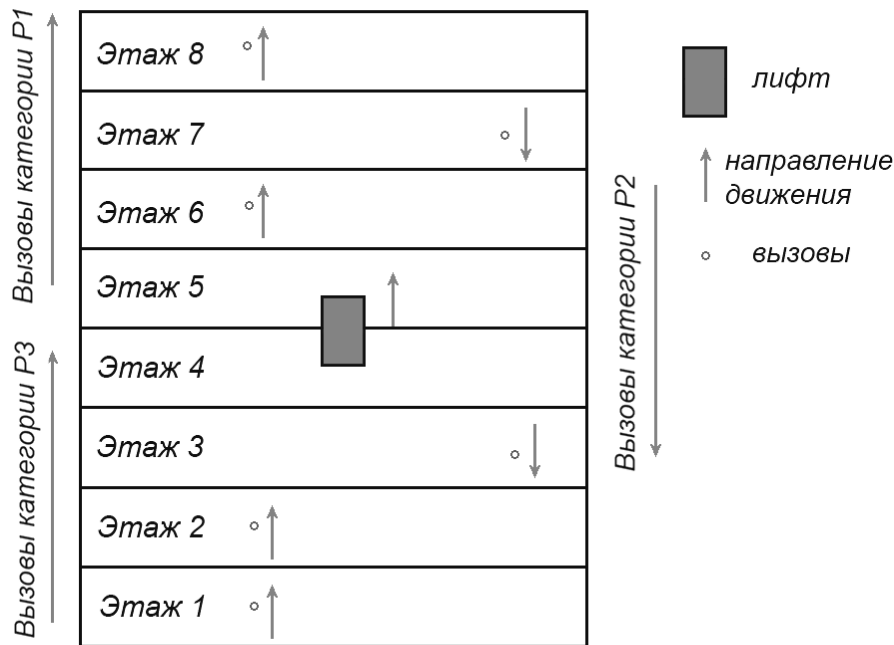


Рис. 7. Концепция трех переходов

Моделирование

Для определения точных значений параметров эффективности описанных выше алгоритмов, было произведено моделирование системы управления лифтом. Ввиду невозможности проведения эксперимента с реально существующей группой лифтов была использована компьютерная программа, моделирующая группу лифтов. Интерфейс программы предусматривает возможность ввода такой информации, как количество лифтов и этажей в здании, скорость движения лифта, время нахождения лифта на этаже с открытыми дверями, время открывания дверей, направление и интенсивность пассажиропотока в рассматриваемый период и максимально возможное количество людей в здании. Скорость прибытия пассажиров моделируется как случайная величина с распределением Пуассона.

Программа производит моделирование работы системы управления исходя из перечисленных входных параметров и генерируемых потоков пассажиров. Результатом работы программы является расчет таких параметров системы, как среднее время ожидания кабины лифта, среднее время нахождения в лифте, среднее время поездки, число пассажиров, которые не были обслужены по истечении минуты, а также пройденное кабиной расстояние в расчете на одного перевезенного пассажира.

Большинство параметров, используемых в качестве исходных при моделировании, было получено с учетом информации по образцам зданий. Прочими переменными характеристиками, преимущественно относящимися к лифтам, являются:

- ускорение кабины лифта (a);
- номинальная скорость кабины лифта (V);
- грузоподъемность с соответствующим средним числом пассажиров (P);
- средняя высота между этажами;
- время входа в лифт и выхода из лифта;
- время задержки пассажира.

Контрольные сценарии

Алгоритмы по-разному действуют для зданий разной величины, лифтов разных моделей и конфигураций. В связи с этим использовалось несколько различных сценариев, охваты-

вающих разные конкретные ситуации. Общим для всех из них было то, что рассматривались офисные здания. Точные параметры всех контрольных сценариев приведены в табл. 2.

Таблица 2. Контрольные сценарии

Здание	Этажей в здании	Людей в здании	Количество лифтов	Скорость движения кабины лифта, м/с	Ускорение кабины лифта, м/с ²	Грузоподъемность кабины лифта
1	23	2000	8	3	1	8
2	9	2400	6	1,6	0,65	6
3	10	450	3	1,6	0,65	4
4	13	2500	6	1,6	0,65	6

Средняя высота между этажами для всех зданий была задана равной 3 м, а время входа в лифт и выхода из него было задано равным 1 с. В здании 3 небольшое число людей, в результате чего даже в период наибольшей интенсивности потока пассажиров не очень много. Здание 1 представляет собой сценарий для среднего потока пассажиров. Здания 2 и 4 очень похожи, поскольку в них работает большое количество людей, и основным отличием между ними является число этажей. Скорость прибытия пассажиров принималась равной 12%, 9% и 6% от общего числа людей в здании в минуту. Осуществлялось по три прогона программы моделирования для каждого алгоритма и вида потока. Один прогон моделировал один час потока пассажиров и выполнялся 100 раз для расчета среднего значения, чтобы исключить возможность статистических отклонений.

Результаты и их обсуждение

По результатам моделирования были сделаны следующие выводы.

Для сценария с максимальным потоком вверх хорошо работает круговая система и алгоритм максимального потока вверх, особенно последний, для которого наблюдается меньшее время ожидания по сравнению с круговой системой для сценариев с не очень высокой интенсивностью прибытия пассажиров. С ростом интенсивности пассажиропотока этот разрыв сокращается, что объясняется стратегией парковки.

Для сценария максимального потока вниз лучшим алгоритмом является зонирование, за которым следует алгоритм ЕТА.

Ситуации обеденного перерыва лучше всего обслуживает алгоритм ЕТА. Круговая система и алгоритм максимального потока вверх также дают неплохой показатель СВП, но страдают высоким значением числа пассажиров ($VO > 60$ с). Для зданий с небольшим количеством людей эти три алгоритма дают примерно одинаковые результаты.

Для равномерного распределения наилучшим алгоритмом является зонирование, за исключением зданий с небольшим количеством пассажиров. Для зданий с небольшим количеством пассажиров очень хорошо работает алгоритм ЕТА и даже простая круговая система. Часто они работают лучше специально разработанных алгоритмов. Если рассматривать пройденное расстояние, то зонирование дает наименьшую эффективность.

Заключение

Разработана методика исследования эффективности алгоритмов диспетчерского управления и проведено исследование наиболее распространенных алгоритмов. Получена информация об эффективности различных алгоритмов при различных сценариях. Это позволяет реализовать переключение между алгоритмами при изменении характера пассажирского потока в здании и учитывать контекстную информацию.

ANALYSIS EFFECTIVETY OF DISPATCHING CONTROL ALGORITHMS

A.V. MARKOV, V.N. NIKONOV, V.P. KUZNETSOV

Abstract

Analysis of most popular algorithms of dispatching control is presented. The methodic of an estimation of their efficiency in various modes of the elevating mechanism is developed. Values of the parameters describing efficiency of the basic algorithms of dispatching management in various conditions are founded. It's permit to take context into account and realize switching between different algorithms when the character of passenger tread in building has changed.

Литература

1. Чан У.И., Соу А.Т.П. // Elevator World, 1997. P. 99–103.
2. Ронг А., Хаконен Х., Ладелма Р. Алгоритм управления группой лифтов на основе расчетного времени прибытия (ETA) с более точной оценкой // Технический отчет 584. Центр компьютерных наук г. Турку (TUCS). Турку, Финляндия, 2003.