

Синтез универсального алгоритма диспетчерского управления лифтами

Кузнецов В.П.; Марков А.В.; Никонов В.Н.; Силивонец М.В.

Кафедра СУ, ФИТиУ

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

г. Минск, Республика Беларусь

nrkn@mail.ru

Аннотация — Разработана платформа для оценки эффективности алгоритмов диспетчерского управления. Разработан эффективный универсальный алгоритм диспетчерского управления. Высокие показатели алгоритма по скорости обслуживания пассажиров и экономичности подтверждены моделированием в сравнении с наиболее распространёнными алгоритмами диспетчерского управления.

Ключевые слова: лифт, диспетчерское управление; алгоритм

I. ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на то, что лифты уже давно стали естественным явлением в повседневной жизни, задача распределения кабин лифта по вызовам оптимальным образом, далека от тривиальной. При высокой интенсивности пассажиропотока, как правило, образуется очередь. Длина этой очереди зависит от 2-х характеристик потока требований: интенсивности поступления требований статистических флуктуаций этой интенсивности. Если интенсивность поступления требований превышает пропускную способность системы, то система не справляется с потоком требований и начинает расти очередь неограниченной длины. Но даже если интенсивность поступления вызовов меньше пропускной способности системы, очередь может образовываться из-за статистических флуктуаций и внезапного накопления вызовов [2].

II. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ

Для оценки качественных характеристик системы управления группой лифтов был выбран ряд критериев. Если говорить о производительности системы лифтов, то двумя 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 60 с ($BO > 60$ с);
- количество метров, пройденных кабиной, в расчете на одного пассажира (РП).

Основной задачей усовершенствования системы управления лифтом является минимизация значений СВО и СВЛ. Параметр $BO > 60$ с приобретает особенно большое значение при ситуациях с интенсивным потоком пассажиров, поскольку большое число пассажиров не получает обслуживания, а параметр СВЛ не охватывает группу не обслуженных пассажиров. Чем выше значение РП параметра, тем менее эффективен алгоритм управления с точки зрения потребляемой энергии.

III. МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ

Для исследования эффективности алгоритмов диспетчерского управления было произведено моделирование системы управления лифтом для различных типов пассажирских потоков. Моделирование проводилось с помощью разработанной для этой цели компьютерной программы. Моделирование проводилось для зданий с разным количеством лифтов и этажей, с разной скоростью лифта, и интенсивность пассажиропотока в здании. Скорость прибытия пассажиров моделируется как случайная величина с распределением Пуассона.

$$f(K) = \frac{\lambda^k}{K!} e^{-\lambda}, k = 0, 1, 2, \dots, \quad (1)$$

Результатом работы программы является расчёт параметров СВО, СВЛ, СВП, $BO > 60$ с и РП. Алгоритмы по-разному действуют для зданий разной величины, лифтов разных моделей и конфигураций. В связи с этим использовалось несколько различных сценариев, охватывающих разные конкретные ситуации.

IV. НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЁННЫЕ АЛГОРИТМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

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.

Диспетчерское управление при максимальном потоке вверх представляет собой особый вариант круговой системы, где простаивающий лифт отправляется на первый этаж для уменьшения времени ожидания будущих пассажиров, которые появятся в холле первого этажа.

Идея зонирования заключается в разделении здания на несколько прилегающих друг к другу зон. Каждый из лифтов обслуживает вызовы с этажей той зоны, которая назначена для обслуживания данным лифтом. Основной целью данного подхода является уменьшение числа остановок кабины и общего времени поездки на лифте.

Алгоритм трех переходов [1] разбивает все вызовы на 3 категории:

- вызовы, которые лифт может обслужить без изменения направления движения;
- вызовы, которые лифт может обслужить после того, как один раз изменит направление движения;
- вызовы, которые лифт может обслужить после того, как дважды изменит направление движения.

Приоритет выполнения вызовов убывает от первой группы к третьей.

V. ИТЕРАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ

Энергоэффективность работы лифта определяется двумя основными составляющими: экономичностью и качеством обслуживания пассажиров. Экономичность определяется расходом электроэнергии, необходимой для нормального функционирования. Качество обслуживания пассажиров определяется временем ожидания лифта и временем поездки пассажира в лифте. Экономичность и качество обслуживания пассажиров – противоречивые параметры. Увеличить долю сэкономленной электроэнергии можно за счет оптимизации процесса перевозки пассажиров, когда за счет небольшого увеличения времени ожидания лифта одновременно будет запускаться большее количество лифтов. Это увеличит вероятность одновременной работы лифтов в генераторном и двигательном режимах. Следует учитывать, что до посадки пассажиров неизвестны их масса и направление движения, а следовательно, неизвестен и режим работы электропривода. Разработанная методика позволяет оценить эффективность алгоритма для условий конкретного здания и найти разумный компромисс между экономичностью и качеством обслуживания пассажиров.

Цель работы системы управления группой лифтов в таком распределении запросов на обслуживание между лифтами группы с учётом уже имеющихся внутренних заданий, чтобы минимизировать время обработки запросов. Нужно разбить всё множество запросов M , поступающих с различных этажей здания, на такие

непересекающиеся подмножества M_i ($M = \bigcup_{i=1}^n M_i$, $i=1, 2, \dots, n$, где n - число лифтов в группе), чтобы максимальное время отработки i -м лифтом подмножества запросов M_i с учётом уже имеющегося внутреннего задания, было минимальным. Т.е. было минимальным время

$$T = \max \{T_i; i=1,2,\dots,n\}, \quad (2)$$

где T – общее время обслуживания всех запросов, T_i – время обслуживания i -м лифтом подмножества запросов M_i . Сформулированную выше задачу можно отнести к классу комбинаторных задач, для решения которых существует ряд методов. Однако все эти методы так или иначе требуют полного перебора возможных вариантов, число которых при решении задачи будет равно:

$$C = (2^n - 1)^m, \quad (3)$$

где m – число запросов, n – число лифтов. В максимальном случае $m = 2K - 1$, где K – число этажей в здании. Поэтому:

$$C = (2^n - 1)^{2K-1}. \quad (4)$$

Например, если число этажей в здании 20, а число лифтов – 8, то получаем:

$$C = (2^8 - 1)^{39} \approx 2^{312}. \quad (5)$$

Понятно, что осуществить такой полный перебор в реальном времени изменения ситуации (изменения

множества запросов, внутренних заданий и положения лифтов) практически невозможно. Рассмотрим иной подход к подобной проблеме комбинаторного целераспределения, основывающийся на стратегии распределенного или коллективного принятия решения. Этот подход основывается на итерационном алгоритме оптимизации, суть которого заключается в последовательном выборе каждым объектом, входящим в группу, такой цели, которая давала бы экстремальное приращение целевого функционала при фиксированном выборе всех остальных объектов группы. Итерационный процесс оптимизации продолжается до тех пор, пока в двух последовательных циклах итерации значение целевого функционала не изменяется. Данный подход позволяет существенно снизить число анализируемых вариантов, поскольку каждый объект (лифт) группы принимает решение только о своих действиях, не пытаясь при этом решать задачу оптимизации действий всех лифтов группы.

В ходе разработки итерационного алгоритма было установлено, что значительное влияние на результаты итерационного поиска имеет выбор начального распределения вызовов по лифтам группы и критериев пошаговой оптимизации. В ходе моделирования было разработано два варианта итерационного алгоритма – с упором на быстродействие и с приоритетом экономии электроэнергии.

VI. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Моделирование показало, что лучшим из стандартных алгоритмов показал себя алгоритм трёх переходов. Преимущество итерационного алгоритма оптимизированного для быстродействия над алгоритмом трёх переходов составило 9-17% по времени обслуживания пассажиров и 1-9% по потреблению энергии для различных зданий и интенсивности пассажиропотока. Итерационный алгоритм, оптимизированный для экономичности, показал преимущество на 3-11% по времени обслуживания и на 6,5 – 18% по затратам энергии.

[1] Ронг А., Хаконен Х. и 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.

[2] Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. Пер. с англ./Пер. И.И. Грушко; ред. В.И. Нейман. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с., ил.