

Стратегия оптимизации движения автомобилей по магистрали города с использованием бинарного дерева решений

Войцехович О.Ю.; Шуть В.Н.

Кафедра ИИТ

Брестский Государственный технический университет

Брест, Беларусь

e-mail: vandox@mail.gu

Аннотация — Предложен подход для координации времени горения сигналов светофоров в режиме реального времени вдоль городской магистрали. Наш метод распознает и предсказывает движение групп транспортных средств на магистрали и прилегающих к ней улицах (т.е. времена их прибытия к перекресткам, их размеры и скорость) с помощью полученных с детекторов и отфильтрованных данных за последние несколько минут. Сигналы настраиваются таким образом, что предсказываемым пачкам для безостановочного движения выделяется соответствующее время горения зеленого сигнала светофора. Если 2 пачки с конфликтных направлений подъезжают к перекрестку одновременно, то либо одной, либо другой будет дан приоритет, т.е. одна из пачек вынуждена будет остановиться или будет расколота, чтобы оптимизировать выбранный критерий эффективности. Эта статья описывает, как такие конфликты разрешаются с помощью соответствующего алгоритма. Также обсуждается моделирование транспортного потока. Т.к. модель используется для тестирования разработанного подхода в управлении транспортом.

Ключевые слова: адаптивное управление; магистраль; пачка автомобилей; транспортный поток; фаза; светофорный цикл.

I. ВВЕДЕНИЕ

Задача состоит в разработке адаптивной системы управления транспортом, работающей в режиме реального времени вдоль городской магистрали, способной координировать светофоры для улучшения дорожной ситуации в целом. Еще одна задача состоит в моделировании, тестировании и оценке разработанной системы.

Для решения поставленной задачи предложен подход, координирующий время горения сигналов светофоров, путем распознавания и предсказания движения групп транспортных средств (пачек) на магистрали и прилегающих к ней улицах, с помощью полученных с детекторов и отфильтрованных данных. Для тестирования разработанного подхода в управлении транспортом была реализована имитационная модель.

II. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Адаптивная система управления состоит из 3 частей: предсказание прибытий и очередей (обрабатывает данные с детектора и осуществляет предсказание); система принятия решений (строит дерево решений и выбирает оптимальные времена и длительности горения зеленого и красного сигналов для магистрали и прилегающих дорог); продвижение (модифицирует массив, где хранятся данные о распознанных пачках транспортных средств).

Разрабатываемая система управления работает на уровне пачек автомобилей и их скоростей. Критерием оптимизации являются средние задержки, которые необходимо свести к минимуму. Система предсказывает транспортный поток (предсказание осуществляется в пространстве и времени), чтобы

осуществить упреждающее управление. С помощью построения бинарного дерева решений выбираются оптимальные настройки светофоров, которые отвечают сделанным предсказаниям.

Большинство существующих подходов, управляющих транспортным потоком, используют статистические сглаженные данные. Такие системы основаны на временных планах светофоров, оперирующих временем цикла, расколами и смещением. Такой подход пригоден для медленно меняющихся характеристик, но не подходит, если рассматривать реальные колебания транспортного потока, которые статистические подсчеты не могут учесть.

В разрабатываемой системе акцент смещается от модификации временных параметров, реагирующих на уже случившиеся изменения транспортного потока, к упреждающей настройке параметров светофора для предсказываемого состояния транспортного потока. И это ее главное преимущество, которое делает систему гибкой. То есть мы не устанавливаем временные планы в терминах времени цикла, расколов и сдвигов фаз. А скорее в терминах длительности и последовательности фаз.

Система нуждается: 1. в обмене данными в режиме реального времени с процессором; 2. в вычислительных возможностях на уровне PC, 3. во входной информации о характеристиках транспортного потока, считываемой с датчиков в реальном времени. Система централизованная, т.к. данные со всех датчиков собираются в центр управления, где происходит прогнозирование и выбор оптимальных фаз.

Для предсказания необходимы следующие входные данные: 1. время проезда от детектора к детектору; 2. коэффициент очистки очереди и 3. доля сворачиваемого транспорта. Выходные данные используются алгоритмом управления.

За основу был взят алгоритм управления, предложенный P. Dell'Olmo и P.V. Mirchandani [1]. Если прогнозируется, что две или более пачки подъедут к перекрестку и создадут конкурирующий спрос на время горения зеленого сигнала светофора для конфликтных направлений, тогда должно быть определено, какому направлению движения отдать время горения зеленого сигнала. Решение, что сделать зависит от полученного значения выбранного критерия эффективности. Оптимальное разрешение конфликтов в реальном времени, или иными словами, оптимизация движения распознанных пачек автомобилей – это основная цель алгоритма управления.

Для разрешения конфликтных ситуаций, алгоритм заблаговременно строит дерево решений. Каждый возникающий конфликт формирует узел в дереве решений; типы решений в этом узле включают: а) дать зеленое время пачке А, т.е. остановить пачку Б (пачка А подъезжает раньше); б) расколоть пачку А (т.е. зеленое время предоставить пачке Б). Каждая ветка

дерева рассматривается далее, чтобы сохранить путь от начального узла к потенциальному решению. Построение дерева заканчивается, когда разобраны все конфликты. Конечные узлы будут представлять собой полную стоимость всех решений, которые идут от корня к конечному узлу дерева решений. Выбор единственного решения с минимальной задержкой, дает конечную стоимость траектории решения конфликтов. Путь по дереву от корня к выбранному листу обеспечивает фазовый план – конечная цель всего алгоритма.

III. ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ

В системе был использован алгоритм идентификации пачек, основанный на двух пороговых параметрах: максимальное расстояние между двумя автомобилями в пачке и минимальное число автомобилей, которые составляют пачку.

Алгоритм начинает работу с начального решения о распределении фаз, которое может быть получено с использованием статистических данных и определяет первый узел в дереве решений. Критерий эффективности, связанный с начальными фазами становится верхней границей при выполнении алгоритма. Продвижение алгоритма во времени включает следующие шаги:

1. В массив, который находится в корне дерева, заносятся все, распознанные детектором за промежуток времени пересчета, пачки.

2. Для всех пачек предсказываются времена прибытия к ближайшему перекрестку.

3. Если найден конфликт, то в дереве формируется две новые ветви с узлами. Затем поиск конфликтов рекурсивно перезапускается. Т. о., строим дерево конфликтов.

4. Когда конфликтов больше нет, прогнозируются прибытия пачек на следующие перекрестки и происходит поиск возможных конфликтов.

5. Когда конфликтов больше нет, выбирается оптимальное решение.

6. На дереве решений возвращаемся в точку, где ни одна пачка не переносилась на следующий перекресток (состояние до 4 пункта алгоритма). В результате получаем интервалы горения обязательного зеленого сигнала для каждого светофора магистрали. Это будет решением до нового пересчета, или до передачи фаз на светофоры.

7. Для пересекающихся направлений отмечаем обязательный красный, в момент горения обязательного зеленого, найденного в предыдущем пункте.

8. Продвижение. С учетом полученных фаз и изменений на дороге, модифицируем массив пачек в корне дерева. Т.е. пачки проходят светофоры, в соответствии с оптимальной фазовой последовательностью. Пачки, не покинувшие перекресток, должны быть учтены в дальнейших расчетах. Такие пачки не удаляются из массива. Пачки (их части) удаляются из массива, если они проехали перекресток.

9. Запускаем алгоритм заново.

IV. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Для тестирования системы была создана микроскопическая стохастическая имитационная модель и в настоящий момент происходит ее кооперация и синхронизация с системой управления. Генерация автомобилей рассматривается как неоднородный пуассоновский процесс. Количество прибытий автомобилей следует распределению Пуассона с параметром λ , где λ – среднее количество прибытий в единицу времени. Моделирование транспортных потоков было выполнено с помощью клеточного автомата (КА) [2,3]. КА – это модели, которые являются дискретными в пространстве, времени и переменных состояния. Из-за дискретности, КА являются чрезвычайно эффективными в реализации на компьютере. Самый простой набор правил, который приводит к реалистичному поведению, был введен в 1992 году учеными Nagel и Schreckenberg [4]. Он состоит из 4 шагов, которые должны применяться одновременно для всех автомобилей (параллельно или синхронно). Вышеприведенный набор правил является минимальным в том смысле, что отсутствие одного из 4 шагов будет вести к не реалистичному поведению. Шаг 1: разгон. Все машины, не достигшие максимальной скорости v_{max} ускоряются на одну единицу: $v \rightarrow v+1$ Шаг 2: безопасная дистанция. Если у машины есть d пустых ячеек перед собой и ее скорость v (после шага 1) больше, чем d , то она уменьшает скорость до d : $v \rightarrow \min\{d, v\}$ Шаг 3: эффект случайности. С вероятностью p , транспортное средство уменьшает скорость на одну единицу (если v после шага 2): $v \rightarrow v-1$ Шаг 4: езда. После шагов 1-3 новая скорость v_n для каждой машины n определяет продвижение на v_n ячеек: $x_n \rightarrow x_n + v_n$.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Была создана адаптивная система управления транспортным потоком способная координировать сигналы светофоров с целью достичь минимальной средней задержки и снизить необходимость постоянного наблюдения за перекрестком и настройки светофоров. Целью алгоритма управления является гибкое реагирование на стохастическое поведение транспортного потока. В данный момент проводится тестирование системы управления с помощью имитационной модели. В будущем планируется оценка, оптимизация на уровне отдельных автомобилей и т.д.

[1] P. Dell’Olmo, P.B. Mirchandani, “REALBAND: An Approach for Real-Time Coordination of Traffic Flows on a Network,” Transportation Research Record. – 1995. – 1494. – P. 106-116.

[2] D. Chowdhury, L.Santen, A. Schadschneider “Statistical physics of vehicular traffic and some related systems,” Physics Reports. – 2000. – 329. – P. 199.

[3] S. Wolfram “Theory and Applications of Cellular Automata,” World Scientific. – 1986.

[4] K. Nagel, M. Schreckenberg “A cellular automaton model for freeway traffic,” J. Physique. – 1992. – 2. – P. 2221.