ВЫБОР ДИСЦИПЛИНЫ передачи данных сенсорного узла

М.Авраменко, магистрант СПбГУТ,
В.Гойхман, к.т.н., доцент СПбГУТ / vg@sotsbi.ru

УДК 621.398, DOI: 10.22184/2070-8963.2017.63.2.34.39

Рассмотрены возможности применения технологии M2M для экологического мониторинга окружающей среды; представлен анализ дисциплин передачи данных сенсорного узла, обеспечивающего сбор экологической информации.

Приложения Интернета вещей (IoT, Internet of Things) приобретают все большую популярность в различных технологиях и сферах деятельности человека. Исследовательская компания Gartner выделяет основные направления дальнейшего развития Интернета вещей, среди которых: IoT-платформы, позволяющие создавать конвергентные услуги; IoT-экосистемы, реализующие сервис в виде интерфейсов прикладного программирования (API) для интеграции в уже существующие решения различных направлений; системы для анализа данных IoT [1].

Одной из наиболее важных и популярных технологий Интернета вещей является технология межмашинного взаимодействия (M2M, Machine-to-Machine communication) [2]. С каждым годом растет число устройств, осуществляющих информационное взаимодействие посредством сетей связи без участия человека, в рамках концепции M2M [3]. Вопросам исследования технологии межмашинных коммуникаций посвящено большое количество работ [4, 5, 6, 7], где подчеркивается ее значимость и перспективность. Одна из областей, где широко применяется M2M, – экологический мониторинг окружающей среды.

Как правило, подобные системы имеют клиент-серверную архитектуру, где в роли клиентов выступают сенсорные узлы, отправляющие собранную информацию о состоянии окружающей

среды на сервер. Дисциплина работы сенсорного узла по передаче накопленной информации к серверу оказывает существенное влияние на работу всей системы в целом.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

M2M-коммуникации имеют ряд особенностей, отличающих их от традиционных сетей связи. Среди них наиболее значимые: объединение в сеть большого числа сенсорных узлов, их небольшие габариты и низкая стоимость; низкое энергопотребление; ограниченные аппаратные ресурсы. Соответственно, к сенсорным узлам предъявляются определенные требования. Они должны обладать высокой степенью автономности, так как могут располагаться в труднодоступных местах, где их техническое обслуживание может быть затруднено, а время жизни сенсорного узла зависит от состояния его источника питания (следовательно, энергопотребление узла должно быть минимальным). С увеличением числа узлов в сети возникает и задача минимизации трафика – для снижения нагрузки на серверное оборудование.

Указанные особенности M2M-решений порождают задачу выбора разумной дисциплины передачи информации от сенсорного узла к серверу, так как значительная часть электроэнергии тратится сенсорным узлом именно на передачу данных, а не на процесс их получения и обработку.

Можно выделить три вида дисциплины передачи данных внутри M2M-систем: с заданной периодичностью; по запросу; дисциплина передачи данных, управляемая событиями.

Дисциплина передачи данных с заданной периодичностью предполагает регулярную, через равные промежутки времени, отправку сенсорным узлом собранной им информации. Достоинство этого подхода – простота реализации и предсказуемый характер формируемого трафика. А в качестве основного недостатка следует отметить тот факт, что передача данных осуществляется независимо от того, существенна передаваемая информация или нет. Таким образом, зачастую производится передача избыточной информации, что отрицательно влияет на энергопотребление сенсорного узла.

Дисциплина передачи данных по запросу, наоборот, предполагает, что сенсорный узел никогда сам не является инициатором передачи, а может осуществлять передачу данных только при получении запроса от сервера. Основные недостатки такого решения: есть риск несвоевременного получения важной информации; система такого рода должна быть централизована, опрос сенсорных узлов – производиться общим центральным устройством, которое должно обладать информацией о всех сенсорных узлах в сети

для передачи им запросов, что несомненно увеличивает нагрузку на серверное оборудование и затрудняет масштабирование.

Третий тип – дисциплина передачи данных – предполагает, что данные отправляются сенсорным узлом лишь в том случае, если их значения превысили

Рис.2. Суточный график, характеризующий наличие вредных примесей в атмосфере

Рис.3. Алгоритм работы сенсорного узла

заранее заданный порог. Например, сенсорный узел может отправлять данные, если измеряемое значение температуры достигло заранее заданной величины.

Для анализируемой системы сбора экологической информации первая и вторая дисциплины не подходят, так как в первом случае постоянная передача данных существенно снизит время автономной работы сенсорного узла, а во втором – в периоды между опросами сенсорного узла сервером могут быть потеряны существенные для последующего анализа значения. Поэтому была выбрана третья дисциплина – передачи данных, управляемая событиями.

Исследуемая система сбора экологической информации реализует концепцию архитектуры межмашинного взаимодействия. Она содержит специально разработанный сенсорный узел с датчиками экологического мониторинга окружающей среды (рис.1). Подробное описание данной системы приведено в [5].

Разработанная система позволяет определить наличие вредных примесей в атмосфере, температуру, влажность и атмосферное давление. Система состоит из миниатюрных автономных сенсорных узлов, включающих в себя датчики для измерения атмосферных явлений и модуль Wi-Fi, который является шлюзом и ретранслятором собранных данных, а также выполняет функции микроконтроллера, осуществляя первичный сбор и анализ данных от датчиков и передачу их на удаленный сервер по протоколу MQTT.

В данном решении был использован канал Wi-Fi для передачи данных, поскольку такие сенсорные узлы могут применяться в условиях городской застройки.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поскольку был принят событийный характер передачи информации от датчиков, требовалось определить пороговые значения анализируемых параметров, достижение которых являлось бы сигналом к началу передачи данных.

Для этого предварительно были проведены эксперименты по определению характера изменений контролируемых параметров в течение суток, результаты которых приведены на рис.2. В качестве примера взят показатель, характеризующий наличие вредных примесей в атмосфере в виде графика зависимости значений вредных примесей в миллионных долях (ppm) от времени суток.

На представленном графике видно, что данные об атмосферных показателях за сутки хотя и являются медленно меняющимися, но тем не менее содержат существенные отклонения от ожидаемых значений.

Именно в эти моменты целесообразно передавать информацию от датчиков к серверу.

Однако для построения алгоритма работы серверного узла следует формализовать понятие "значительное отклонение". Для этого можно применить известный алгоритм определения грубых выбросов,

определяющий границы интервала, за которым значения считаются грубыми выбросами [6]. В рамках этого алгоритма нижняя граница определяется как разность первого квартиля и межквартильного расстояния, взятого с соответствующим коэффициентом, а верхняя – как сумма третьего квартиля

и межквартильного расстояния, взятого с тем же коэффициентом. Таким образом, сенсорный узел должен инициировать передачу данных на сервер при достижении одним из контролируемых параметров значений, выходящих за вычисленные границы.

Разработанный алгоритм работы сенсорного узла представлен на рис.3 в виде блок-схемы и начинается с инициализации сенсорного узла. Далее запускается таймер, в течение которого осуществляется сбор данных от датчиков. После сброса таймера полученные данные анализируются для выявления существенных значений и передачи путем применения алгоритма нахождения грубых выбросов. При нахождении значений, достигших критичных показателей, они передаются на MQTT-брокер (сервер, на котором запущено соответствующее приложение для принятия данных по протоколу MQTT) при помощи организации канала Wi-Fi между узлом и точкой доступа. По окончании успешной передачи данных на сервер процедура повторяется.

Эксперименты проводились в четырех районах Санкт-Петербурга: Приморском, Калининском, Невском и Василеостровском. По результатам были выявлены сходные тренды изменения анализируемых параметров. Далее были обработаны данные, полученные для одного из районов (Калининского). Для них описанным выше алгоритмом был построен коридор границ, значения за которым считаются имеющими значительное отклонение и подлежат немедленной передаче на сервер. Полученные результаты приведены на рис.4, где в качестве примера взят показатель, характеризующий наличие вредных примесей.

По результатам проведенных экспериментов было выявлено, что сенсорный узел, работающий по вышеописанной дисциплине, передал бы в четыре раза меньше информации, чем при периодической передаче. Соответственно, уменьшение объема передаваемых данных путем их предварительной обработки увеличит время автономной работы сенсорного узла и снизит нагрузку на серверную часть при построении масштабируемой системы.

Анализ количественных характеристик трафика

При использовании сенсорным узлом дисциплины передачи данных "по событиям" интервалы между моментами прихода данных о состоянии датчиков на сервер являются случайными величинами, поскольку передача данных от сенсорного узла

зависит от внешних событий, которые, в общем случае, являются случайными.

В процессе экспериментов было получено достаточное количество данных, чтобы статистически оценить распределение плотности вероятностей интервалов между передачей данных. Соответствующая гистограмма по всем районам, где проводились измерения, приведена на рис.5, где в качестве примера взят показатель, характеризующий наличие вредных примесей.

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что наиболее часто величина интервала между передачей данных укладывается в промежуток от 0 до 36 мин. Математическое ожидание указанного интервала составляет 27,06 мин, среднее квадратическое отклонение (СКО) – 30,96 мин.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о целесообразности использования комбинированной дисциплины передачи данных, то есть дисциплины, сочетающей в себе свойства и дисциплины передачи данных с заданной периодичностью, и дисциплины передачи данных, управляемой событиями.

В этом случае до тех пор, пока измеряемые данные находятся внутри прогнозируемого коридора, то есть не достигают значений, которые представляют собой "значительные отклонения", используется дисциплина передачи данных с заданной периодичностью. При достижении же значений, квалифицируемых как "значительные отклонения", вступает в действие дисциплина передачи данных, управляемой событиями. Событием здесь как раз и является достижение соответствующим параметром "значительного отклонения".

Исходя из полученных данных о величинах математического ожидания и СКО, можно сделать вывод о величине интервала, с которым может функционировать дисциплина передачи данных с заданной периодичностью. Можно предположить, что этот интервал долженкратно превосходить сумму значений математического ожидания и СКО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования был проведен анализ дисциплин передачи данных на примере разработанного M2M-решения для экологического мониторинга окружающей среды. Приведены характеристики основных дисциплин передачи данных в сетях межмашинных коммуникаций, разработан алгоритм работы сенсорного узла, определены численные значения характеристик трафика, порождаемого сенсорным узлом.

Очевидно, что выбор дисциплины передачи данных сенсорным узлом зависит от разрабатываемого

приложения для M2M-коммуникаций. В рассмотренном решении оптимальной дисциплиной, по мнению авторов, является комбинированная дисциплина передачи данных, так как ее использование позволит снизить объем передаваемой информации и, соответственно, увеличить время автономной работы сенсорного узла, а также снизить нагрузку на серверную часть.

Описанный подход к выбору дисциплины передачи данных сенсорным узлом может находить применение не только в системах, связанных с экологическим мониторингом, но и в других, например, в медицинских системах, предназначенных для получения данных о состоянии пациента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gartner Identifies the Top 10 Internet of Things Technologies for 2017 and 2018 [Электронный ресурс] / IANA.org. – Режим доступа: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3221818> (дата обращения: 26.10.2016).
2. TS 102 690 V2.1.1 (2010) Machine-to-Machine communications (M2M); Functional architecture: [Электронный ресурс] // ETSI. – Режим доступа: http://www.etsi.org/dliver/etsi_ts/102600_102699/102690/02.01.01_60/ts_102690v020101p.pdf (дата обращения: 01.09.2016).
3. Magic Quadrant for Managed M2M Services, Worldwide [Электронный ресурс] / IANA.org. – Режим доступа: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=K6E5J3&ct=161018&st=sb> (дата обращения: 26.10.2016).
4. Гойхман В.Ю., Савельева А.А. Аналитический обзор протоколов Интернета вещей // Технологии и средства связи. 2016. № 4.
5. Гойхман В.Ю., Лаврова А.Р. Протокол MQTT. Особенности, варианты построения, основные процедуры // Технологии и средства связи. 2016. № 4.
6. Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е. Сети связи пост-NGN. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. 160 с.
7. Росляков А.В., Ванияшин С.В., Гребешков А.Ю., Самсонов М.Ю. Интернет Вещей. – Самара: ИУНЛ ПГУТИ, 2014. 340 с.
8. Авраменко М.В. Разработка M2M-решения для экологического мониторинга окружающей среды // Материалы V Международной научно-технической и научно-методической конференции: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. – СПб., 2016.
9. Зайдель А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений. – Л.: Наука, 1965. 99 с.