



В.В. Мохин, А.А. Терентьев, С.А. Золотов

**Опыт использования технологии
"издатель-подписчик" при создании
распределённых
информационно-управляющих систем**

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Мохин В.В., Терентьев А.А., Золотов С.А. Опыт использования технологии "издатель-подписчик" при создании распределённых информационно-управляющих систем // Научный сервис в сети Интернет: труды XIX Всероссийской научной конференции (18-23 сентября 2017 г., г. Новороссийск). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2017. — С. 363-368. — URL: <http://keldysh.ru/abrau/2017/41.pdf> doi:[10.20948/abrau-2017-41](https://doi.org/10.20948/abrau-2017-41)

Размещена также [презентация к докладу](#)

Опыт использования технологии "издатель-подписчик" при создании распределённых информационно-управляющих систем

В.В. Мохин, А.А. Терентьев, С.А. Золотов

ООО «НИЦ СВТ»

Аннотация. В данной статье описывается опыт и результат поиска решения проблемы передачи данных в распределённых информационно-управляющих системах.

Ключевые слова: информационно-управляющие системы, протокол передачи данных, вычислительные сети

1. Введение

Актуальной задачей в области систем автоматизированного управления является поиск решений взаимодействия и передачи информации между узлами информационно-управляющей системы. Для оптимального решения данной задачи целесообразно разработать единую архитектуру программного обеспечения прикладного уровня, которая позволила бы решать широкий спектр телекоммуникационных задач в информационных системах различного назначения и соответствовала следующим требованиям:

- повышенные требования по отказоустойчивости;
- лёгкая масштабируемость как на этапе разработки системы, так и в ходе её модернизации;
- возможность применения в системах реального времени;
- возможность реализации на основе основных промышленных стандартов сетей передачи данных (Ethernet, CAN, RS-485).

В данной работе рассматривается способ построения самоорганизующейся, отказоустойчивой, гетерогенной распределённой информационно-управляющей системы.

2. Выбор протокола передачи данных

При проектировании распределённых информационно-управляющих систем на основное место выходит вопрос коммутации и передачи данных между отдельными узлами системы. Для этих целей можно применить различные подходы в организации процесса передачи данных.

2.1. Модель «ведущий/ведомый»

Протоколы типа «ведущий/ведомый» [1] могут быть реализованы либо с опросом, либо без него.

Реализация технологии «с опросом» подразумевает, что в сети существует ведущая станция, синхронизирующая работу ведомых путём распределения временных слотов для передачи и приёма порций данных. Ведомые станции могут ответить ведущей, что не могут принять данные или им в данный момент нечего передавать, либо начать передачу данных. Недостатком этого метода является нерациональное использование пропускной способности каналов в случае неравномерного поступления информации от различных источников. Чтобы оптимизировать процесс опроса ведомых станций применяется циклический опрос с неравномерным шагом — частота опроса малоактивных станций ниже, чем частота опроса высокоактивных станций. Данный принцип позволяет оптимизировать нагрузку на сеть и не терять время на опрос станций с низкой активностью. При этом частота опроса может меняться динамически.

Основные достоинства протоколов с опросом:

- Возможность использования в системах жёсткого реального времени;
- Строгое определение среднего времени ожидания реакции (т. к. весь функционал коммутации возложен на ведущую станцию);
- Гибкость — возможность адаптации протокола под нужды системы.

Важнейшие недостатки:

- Значительное увеличение времени передачи при необходимости подтверждения доставки (хотя можно увеличить количество ведущих станций, но тогда будет возникать проблема синхронизации между собой нескольких ведущих станций);
- Необходимость дублирования ведущей станции, т. к. при выходе из строя данной станции прекращается работа всей сети передачи данных;
- Увеличение количества ведомых станций приводит к увеличению времени реакции всей системы (возрастает нагрузка на ведущую станцию);
- Малоактивные узлы всё равно потребуются опросить.

2.2. Равноранговые протоколы

Наиболее простая равноранговая система [2] реализована на основе резервирования времени. Система использует жёсткое расписание времени работы абонентов: каждой станции выделяется временной интервал (слот) использования канала связи, и всё каналы распределяются поровну между станциями.

Как пример можно назвать протоколы типа «точка-точка» которые используются для установки прямой связи между двумя узлами.

Также наиболее распространённых равноранговых протоколов — протокол передачи маркера. Данный протокол применяется в сетях с

магистральной, звездообразной и кольцевой топологией. Право на передачу данных станции получают в определённом порядке.

К достоинствам протокола данного класса можно отнести:

- Надёжность (нет центрального узла, если какой-либо узел выйдет из строя — это не скажется на работоспособность сети в целом);

- Простота реализации.

Недостатки протоколов передачи маркера:

- Низкая скорость передачи данных;

- Ограничение по размеру кадра передаваемой информации;

- В системе всегда ровно один активный участник — пока маркер занят, более никто передавать не может.

2.3. Модель «издатель-подписчик»

В последние годы, в связи с повышением сложности и масштабов управляемых и управляющих систем получил развитие принципиально другой подход к построению протоколов обмена, основанный не на запросах информации, а на её раздаче. Эта модель получила название «издатель-подписчик» («publish-subscribe») [3].

Идея этой модели заключается в следующем. В информационной системе определяются «издатели», которые публикуют информацию и выделяя её в «темы», и есть «подписчики» на данную информацию, которые её получают. Данные передаются потребителям по мере появления, в системе отсутствуют затраты и задержки на передачу управления или задержки на ожидание свободного маркера. Как только «издатель» сформировал данные, он немедленно начинает их передачу «подписчикам» по списку рассылки. При этом абоненты связаны только на уровне информационных пакетов и, соответственно, могут находиться на разных физических узлах и на разных программных платформах. Кроме того, за счёт введения списков рассылки с различными приоритетами возможна организация различных уровней обслуживания (Quality of Service, QoS). Естественно, любой узел и любой процесс (сервис) могут быть как «издателем», так и «подписчиком» по разным видам данных, то есть одновременно и принимать, и генерировать данные.

Самым известным и масштабным примером реализации архитектуры «издатель-подписчик» является протокол DDS (Data Distribution Service), поддерживаемый и продвигаемый консорциумом OMG (Object Management Group).

DDS как открытая спецификация был создан в результате компромисса между фирмами Thales и Real-Time Innovations, которые одновременно занимались созданием программного обеспечения (middleware) для больших систем управления военного назначения. В результате DDS объединил в себе все лучшие черты конкурирующих разработок. На сегодняшний день DDS имеет статус стандарта НАТО и широко применяется при создании как

военных, так и гражданских распределённых информационных систем различного назначения

Технология «The Data Distribution Service for Real-Time Systems» (DDS) разрабатывается консорциумом Object Management Group (OMG) и является стандартом машинно-машинного взаимодействия. Данный стандарт направлен на создание высокопроизводительных, масштабируемых систем реального времени.

Применение технологии DDS как наиболее проработанной технологии класса «издатель-подписчик» позволяет создать хороший фундамент при проектировании и разработки любой информационно-управляющей системы.

2.4 Распределённые информационно-управляющие системы для ответственных применений

Для построения распределённых информационно-управляющих систем для ответственных применений наиболее важными являются показатели надёжности и отказоустойчивости как на уровне архитектуры системы, так и на канальном уровне. В качестве примера обеспечения выполнения данных требований можно привести «агентно-ориентированную архитектуру», являющуюся разновидностью равноранговых сетей типа «точка-точка», основанную на агентном представлении подзадач обработки потоковых данных и позволяющую строить системы децентрализованного управления распределёнными системами на базе гетерогенных вычислительных сетей, а также обеспечивать гибкость и живучесть программных систем [4]. Такой подход доказал свою высокую эффективность и используется в современной практике для построения распределённых информационно-управляющих систем повышенной надёжности и отказоустойчивости, в том числе с защитой от несанкционированного доступа.

Среди явных недостатков такого подхода можно выделить наличие единой точки отказа - так называемого «менеджера системы», т.е. узла, который управляет процессом передачи данных. Устранение данного недостатка возможно за счёт реализации элементов самоорганизации системы, т.е. за счёт устранения единой точки отказа, что повысит отказоустойчивость системы, а также её гибкость при долгосрочной эксплуатации. Кроме того, в таком случае отпадёт необходимость введения отдельного единого управляющего узла, что дополнительно снижает требования к вычислительным ресурсам в информационно-управляющей системе.

В качестве элементов самоорганизации в настоящей работе предложены и реализованы методы формирования списков рассылки на стороне издателя, выбор издателя на стороне подписчика и действия подписчика в случае выхода одного из издателей из строя.

3. Практическая реализация и полученные результаты

Разработанный и испытанный в рамках настоящей работы программный комплекс управления автономным передвижным объектом (АПО) выполнен на основе технологии DDS.

Технология издатель-подписчик позволила разделить все узлы сети передачи данных внутри АПО на генераторов контента и на потребителей контента. Причём узлами сети являются не только физические устройства (датчики, сенсоры, вычислители и пр.), а также и отдельные функции и подсистемы внутри отдельных вычислителей.

При этом формирование списка рассылки у издателей происходит путём отправки подписчиками широковещательных пакетов с требованиями предоставить определённый тип информации. Если издателей данной информации несколько, то выбор издателя, с которым устанавливается связь происходит на основании данных QOS издателя. Подписчик может самостоятельно определить поломку издателя и запросить нового на основании превышения интервала времени ожидания пакета.

Например, при разработке информационно-управляющей системы АПО нам необходимо управлять тягой двигателя и углом поворота, при этом получая показания с различных датчиков: акселерометра, компаса, систем глобального позиционирования, инерциальных навигационных систем и т.д. Для расчёта математической модели движения транспортного средства в системе присутствует головное вычислительное устройство и специализированные вычислительные модули.

Всё это многообразие устройств и узлов, которые имеют различные протоколы для коммутации и различные физические интерфейсы для связи друг с другом, требовалось объединить в единую вычислительную сеть. Для этих целей как нельзя лучше подходит технология «издатель-подписчик», в рамках которой все устройства и узлы были поделены на генераторов и на потребителей контента. Например, рулевое управление – потребитель информации об угле поворота руля, система глобального позиционирования – генератор контента (данных о местоположении), а центральный вычислитель является как потребителем информации о местоположении, так и генератором информации о том, на какой угол требуется повернуть руль для совершения движения в нужном направлении.

Такое разделение очень похоже на объектно-ориентированный подход в программировании. Благодаря данному подходу можно абстрагироваться от физического уровня передачи информации, сконцентрировавшись только на алгоритмах обработки информации и решения критических ситуаций.

Простота технологии позволила использовать её даже на вычислителях с низкой производительностью. К примеру, мы получили возможность подключать к сети передачи данных узлы, выполненные на процессорных платах класса Arduino.

Благодаря технологии «издатель-подписчик» были достигнуты следующие возможности, напрямую следующие из возможностей самой технологии:

1) Резервирование критических датчиков и исполнительных устройств. В нашей терминологии – это просто ещё один издатель и подписчик, который может в свою очередь может следить за основным издателем и в случае возникновения критической ситуации переключаться на резервный канал данных. Вся информационно-управляющая системы получается очень устойчивой к сбоям, обеспечивается возможность многократного резервирования без ущерба к нагрузке канала передачи данных.

2) Легкое масштабирование системы. Добавление дополнительных модулей не влияет на существующие модули в системы. Любой новый издатель либо подписчик может быть легко интегрирован в уже существующую сетевую модель.

3) Технология может быть применима к любым физическим сетям передачи данных.

4) Небольшая стоимость разработки благодаря наличию свободных реализаций с открытым исходным кодом.

Литература

1. Design and Realization of Modbus Protocol Based on Embedded Linux System / Dao-gang Peng; Hao Zhang; Li Yang // International Conference. Embedded Software and Systems Symposia, 2008. ICESSE Symposia '08. Pages: 275 - 280, DOI: 10.1109/ICESSE.Symposia.2008.32
2. The IBM token-ring network — A functional overview / Norman C. Strole // IEEE Network (Volume: 1, Issue: 1, Jan. 1987), Pages: 23 – 30, DOI: 10.1109/MNET.1987.6434299
3. OMG Data-Distribution Service: architectural overview / G. Pardo-Castellote // 23rd International Conference. Distributed Computing Systems Workshops, 2003. Proceedings. Pages: 200 – 206, DOI: 10.1109/ICDCSW.2003.1203555
4. Создание распределённых информационно-управляющих систем на базе агентно-ориентированного подхода / А.С. Ковтуненко; В.А. Масленников // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014, страницы: 8984-8994, ISBN 978-5-91450-151-5