

СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ СЕТЕЙ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Совершенствование технологии производства микропроцессоров привело к интенсивному развитию специализированных локальных сетей промышленных сетей на базе микроконтроллеров. На их основе строятся системы передачи данных и распределенные системы управления автоматизированными производствами. Следовательно, актуальными становятся вопросы эффективности и особенности их применения в различных областях [1]. Таким образом, появление нового типа локальных сетей сетей микроконтроллеров требует построения моделей, учитывающих характерные особенности таких сетей.

Сеть микроконтроллеров является большой и сложной многофункциональной системой, характеризующейся множеством параметров, которые определяют различные аспекты ее функционирования. При анализе и синтезе сложных систем обычно используют ряд иерархически упорядоченных моделей, каждая из которых описывает объект на определенном уровне абстракции. Взаимосвязанную совокупность таких частных моделей назовем системной моделью. В настоящей работе предлагается системная модель сетей микроконтроллеров и рассматривается задача оптимального распределения трафика.

Системная модель определяет организационное и функциональное построение сети в целом, не уточняя, как именно реализуются функции сети, программно или аппаратно [2]. В системной модели выделим три основные составляющие: аналитические и программные модели; архитектуру протоколов; топологию сети (рисунок 1). Рассмотрим каждую составляющую.



Рисунок 1- Системная модель сети микроконтроллеров

Топология – это местоположение узлов сети и связи между ними. В теории сетей существует несколько основных или базовых топологий [2]. Такими топологиями являются шинная, кольцевая и звездообразная топологии (рисунок 2).



Рисунок 2- Основные топологии

При шинной топологии все узлы подключаются непосредственно к линейной среде передачи или шине. Передача от любого узла распространяется в обоих направлениях по всей длине среды и может приниматься всеми остальными узлами. Время передачи не зависит от количества подключенных к шине узлов.

Одновременно только один из узлов сети может вести успешную передачу данных. Подключение или отключение узлов от сети не влияет на взаимодействие остальных ее элементов. Разрыв структуры приводит к разбиению сети на сегменты, каждый из которых также имеет шинную топологию. Минимально возможное число узлов – два.

При кольцевой топологии каналы связи являются однонаправленными; т.е. данные передаются только в одном направлении. Пакет данных проходит через все узлы сети и либо уничтожается приемником, либо передается далее до источника, тем самым, подтверждая целостность сети. Разрыв кольца, либо отказ одного из элементов приводит к нарушению возможности приема и передачи данных для значительной части узлов сети. Среднее время

передачи пакетов между узлами сети равно половине суммы всех времен передачи между соседними узлами, то есть, возрастает с увеличением числа узлов. Минимально возможное число узлов – три.

Топология «звезда» предусматривает выделение центрального узла, который связан со всеми остальными узлами сети. При этом связь между периферийными узлами реализуется через центральный. Разрыв сети приводит к отсоединению одного узла. Отказ центрального узла приводит к отказу всей сети, отказ периферийного узла не влияет на работу остальных узлов. Пропускная способность сети ограничивается производительностью центрального узла. Существует две альтернативы работы центрального узла. Один подход состоит в широкополосной работе. Передача кадра от любого узла центральному ретранслируется по всем исходящим каналам. В этом случае звездообразная топология по сути превращается в шинную. Передача от любого узла принимается всеми другими узлами, и в каждый момент времени только один узел может успешно передавать. Другой подход — это использование центрального узла как устройства коммутации каналов. Поступивший кадр заносится в буфер центрального узла, после чего передается в канал, ведущий к нужному узлу. Время передачи данных между периферийными узлами составляет удвоенное время передачи центральному узлу. Минимально возможное число узлов – три.

Архитектура протоколов локальных сетей регламентируется стандартом IEEE 802 и включает три уровня: физический уровень, уровень управления доступом к среде и уровень управления логическим каналом.

На физическом уровне выполняется кодирование/декодирование сигналов, прием/передача битов и генерирование/удаление битов синхронизации. Управление доступом к среде обеспечивает эффективное и бесконфликтное использование ресурсов сети. Управление доступом к среде может быть централизованным или децентрализованным. Централизованное управление более уязвимо с точки зрения надежности, но позволяет проще организовать соответствующие процедуры. Кроме того, в зависимости от топологии, управление доступом может быть синхронным и асинхронным. В общем случае более предпочтительным является асинхронный подход, который делится на три категории:

циклический обход, резервирование и состязания. Управление логическим каналом обеспечивает передачу данных между узлами сети, контроль правильности передачи и повторную передачу данных, которые были приняты с ошибками.

Основным моментом исследования любой системы является анализ изменения выходных параметров и их влияния на общий показатель эффективности функционирования системы в целом. Для задач оптимизации больших систем, как правило, используются три критерия: время, стоимость, качество (или эффективность функционирования). Отметим, что качество является многокритериальным показателем.

При построении математических моделей сеть представляют направленным взвешенным графом, вершины которого соответствуют узлам сети, а ребра-линиям (каналам) связи. В зависимости от целей исследования узлам и ребрам назначаются веса, характеризующие надежность, пропускную способность, стоимость, загрузку каналов связи и памяти узлов сети, интенсивность отказов, расстояние между узлами и т.д. Указанные характеристики относятся к классу характеристик функционирования отдельных элементов сети.

Эффективность функционирования сети в целом характеризуют следующими показателями: пропускная способность сети, загрузка сети, вероятностно-временные характеристики качества обслуживания абонентов сети, надежность сети.

Пропускная способность сети определяет количество сообщений, проходящих обработку (либо передаваемых) в сети в единицу времени. Загрузка сети определяет эффективность использования коммутационных и вычислительных ресурсов сети. Надежность (живучесть) сети определяет степень достоверности показателей и характеристик функционирования сети.

К вероятностно-временным характеристикам качества обслуживания абонентов сети относятся среднее время пребывания или задержки сообщений в сети (время доставки сообщений), время реакции сети на запрос пользователя (время от момента отправки запроса пользователя в сеть до момента получения ответа), среднее время доступа в сеть, которая в совокупности со средним временем задержки определяет суммарную задержку сообщений. Время реакции отражает не только процесс передачи информации по сети,

но и ее обработку в узлах, и, в этом смысле, является более общим, чем среднее время пребывания сообщений в сети.

Современные микроконтроллеры оснащены несколькими интерфейсами, предназначенными для организации связи и передачи данных. Кроме того, существуют специальные микросхемы, с помощью которых можно расширить множество поддерживаемых интерфейсов. Следовательно, при построении сети возможна передача информации между узлами с помощью разных интерфейсов. Это означает, что на канальном уровне возможно одновременное существование нескольких топологий.

В таком случае сеть микроконтроллеров предлагается рассматривать как суперпозицию однородных по интерфейсу сетей [3]. Если топология сетей, объединяющих микроконтроллеры по каждому интерфейсу одинакова, то сеть может быть представлена одноуровневой моделью, в которой между каждой парой узлов существует несколько каналов (рисунок 3). Здесь каждый канал связывает микроконтроллеры по соответствующему интерфейсу.

Если топологии сетей для различных интерфейсов различаются, то модель сети становится многослойной или многоуровневой (рисунок 4).

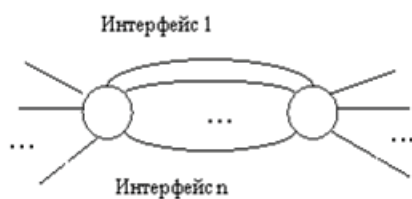
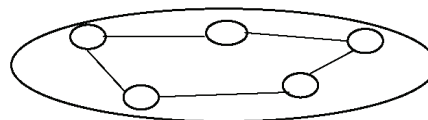
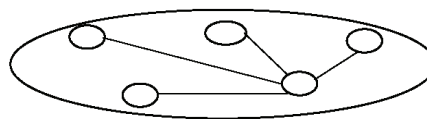


Рисунок 3 - Одноуровневая модель сети

Уровень 1-интерфейс 1



Уровень 2- интерфейс 2



Уровень n- интерфейс n

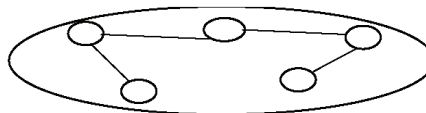


Рисунок 4- Многоуровневая модель сети

Следует учитывать, что микроконтроллеры могут не поддерживать все типы интерфейсов и, следовательно, не являться узлами во всех слоях. Каждый слой в этой модели соответствует

объединению микроконтроллеров в сеть по соответствующему интерфейсу.

Характерной особенностью предлагаемой модели является то, что сообщения, передаваемые между одной парой узлов сети с помощью одного интерфейса, между другими узлами могут передаваться по другим интерфейсам, т.е. сообщения могут «переходить» из одного слоя в другой. Причем количество таких переходов не ограничено. Переходы между слоями, а, следовательно, между однородными по интерфейсу сетями, осуществляются в узлах сети и поэтому каждый микроконтроллер (узел сети) является шлюзом. Сообщения по различным интерфейсам передаются независимо друг от друга. Такой подход позволяет разделить, к примеру, трафик информационный и управляющий.

Выделим три уровня анализа характеристик сетей микроконтроллеров: уровень отдельных узлов сети, уровень слоя и уровень сети в целом. На первом уровне решаются задачи определения конфигурации и параметров отдельных компонентов сети, в первую очередь, задачи выбора оптимального объема буферной памяти узлов, производительности, скорости и режима передачи данных по каналам связи. Анализ вероятностно-временных характеристик на уровне отдельного слоя сети включает вопросы выбора топологии (в том числе и местоположения узлов сети), оценки пропускной способности сети по отдельным интерфейсам, а также количество и местоположение шлюзов. Анализ характеристик сети в целом рассматривает вопросы формирования ограничений на входной трафик, разработки алгоритмов управления потоками данных и ресурсами сети. При этом процедуры оценки сети в целом использует, как правило, результаты анализа отдельных ее компонентов, но в обобщенном виде, отвечающем верхнему уровню формализации описания всей системы.

При использовании указанного подхода возникает целый ряд специфических задач, например, построение сети с минимальной суммарной длиной линий связи; разделение трафика по интерфейсам; минимизация общей стоимости узлов сети при ограничениях на их технические характеристики и другие. Задача построения сети с минимальной суммарной длиной линий связи рассмотрена автором в

[4]. Рассмотрим задачу разделения трафика, выбрав в качестве критерия оптимальности минимальную стоимость передачи.

Пусть x - объем информации, требующей передачи; n - количество интерфейсов или слоев сети; x_i - доля входного трафика, направляемая по i -ому интерфейсу; v_i - скорость передачи по i -ому интерфейсу; t_i - время передачи по i -ому интерфейсу; t_{max} - максимально допустимое время передачи в сети; c_i - стоимость передачи единицы информации по i -ому интерфейсу.

Требуется определить x_i для всех $i=1,2,\dots,n$, которые минимизируют суммарную стоимость передачи

$$C = \sum_{i=1}^n x_i c_i$$

$$x = \sum_{i=1}^n x_i;$$

при ограничениях:

$$t_i \leq t_{max}; \quad x_i \leq v_i t_i \quad \text{и} \quad x_i \geq 0 \quad \text{для всех } i=1,2,\dots,n.$$

В такой постановке задача относится к задачам линейного программирования и решается соответствующими методами.

В дальнейшем предполагается использование предложенной модели для оценки параметров и получения количественных характеристик сетей микроконтроллеров в системах управления автоматизированными производствами, а также решение задачи минимизации общей стоимости узлов сети при ограничениях на их технические характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Третьяков С.А. Controller Area Network (CAN) - локальная сеть контроллеров / С.А. Третьяков // Электроника. - 1998. - №9.-с.14-16.
2. Умрихин Ю.Д. Проектирование систем передачи данных и сетей ЭВМ / Ю.Д. Умрихин.-М: Министерство радиопромышленности, 1981.-108с.
3. Бобылев С.Н. Модель сети микроконтроллеров на основе принципа суперпозиции / С.Н. Бобылев, Е.М. Шалимова // В сб. трудов международной научно-практической конференции ИНФОТЕХ-2007. Часть 1.- Севастополь, 10 - 16 сентября 2007.-с.43-44.
4. Бобылев С.Н. К вопросу построения оптимальной топологии сетей / С.Н. Бобылев., Е.М.Шалимова // В сб. трудов международной научно-практической конференции ИНФОТЕХ-2004. - Севастополь, 20 - 24 сентября 2004.-с.80.

Получено 26.07.2007 г.