

## ETHERNET-КОММУТАТОР – РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ "РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ"

А. Хухманн, С. Корф (Компания HARTING)

Представлена технология быстрой коммутации *Fast track*, базирующаяся на стандартных сетях *Ethernet IEEE 802.3*. Показано, что технология *Fast track* преодолевает недостатки *Ethernet* в области скорости передачи данных, способна распознавать сообщения от задач промышленной автоматизации и ускорять их передачу по сети до режима реального времени (детерминированного режима).

Ключевые слова: *Ethernet IEEE 802.3*, технология быстрой коммутации *Fast track*, детерминированный режим, технология с промежуточной буферизацией, режим "на лету".

### Связь в промышленных приложениях: Ethernet

Высокие ожидания, связанные с эйфорией по поводу Ethernet, достигшие пика в 2000 г., касались, например, повсеместного использования сети. Скоро стало очевидным, что хотя Ethernet – верная технология, она не может в полном объеме соответствовать требованиям в условиях согласованных сетей. Так что же произошло? Применительно к автоматизации сеть Ethernet недостаточно эффективна, чтобы полностью заменить системы полевых шин, используемые до настоящего времени. В результате были предприняты попытки значительно развить технологию Ethernet, что привело к появлению целого ряда несовместимых профилей Industrial Ethernet. Изменения коснулись второго уровня модели OSI, что позволило улучшить показатели Ethernet по скорости, топологии, инсталляции и детерминизму и приблизиться к показателям работы современных полевых шин. Общим отличием всех профилей было то, что новые разработки были модифицированы под внутренние задачи предприятий и стали несовместимы с устройствами и приложениями, использующими стандартную сеть Ethernet (согласно IEEE 802.3). В результате, в настоящее время жизненный цикл Industrial Ethernet перестал зависеть от жизненного цикла Ethernet, то есть эти две сети развиваются практически независимо друг от друга. Таковы предпосылки появления в 2006 г. концепции Automation IT, цель которой – не допустить отклонения от стандарта Ethernet и обеспечить безопасность одно-

родной информационной платформы для офисной сети (IT) и промышленной автоматизации (Automation). Только Ethernet как стандарт может быть пригоден для информационной платформы.

Концепция Automation IT является информационной основой для всех приложений производственной промышленной компании. Принцип следующий: все уровни предприятия связаны через единую сеть Ethernet. Таким образом обеспечивается прямая связь между различными приложениями, определяющими производственный процесс, например, ERP-системы и MES. Коммуникационная структура, основанная на Automation IT, обладает целым рядом преимуществ с точки зрения пользователя: снижается стоимость системы, упрощается ее установка и увеличивается гибкость. В результате обеспечивается эффективная работа компании.

### Ключевой технологией для Automation IT является быстрая коммутация *Fast track*

При выборе информационного стандарта иной альтернативы не существует, поскольку стандарт для обмена информации между MES и ERP уже был установлен. Ethernet утвердился в офисной среде во всем мире. В офисной среде система обмена информацией обусловлена строгим соблюдением технических требований Ethernet IEEE 802.3. Вследствие этого информационные платформы возможны лишь в рамках стандарта Ethernet IEEE 802.3. Прорыв произошел в 2008 г., когда компания HARTING установила, что сетевые компоненты способны удовлетворять требованиям автоматизации производства. Ключевой технологией является быстрая коммутация *Fast track*. Фактически, при использовании этой технологии Ethernet может применяться для автоматизации. *Fast track* работает со стандартными Ethernet протоколами, при этом распознает протоколы автоматизации и ускоряет их в режиме реального времени (в детерминированном режиме).

### Ethernet и технология коммутации. Текущая ситуация

Разработаны различные режимы функционирования сетей Ethernet для удовлетворения требований промышленности. Так производительность сети значительно возрастает при использовании режима *cut-through* ("на лету"), нежели с использованием технологии с промежуточной буферизацией "store-and-forward" (рис. 1). Тем не менее, детерминизм невозможно обеспечить ни технологией с промежуточной буферизацией, ни техно-

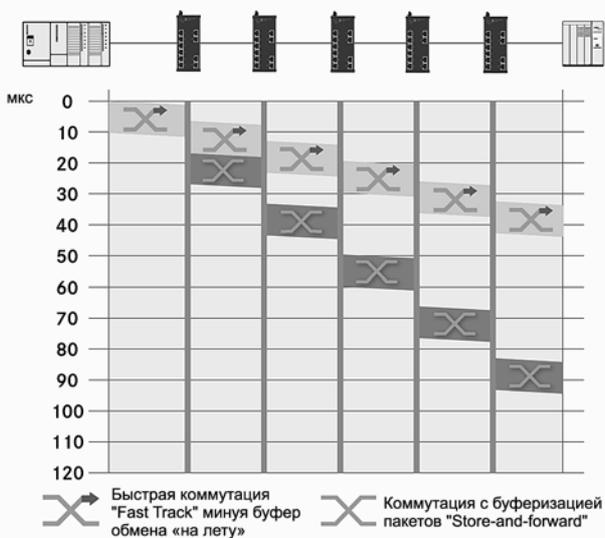


Рис. 1. Влияние методов коммутации *cut-through* и *store-and-forward* на сообщения автоматизации

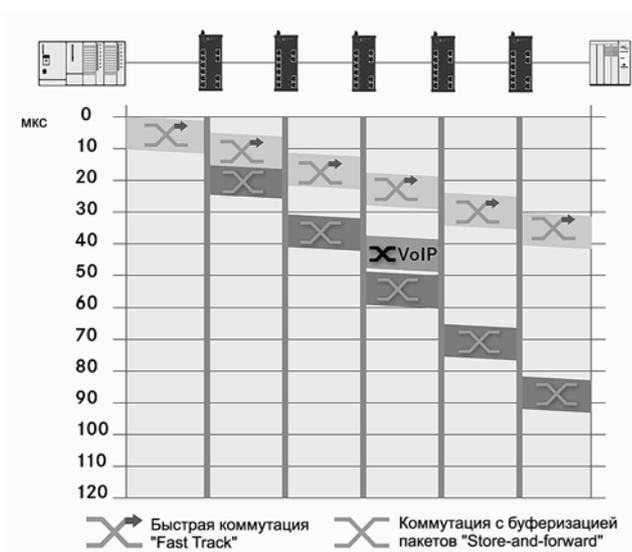


Рис. 2. Сообщения с одинаковым или более высоким приоритетом и сообщения от задач автоматизации в порту ввода

логией "на лету". Приоритезация протокола в соответствии с IEEE 802.1q также неэффективна, поскольку сообщения, поступающие от задач промышленной автоматизации, конкурируют со всеми сообщениями одинакового и высшего приоритета, присутствующими в сети. По этой причине существует статистическая неприемлемая для задач автоматизации задержка. Рассмотрим два основных механизма задержки.

**Задержки в порту ввода.** Если очередь (память) порта ввода переполнена потоком данных, содержащим сообщения одинакового или высшего приоритета по сравнению с сообщениями от приложений автоматизации, тогда последние приходят с задержкой (рис. 2). Это приводит к непредсказуемым задержкам при выполнении задач автоматизации.

**Ограничение пропускной способности порта вывода.** Если порт вывода коммутатора занят сообщениями, сообщения от приложений автоматизации даже высокого приоритета также задерживаются до освобождения порта (рис. 3). Например, сообщение низкого приоритета длиной 1500 байт проходит через порт вывода. Сообщение автоматизации более высокого приоритета вынужденно ожидает освобождения порта до 125 мкс. Если трафик в сети очень низкий, то задержку передачи сообщения определяют только скорость передачи Ethernet, длина сообщения и время ожидания коммутатора. В данном примере минимальные задержки передачи сообщения равны приблизительно 160 мкс.

Если нагрузка в сети Ethernet увеличивается, это приводит к задержкам в портах ввода, а также к ограничениям пропускной способности портов вывода коммутаторов. Статистически описанный эффект может повторяться на магистрали и достигнуть наивысшего значения задержки в несколько миллисекунд. В случае линейной топологии рассмотренное на одном коммутаторе явление будет повторяться, пока сообщения идут

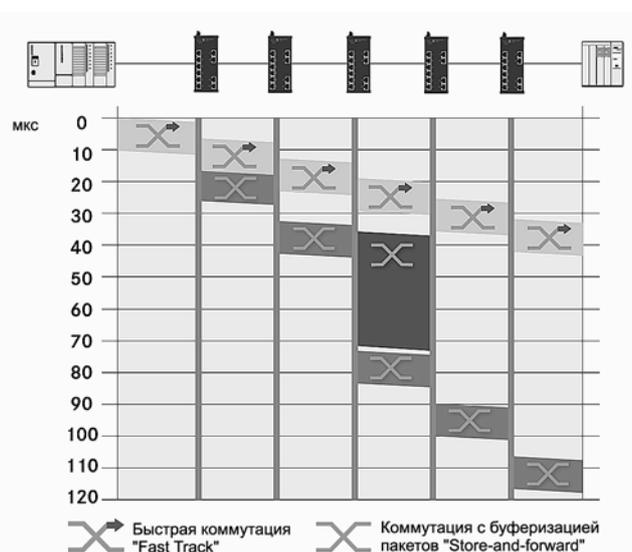


Рис. 3. Сообщения с более низким приоритетом и сообщения от задач автоматизации в порту вывода одно за другим: в рассмотренном выше примере сообщение от приложения автоматизации следует за длинным сообщением, поэтому каждый раз ему приходится ждать, пока порты освободятся; оно не может идти по магистрали первым. Вероятность этого нежелательного эффекта растет вместе с нагрузкой в сети. При наличии всего 16 коммутаторов происходят задержки передачи сообщения в несколько миллисекунд. При использовании современной технологии коммутации необходимый в задачах автоматизации детерминизм, таким образом, не обеспечивается. Протоколы офисной сети IT вызывают задержки в передаче данных от приложений автоматизации. Эти задержки суммируются в линейных конфигурациях.

**Детерминированный Ethernet с быстрой коммутацией**

Принцип быстрой коммутации каналов является решением описанной проблемы. Коммутатор Fast track распознает сообщения задач автоматизации, чтобы передать их далее с более высоким приоритетом, чем у всех остальных приложений. Таким образом, сообщения автоматизации получают приоритет над всеми приложениями, присутствующими в сети Ethernet. Коммутатор Fast track ускоряет все обнаруженные сообщения автоматизации, используя метод "на лету" (cut-through), и предотвращает задержки. Технология быстрой коммутации Fast track позволяет передавать сообщения автоматизации вперед прочих сообщений, если последние занимают требуемый порт. Это означает, что "время ожидания" отсутствует. Если порт занят сообщением IT, а необходимо отправить сообщение автоматизации, передача сообщения IT прерывается под контролем так, чтобы сообщение автоматизации было направлено точно в соответствии с методом "на лету". После этого передается буферизованное IT сообщение. Быстрая коммутация Fast track обеспечивает передачу срочных приоритетных сообщений при более высокой скорости, чем у современных систем полевых шин.

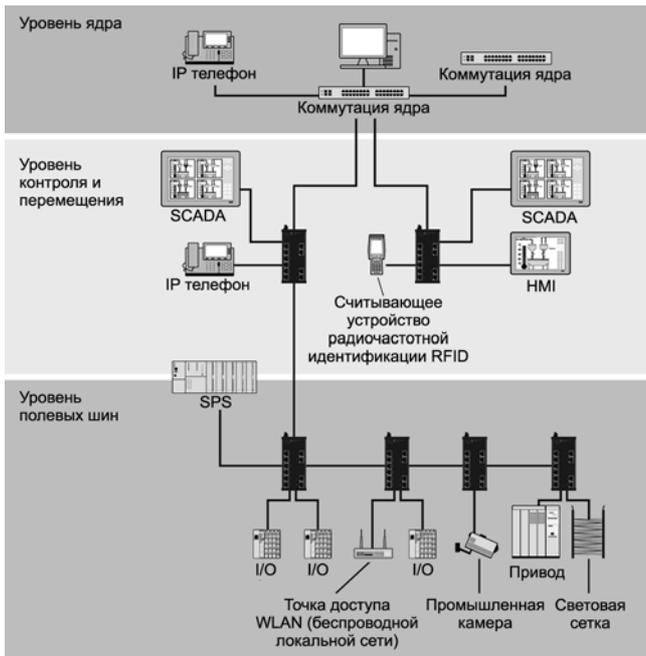


Рис. 4. Структурная схема системы, базирующейся на платформе Automation IT

**Сравнение технологий коммутации**

Современный метод коммутации с буферизацией (store-and-forward) является основным с точки зрения универсальности. Технология быстрой коммутации Fast track также должна стать основополагающей в технологической среде. В мире существует большое число устройств с интерфейсами Ethernet. Все эти устройства можно соединить при помощи метода передачи пакетов с буферизацией, но не все они подходят для задач автоматизации. Тем не менее, инновации в области автоматизации в основном появляются благодаря тому, что новые технологии совмещают с новыми устройствами. Такие задачи, как машинное зрение и радиочастотная идентификация не решаются с помощью технологий классической автоматизации. Обычно подобные устройства не поддерживают специфические для автоматизации технологии. Тем не менее, как правило, они снабжены интерфейсом Ethernet. Следовательно, открытость стандартам Ethernet также означает открытость инновациям. Вместе с тем быстрая коммутация может использоваться для всех профилей автоматизации ("real-time" Ethernet), основанных на стандартном Ethernet. К ним относятся, например, профили Ethernet/IP и PROFINET RT. Эти свойства коммутаторов Fast track, с одной стороны, облегчают проектирование конечных устройств сети, а с другой – позволяют компаниям-интеграторам использовать все возможности Ethernet вне зависимости от используемого профиля: создавать однотипные топологии сети, использовать компоненты, анализирующие трафик и т.п.

Кроме того, коммутация с буферизацией (store-and-forward) может обеспечить приемлемые характеристики только в горизонтальных структурах, так как QoS еще не гарантирует, что сообщения с более высоким приоритетом будут передаваться на следующий уровень раньше сообщений с низким. Этот эффект существенно влияет на быстродействие в линейных конфигурациях и значительно зависит от использования емкости сети. Этих проблем можно избежать путем использования быстрой коммутации, которая таким образом совмещает преимущества современных офисных сетей со специальными задачами автоматизации. Жизненный цикл Industrial Ethernet в автоматизации (real-time Industrial Ethernet), отделенный ранее, снова объединяется с общим жизненным циклом Ethernet, что дает дополнительные преимущества пользователям. С динамичным развитием технологии Ethernet приложения автоматизации могут присутствовать во всех новых разработках, например, в области пропускной способности сети или систем безопасности. При этом дискуссии о замене систем полевых шин сетями Ethernet возобновятся через 5...10 лет, хотя и на новом уровне.

**Структурная схема системы Automation IT**

Концепция Automation IT непосредственно связана с объединением сети. Офисная сеть IT и современная сеть автоматизации являются отдельными сетями, каждая со своей установленной инфраструктурой. Эти две сети взаимосвязаны. Следовательно, понятие платформы имеет соответствие в структуре сети как таковой. Ненужное резервирование не учитывается. На рис. 4 показана структурная схема системы Automation IT, которая распространяется на все уровни сети со стандартным Ethernet. Таким образом, все устройства с интерфейсом Ethernet можно интегрировать в одну сеть. Быстрая коммутация Fast track существенно увеличивает быстродействие сообщений от задач автоматизации, основанных на Ethernet. Информационная платформа Ethernet Automation IT теперь доступна для всех приложений на уровне полевых шин, начиная с систем безопасности и заканчивая скоростными операциями ввода/вывода. При помощи быстрой коммутации недостатки применения IT технологий в линейных топологиях на уровне автоматизации невелируются. Пользователи, таким образом, обладают максимальной свободой, адаптируя универсальные конфигурации под соответствующие приложения. Строгие правила сегментирования сетевых областей, а также специальное планирование быстродействия передачи данных больше не требуются. Сети Ethernet теперь могут использоваться вплоть до уровня полевых шин, поскольку быстрая коммутация обеспечивает детерминизм (т.е. гарантированную доставку сообщения за строго определенный промежуток времени). Автоматизация и IT приложения используют объединенную информационную платформу, а значит и единую сетевую инфраструктуру.

*Андреас Хухмани, Стефан Корф – инженеры компании HARTING.  
Контактный телефон (495) 995-99-93. [Http://www.harting.ru](http://www.harting.ru)*