

# Обмен данными со строгой синхронизацией времени – революция в промышленных сетях связи

---

**Джек Лин**

*Менеджер по продукции*

**MOXA®**

## Краткое содержание

Цифровая трансформация открывает новые возможности для автоматизации и производства. Промышленный Интернет вещей (IIoT) дает производителям многочисленные преимущества – от сокращения времени простоя оборудования до внедрения совершенно новых бизнес-моделей. Индустрия 4.0, как еще называют эту новую волну цифровой трансформации, коренным образом меняет мировую экономику.

В прошлом производителям вместо стандартных технологий Ethernet часто приходилось применять специализированные протоколы и системы для разных промышленных систем. Хотя ранние сети Ethernet были способны обеспечить обмен данными лишь с негарантированной доставкой, за последние годы стандартный Ethernet претерпел существенные изменения. С появлением сетей TSN (сетевой обмен данными со строгой синхронизацией времени) сети Ethernet теперь могут предоставлять детерминированные услуги и интегрировать «островки автоматизации», которые были изолированы многочисленными специализированными протоколами прошлого.

Чтобы определить по-настоящему унифицированную сетевую инфраструктуру для будущего интеллектуального производства, международные организации по стандартизации и поставщики оборудования, такие как Moxa, объединяются для разработки решений на основе TSN. Используя TSN как прочную основу для внедрения настоящих сетей IIoT, мировые производители наконец могут воспользоваться всеми преимуществами, обещанными Индустрией 4.0.

В этой брошюре вы узнаете:

- Почему интеллектуальное производство и IIoT нуждаются в детерминированных сетях и требуют передачу данных в режиме реального времени для промышленных систем, работающих через сети с высокой пропускной способностью и малой задержкой;
- Как традиционные сети Ethernet с негарантированной доставкой развиваются в сети со строгой синхронизацией времени и позволяют реализовывать детерминированные сервисы на основе стандартных технологий Ethernet;
- Каким образом международные организации по стандартизации и поставщики оборудования, такие как Moxa, сотрудничают, чтобы сделать TSN будущей основой промышленных сетей.

## Не ограничиваясь цифрами

Сегодня мир переживает новый подъем цифровой трансформации, которая требует от производителей переосмысления существующих моделей бизнеса и инфраструктур промышленной автоматизации. Чтобы оставаться актуальными и конкурентоспособными в эпоху Индустрии 4.0, производителям необходимо делать больше, чем просто внедрять цифровые технологии и развертывать заранее определенные процессы на изолированных островках автоматизации, как они это делали в прошлом. Будущее промышленности опирается на понимание движущих факторов новой волны цифровизации, ограничений текущей модели и способов их преодоления для реализации всех преимуществ Индустрии 4.0.

## Что движет цифровой трансформацией сегодня?

Современные системы автоматизации и передачи данных на производствах строятся на основе принципов цифровизации и обуславливают становление Индустрии 4.0 и промышленного Интернета вещей (IIoT). Преобразование аналоговых сигналов, звуков, изображений и другой информации в машинный код осуществляется уже много десятилетий. Помимо того, что традиционные отрасли смогли повысить эффективность и производительность, новые возможности открыли и революционным образом изменили способы ведения бизнеса во всем мире. В обозримом будущем эти тенденции будут продолжать стимулировать рост, и ожидается, что значительные выгоды получат не только сектор промышленности, но и мировая экономика.

Однако цифровая трансформация в промышленности включает в себя нечто большее, чем процесс преобразования аналоговой информации в последовательность единиц и нулей. Чтобы все эти биты информации имели смысл для производителей, данные должны передаваться от бесчисленных датчиков и прочего оборудования на производстве и преобразовываться в единый формат для анализа и принятия решений в режиме реального времени. Цифровая трансформация интеллектуального производства включает в себя различные сетевые технологии и протоколы, которые обеспечивают обмен данными оборудования всей системы, от датчиков до сложных роботов с искусственным интеллектом.

Более того, возможность оцифровки данных с подключенных устройств, а также способность собирать данные и действовать в соответствии повышающей производительность обратной связью, побуждают многих производителей внедрять технологии IIoT. У компаний есть мотивация для внедрения интеллектуального производства с целью совершенствования методов работы и повышения производительности. Независимо от того, хотят ли они сократить время простоя оборудования, повысить производительность и открыть новые возможности для бизнес-инноваций или внедрить совершенно новые модели бизнеса, такие как предложение продуктов как услуги, производители стремятся к цифровой трансформации.

## Текущие ограничения промышленной автоматизации

Со времен промышленной революции производства искали способы повышения производительности. Вслед за механизацией производители стали использовать возможность подключения устройств как средство повышения эффективности и увеличения прибыли. Начиная с 1980-х годов, производители начали внедрять цифровые устройства, что привело к появлению промышленной автоматизации в том виде, в каком мы ее знаем сегодня. Полезным способом визуализации текущей архитектуры промышленной автоматизации является часто упоминаемая модель Purdue.

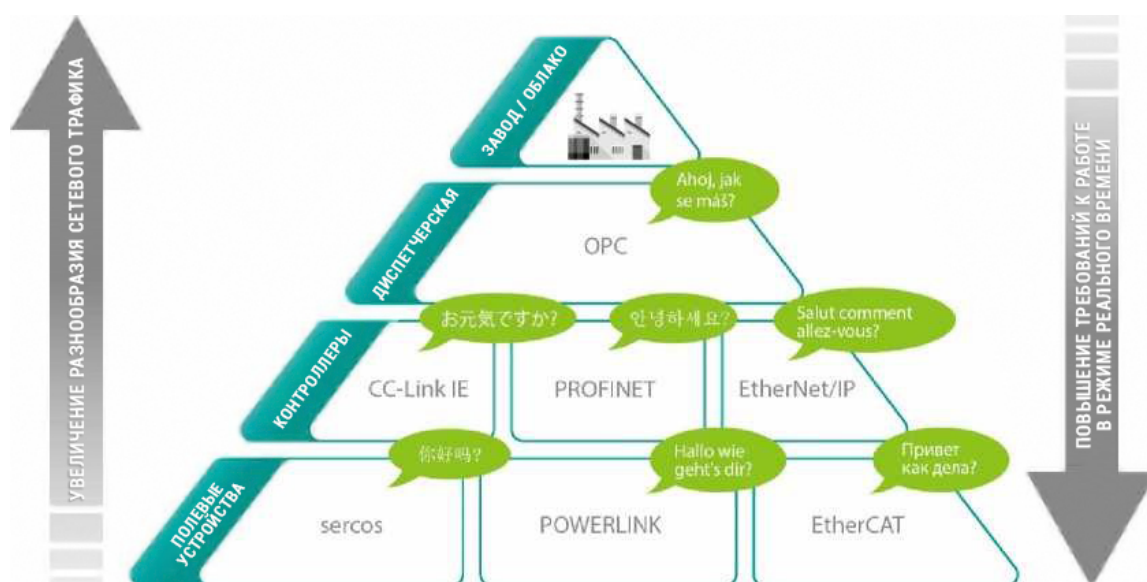


Рисунок 1. Современная модель Purdue. Пирамида автоматизации.

В текущей архитектуре промышленная автоматизация образует пирамиду, в которой изолированные специализированные протоколы занимают отдельные уровни. Независимые специализированные протоколы могут быть очень хороши для исходных задач, под которые они разрабатывались, но они говорят на разных "языках", что приводит к трудностям обмена данными между отдельными системами в режиме реального времени. Традиционные промышленные сети в этой модели не могут одновременно передавать данные по одному каналу и часто ограничены скоростью передачи 100 Мбит/с (или ниже), что мешает масштабируемости. Кроме того, использование проприетарного аппаратного и программного обеспечения для нескольких подсистем затрудняет взаимодействие и увеличивает затраты на обслуживание и эксплуатацию. Следовательно, становится трудно достичь системной интеграции и видимости на разных уровнях, что отрицательно сказывается на итоговой стоимости системы.

Стратегии производства должны развиваться, чтобы сохранить конкурентоспособность компаний на мировом рынке. Сегодня запросы клиентов становятся все более разнообразными, и компании ищут способы удовлетворить новые потребности, а также повысить эффективность работы. Бизнесы стремятся оставаться конкурентоспособными на мировом уровне, становясь максимально гибкими, эффективными и оперативными. Прошли времена, когда производители могли масштабировать свое производство, принимая в расчет только прогнозы продаж. Вместо этого производителям может потребоваться использовать актуальную информацию из аналитики больших данных, чтобы помочь удовлетворить запросы клиентов в режиме реального времени и оптимизировать производство с меньшими затратами. Это всего лишь один пример того, как производители могут внедрять новейшие технологии для продвижения к Индустрии 4.0 и движения вперед.

## Текущие ограничения промышленной автоматизации

Традиционная модель Purdue, представленная «пирамидой автоматизации», описывает различные уровни сетевого взаимодействия, которые остаются фрагментарными, потенциально ненадежными и трудными в обслуживании, особенно в долгосрочной перспективе. В отрасли возникли призывы двигаться к «пирамиде автоматизации», способной реагировать на условия рынка в реальном времени. В этой по новому задуманной архитектуре изолированные островки автоматизации и сетевые потоки данных могут взаимодействовать друг с другом через общую семантику и унифицированную инфраструктуру.

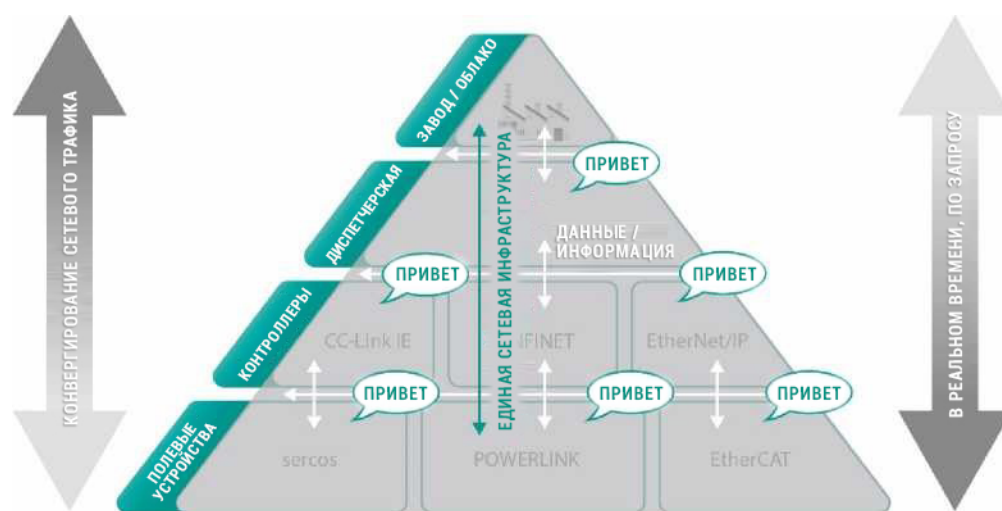


Рисунок 2. Перспективная модель Purdue. Автономная пирамида.

Как показано на предыдущей схеме, эта новая «пирамида автоматизации» представляет будущее промышленной автоматизации как полностью интегрированную систему, в которой:

- Небольшие статические и изолированные системы управления развиваются в более крупномасштабные, динамические, открытые системы, также известные как киберфизические системы (CPS), тесно связанные между собой программным обеспечением и физическими компонентами;
- Ранее закрытые подсистемы могут открыто обмениваться информацией через двусторонние потоки данных, которые могут интеллектуально взаимодействовать друг с другом;
- Все бизнес-активы, от оборудования до материалов и персонала, объединены в единую инфраструктуру, которая позволяет удовлетворять разнообразные потребности клиентов за счет сквозной «автономной» связи, совместной работы, реагирования, адаптации и оптимизации, и все это в нужный момент.

Используя единую сетевую инфраструктуру для множества разрозненных подсистем, таких как системы автоматизации, обслуживания, аналитики и другие, производители могут получить следующие преимущества:

1. Поскольку разные конечные устройства могут взаимодействовать друг с другом в режиме реального времени, настройка системы, устройств и приложений для включения цикла обратной связи в реальном времени становится значительно проще. Унифицированная сетевая структура также позволяет использовать машинное обучение, поэтому в долгосрочной перспективе можно использовать аналитику большого объема данных и реагировать соответствующим образом. Это еще больше повышает гибкость и эффективность решений.
2. Улучшенный доступ к данным позволяет осуществлять мониторинг производства в реальном времени, поэтому более качественные и ориентированные на подробности ключевые показатели эффективности могут быть установлены в различных сценариях.
3. Более надежная сетевая инфраструктура может поддерживать больше приложений для оборудования в цехах, например, для подсчета, сортировки, контроля качества и видеонаблюдения. Устройства больше не работают изолированно, а работают в тандеме с другим оборудованием для повышения производительности, благодаря всем данным, в реальном времени поступающим в систему. В сочетании с развивающимися технологиями в области робототехники и машинного восприятия, такими как управление движением, дополненная реальность, машинное зрение и тактильные ощущения, производственные активы могут обеспечить оптимальную производительность при меньших затратах.
4. Стандартизированные технологии и масштабируемая структура на основе стандартов Ethernet обеспечивают гораздо большую гибкость. За счет стандартизации технологий и протоколов инфраструктуры можно управлять топологическими различиями, которые раньше создавали серьезные проблемы для настройки и эксплуатации сети.

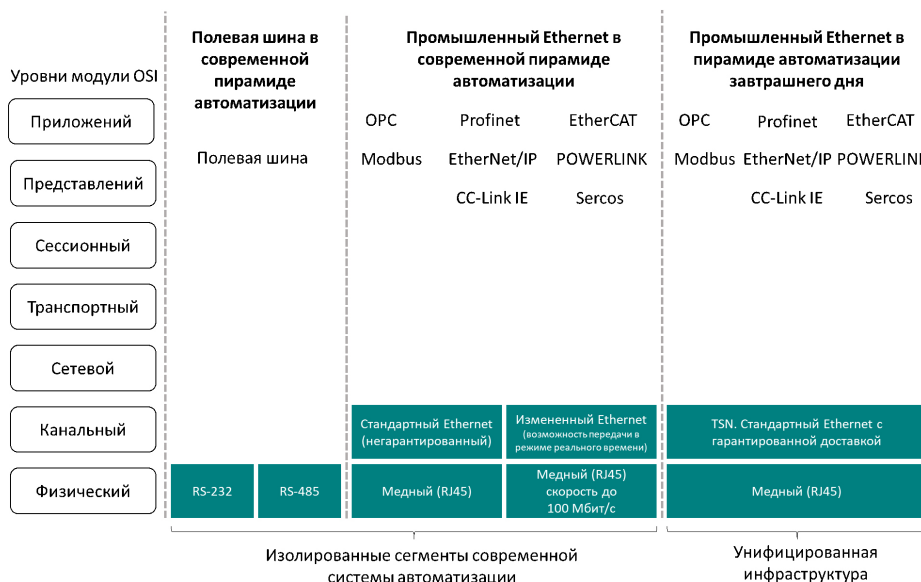


Рисунок 3. Путь к IIoT и Индустрии 4.0

Унифицированная инфраструктура, которая устранил барьеры, разделяющие отдельные подсистемы автоматизации в существующей модели Purdue, создаст систему взаимосвязанных физических промышленных объектов и позволит им обмениваться данными и анализировать их. Тем самым, промышленный Интернет вещей позволяет принимать правильные решения в нужное время и в нужном месте, превращая заранее predetermined процессы в динамические.

В конечном счете будущее промышленной автоматизации и систем управления связано с интеграцией информационных и Интернет-технологий, удовлетворяющих требованиям высокой доступности и обмена данными в реальном времени, а также поддерживают разработку новых продуктов и инновационных решений, основанных на оптимальном балансе затрат и преимуществ. Унифицированная сетевая инфраструктура будущего также требует детерминированных возможностей обмена данными, которые могут обеспечить производительность и приоритетное обслуживание определенного типа трафика (технология QoS) так же или даже лучше, чем специализированные протоколы, которые изолируют подсистемы автоматизации. К счастью, организации по стандартизации и независимые поставщики осознали потенциальные преимущества Индустрии 4.0 и совместно работают над созданием новой унифицированной основы для промышленных сетей: TSN (Time Sensitive Networks), сети с обменом данными со строгой синхронизацией времени.

## Создание стандартов: TSN

TSN представляет собой набор стандартов, обеспечивающих детерминированный обмен сообщениями по стандартным сетям Ethernet. Согласно определению Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE), TSN включает в себя форму управления сетевым трафиком, которая гарантирует строго определенное значение задержек при сквозной передаче данных. Следовательно, все устройства в TSN сетях должны синхронизироваться друг с другом и использовать единый сервер времени для обеспечения обмена данными в режиме реального времени в промышленных системах. Хотя стандарты TSN изначально разработаны IEEE, важно понимать, что TSN выходит за рамки основных стандартов IEEE и включает в себя упорный совместный труд многих международных организаций и компаний.

Ранние сети стандарта Ethernet не могли гарантировать доставку данных и имели значительные задержки. В результате в отраслях, требующих высокой надежности и доступности, были разработаны собственные специализированные сетевые решения (например, модифицированные сети Ethernet и полевые шины) для промышленных систем управления и автоматизации. Чтобы удовлетворить требования промышленных приложений к высокой доступности и малой задержке, традиционные технологии Ethernet с негарантированной доставкой должны были развиваться и становиться более детерминированными. TSN – это, по сути, следующий этап эволюции стандартных технологий Ethernet, отвечающий перспективным требованиям IIoT. Помимо предоставления набора стандартов для детерминированных услуг через Ethernet, TSN объединяет множество различных отраслевых организаций и лидеров рынка общей целью реализовать весь потенциал Индустрии 4.0 и перспективы цифровизации.

## Развитие сетей с негарантированной доставкой

Традиционные сетевые технологии Ethernet обычно включают в себя коммутаторы, в которых используется негарантированная доставка пакетов. В большинстве случаев пакеты данных успешно доставляются последовательно, но никаких гарантий нет. Хотя сети с негарантированной доставкой могут адекватно работать с приложениями для просмотра web-страниц, для промышленных систем управления требуется более высокая доступность, нулевая потеря пакетов и меньшая задержка. Ведь если нет гарантии доставки пакетов, критически важные данные могут быть не доставлены в нужное место в нужное время.

В 1980-х, когда производители начали переход от механических и аналоговых технологий к цифровым, сети Ethernet с негарантированной доставкой не рассматривались как подходящий вариант инфраструктуры для промышленных систем управления, несмотря на то, что предлагали большую пропускную способность по сравнению с традиционными полевыми шинами. Помимо чрезмерно высокой стоимости технологий Ethernet в то время, алгоритмы ретрансляции Ethernet и обнаружение коллизий не могли удовлетворить требования к производительности для промышленных систем управления. Следовательно, производителям пришлось разработать специализированные системы и протоколы, чтобы обеспечить цифровизацию через детерминированные сети.

В отличие от сетей с негарантированной доставкой детерминированные сети поддерживают следующие функции:

- Синхронизацию времени
- Резервирование ресурсов
- Исключительно низкую потерю пакетов
- Гарантированную задержку и пропускную способность

Со времени появления Ethernet и промышленной автоматизации сетевые технологии претерпели значительные изменения. На самом деле, современные технологии Ethernet могут даже предоставлять детерминированные услуги, удовлетворяющие потребности многих промышленных систем, которые ранее требовали проприетарных протоколов. Вследствие усиливающейся тенденции к использованию конвергированных сетей и соответствующего увеличения требований к пропускной способности действительно детерминированные сети Ethernet могут быть более рентабельными и перспективными, чем специализированные сети.

## Определение TSN

Чтобы создать действительно конвергированные сети, способные осуществлять потоковую передачу данных в режиме реального времени, а также данные аудио/видео на промышленных объектах, рабочая группа TSN определила набор стандартов для детерминированной передачи данных по сетям Ethernet. TSN – это скорее набор инструментов, нежели решение "все в одном". Для того, чтобы определить какие инструменты подходят для той или иной задачи нужно понять, какие есть инструменты и как они работают.

Как показывают ключевые протоколы, описанные в следующей таблице, стандарты TSN ориентированы на следующие основные области:

1. Синхронизация времени
2. Задержка
3. Надежность
4. Управление ресурсами

Таблица 1. Протоколы сетевого обмена данными со строгой синхронизацией времени<sup>1</sup>

Протокол	Описание	Область	Статус
IEEE 802.1AS-Rev	Протокол синхронизации точного времени	Синхронизация времени	Разработка
IEEE 802.1Qbv	Планирование расписания доставки пакетов	Задержка	Закончен
IEEE 802.1Qch	Циклическая организация очереди и пересылка	Задержка	Закончен
IEEE 802.1Qbu	Прерывание передачи данных	Задержка	Закончен
IEEE 802.1Qsa	Управление и резервирования пути	Надежность	Закончен
IEEE 802.1CB	Механизм создания и обработки дубликатов пакетов для критически важного трафика	Надежность	Закончен
IEEE 802.1Qci	Правила обработки и фильтрации потоков данных	Надежность	Закончен
IEEE 802.1Qcc	Протокол резервирования потока данных (SRP)	Управление ресурсами	Закончен
IEEE 802.1Qcw	Модели YANG для всех методов организации очереди и фильтрации TSN	Управление ресурсами	Разработка

<sup>1</sup> IEEE 802.1 Time-Sensitive Networking Task Group



Как предполагает название «Сетевой обмен данными со строгой синхронизацией времени», TSN требует, чтобы все сетевое оборудование поддерживало стандарт IEEE 802.1AS (IEEE 802.1AS-Rev в будущем), который определяет нормы и механизмы для установки времени и его синхронизации. Синхронизация времени для всех конечных устройств и коммутаторов Ethernet является одной из ключевых характеристик детерминированной сети. Стандарт IEEE 802.1Qbv определяет, как устройства должны передавать критически важные пакеты в соответствии с жестким графиком, но также сохранять оптимальную передачу данных для остального трафика, использующего тот же канал. Помимо сетевой инфраструктуры, TSN определяет новый подход к обработке потоков данных, которые требуют более сложных вычислений. Следовательно, стандарт IEEE 802.1Qcc определяет интерфейсы управления, механизмы и принципы, позволяющие реализовать новый подход к администрированию сети.

TSN можно рассматривать как железнодорожную систему, в которой поезда подобны пакетам данных Ethernet, а коммутаторы Ethernet и оконечные устройства – железнодорожным станциям. Представьте, что произошло бы, если на каждой железнодорожной станции было бы разное местное время и не соблюдалось строгое расписание для всей системы. Представим, что станции не имеют общей привязки ко времени. Поезд отправляется со станции А, как пассажиры узнают, когда поезд прибудет на станцию В? Именно эта проблема была причиной того, что железные дороги начали стандартизировать время для всей железнодорожной инфраструктуре. Эта же проблема демонстрирует, почему промышленные сети требуют синхронизации времени.



Рисунок 4. Что такое TSN-сети?

## Управление сетевым трафиком

Неотъемлемой частью TSN является модель управления, которая управляет трафиком, направляет потоки в сети, а также позволяет настраивать семейство протоколов IEEE для успешной работы в единой системе. В нашей аналогии с железнодорожной системой модель управления сетью похожа на железнодорожную систему сигнализации, которая управляет движением поездов (данных), поэтому поезда (данные в пакете) прибывают в места назначения, не сталкиваясь друг с другом. Согласно протоколу IEEE P802.1Qcc, существует три возможных модели управления: полностью централизованная модель, полностью децентрализованная модель и частично централизованная модель.

- *В полностью централизованной модели конечные устройства инициируют обмен данными с объектом централизованного управления в отношении своих требований к потокам. Затем объект централизованного управления использует эти запросы для разработки необходимого расписания потоков в сети, чтобы удовлетворить эти требования, и соответствующим образом настраивает коммутаторы и конечные устройства.*
- *В полностью децентрализованной модели открытые потоки передаются источниками получателям (обычно конечным устройствам). Приложения на конечных устройствах уведомляют сетевые элементы по пути передачи данных о необходимости зарезервировать ресурсы для конкретного потока. Для такого подхода не требуется объект централизованного управления.*
- *Хотя в частично централизованной модели есть объект централизованного управления, данные от конечных устройств передаются на ближайший коммутатор по стандартизированному протоколу. Затем эти данные передаются в объект централизованного управления. Иными словами, объект централизованного управления в частично централизованной модели управляет только отдельными потоками сетевого трафика и ресурсами, не обращаясь на глобальном уровне к требованиям потоков и данным полезной нагрузки от каждого конечного устройства.*

В соответствии со стандартом IEEE 802.1CB идентификация потока TSN предлагает несколько различных способов идентификации потоков. Эти методы включают в себя идентификацию по MAC-адресу и идентификатора VLAN получателя, MAC-адресу и идентификатору VLAN отправителя и другие. Идентификация потока используется для обнаружения определенного потока данных, передаваемого по сети, а также для обработки резервных маршрутов для обеспечения отказоустойчивости.

## Более подробно о полностью централизованной модели

Хотя полностью централизованная модель управления сетью – не единственный подход к управлению трафиком в сети со строгой синхронизацией времени, в иллюстративных целях эта модель является наиболее простой из трех. Как освещалось ранее, полностью централизованная модель управления сетью имеет объект централизованного управления, который выполняет две важнейшие функции. Эти функции представлены на следующей схеме в приложениях централизованной пользовательской настройки – централизованная пользовательская настройка (CUC) и централизованная настройка сети (CNC).



Рисунок 5. Полностью централизованная модель TSN<sup>2</sup>

<sup>2</sup> IEEE 802.1Qcc. <https://1.ieee802.org/tsn/802-1qcc/>

Как показано на предыдущей схеме, полностью централизованная модель TSN включает следующие пять компонентов:

- **Конечные станции (источники и получатели):**  
*На этих устройствах работают приложения, требующие детерминированного обмена данными со строгой синхронизацией времени. Устройства работают как источники и получатели кадров Ethernet, передаваемых через систему TSN.*
- **Сетевые коммутаторы:**  
*Коммутаторы передают и принимают кадры Ethernet, содержащие потоки данных, которые требуют строгой синхронизации времени. Оборудование может быть разработано любым поставщиком, но оно должно быть способно передавать сообщения по строго синхронизированному расписанию.*
- **Централизованная настройка сети (Centralize Network Configuration - CNC):**  
*CNC – это приложение, которое обеспечивает в сети детерминированный обмен сообщениями для приложений управления и определяет расписание, в соответствии с которым все критичные ко времени потоки информации передаются через TSN-сеть.*
- **Централизованная пользовательская настройка (Centralized User Configuration - CUC):**  
*Специальное приложение, которое взаимодействует с CNC и конечными устройствами. CUC показывает пользователю управляющие приложения и конечные станции, запрашивающие детерминированный обмен данными с CNC.*
- **Информационные потоки, критичные ко времени**  
*Информация, которая передается между источниками и получателями в модели TSN, включает в себя критичные ко времени потоки<sup>3</sup>. Каждый такой поток информации однозначно идентифицируется конечными устройствами и имеет строгие временные требования, которые необходимо соблюдать для детерминированного обмена сообщениями.*

В отличие от полностью распределенных или частично централизованных моделей, которые обрабатывают только индивидуальные требования или возможности сети по отдельности, полностью централизованная модель TSN использует централизованные методы для представления как «требований пользователя», так и «сетевых возможностей», чтобы автоматически интегрировать все компоненты системы. Хотя полностью централизованная модель предлагает улучшенную интеграцию, для обеспечения лучшего использования сети требуются более сложные вычисления. В конце концов, какую бы модель TSN вы ни выбрали, каждая зависит от конкретных требований вашего приложения и выходит за рамки стандартов IEEE, созданных рабочей группой TSN. Поскольку конкретные технологии и протоколы, реализованные в каждой модели и приложении, могут быть предоставлены практически любым поставщиком, существует очевидная потребность в независимых поставщиках и других отраслевых организациях, чтобы заполнить этот пробел.

<sup>3</sup> IEEE 802.1Qcc. <https://1.ieee802.org/tsn/802-1qcc/>

## Вместе к Индустрии 4.0

Технологии TSN предлагают масштабируемый предсказуемый подход к детерминированному сетевому обмену данными через стандартный Ethernet. Но поскольку TSN – это скорее набор инструментов, чем единое комплексное решение, системные интеграторы должны в конечном счете полагаться на независимых поставщиков и несколько протоколов для удовлетворения конкретных требований каждого промышленного приложения. Именно из-за этого затруднения функциональная совместимость является ключевым фактором успеха внедрения TSN. В конечном счете, основанная на TSN унифицированная инфраструктура, по сути, требует взаимодействия на двух важнейших уровнях:

- Совместимая с TSN общая архитектура для обмена данными и сообщениями на уровне 2
- Общая семантика для обмена данными по нескольким протоколам в сети

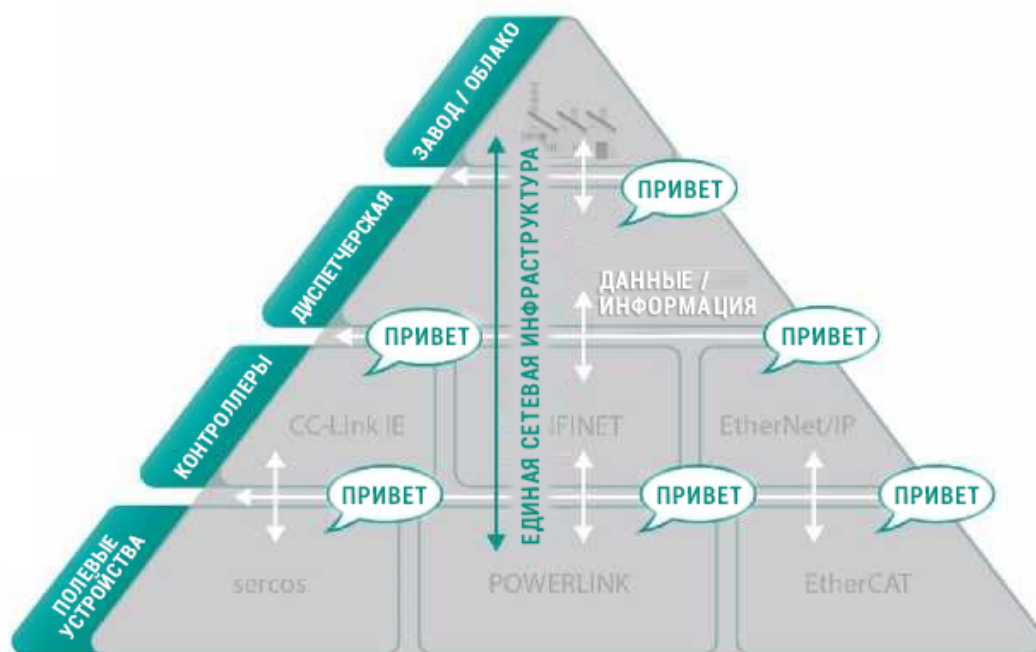


Рисунок 6. Полная функциональная совместимость для промышленной автоматизации

### Общая архитектура: Функциональная совместимость на уровне 2 модели OSI

Как детерминированный стандарт Ethernet, TSN по сути является технологией 2 уровня в рамках сетевой модели взаимодействия открытых систем (OSI). Уровень 2, также называемый канальным уровнем, включает в себя технологии, предназначенные для пересылки кадров Ethernet. Многие производители коммутаторов Ethernet и промышленные компании принимают открытый стандарт TSN, чтобы удовлетворить требования Индустрии 4.0 к конвергированной передаче данных для систем АСУ ТП и IT в режиме реального времени в сетях с высокой нагрузкой.

В сотрудничестве с другими ведущими поставщиками коммутаторов Ethernet компания Моха вносит непосредственный вклад в разработку технологий 2 уровня, реализуя детерминированный обмен данными Ethernet в готовых к будущему решениях, соответствующих стандарту TSN. Готовые к использованию в TSN сетях коммутаторы Ethernet от таких производителей, как Моха, позволяют системным интеграторам выполнять требования Индустрии 4.0 к высокой пропускной способности в реальном времени без изменения существующих прикладных программ.

Коммутаторы Ethernet с поддержкой TSN позволяют создавать высокодетерминированные сети для приложений IIoT и Индустрии 4.0, которые работают так же, если не лучше, чем традиционные проприетарные системы. Помимо обеспечения масштабируемости, гибкости, высокой пропускной способности и высокой доступности, коммутаторы Ethernet с поддержкой TSN рентабельны в развертывании и обслуживании.

Помимо предоставления стандартного оборудования Ethernet, используемого для создания единой инфраструктуры, соответствующей стандартам TSN, компания Мохэ активно участвует в плагфестах разных производителей TSN (мероприятиях, на которых разработчики электронного оборудования проверяют свою продукцию на соответствие техническим стандартам и совместимость с продуктами других производителей) и испытаниях по всему миру. Компания Мохэ присоединилась к четырем испытаниям, организованным Edge Computing Consortium (ECC) в Германии, Industrial Internet Consortium (IIC) в США, Labs Network Industrie 4.0 (LNI) в Германии и Alliance of Industrial Internet (AII) в Китае.

Участвуя в этих плагфестах и испытаниях, компания Мохэ может тщательно протестировать совместимость TSN с продуктами других поставщиков и до выхода на рынок убедиться, что разрабатываемая реализация является стабильной и надежной.

## **Общая семантика: Совместимость протоколов за пределами уровня 2**

Несмотря на то, что устройства в рамках «пирамиды автоматизация» будущего могут разрабатываться независимыми поставщиками, каждая единица оборудования должна иметь возможность взаимодействовать со всеми компонентами системы, а не только с устройствами 2 уровня, чтобы полностью реализовать возможности IIoT. Помимо устранения барьеров, изолирующих традиционные островки автоматизации, успешная реализация TSN требует совместимости протоколов между уровнями, чтобы обеспечить более гибкие топологии и открыть новые возможности промышленных приложений.

Например, отраслевые организации по всему миру, в том числе CC-Link Partner Association<sup>4</sup> (CLPA), EtherCAT Technology Group (ETG), Ethernet Powerlink Standardization Group<sup>5</sup> (EPSG), Mechanical Engineering Industry Association (VDMA), Open DeviceNet Vendors Association<sup>6</sup> (ODVA) и PROFIBUS & PROFINET International (PI) и другие объединяются вокруг унифицированной архитектуры OPC (OPC UA) и сопутствующих спецификаций для достижения общей семантики среди различных поставщиков и стандартов.

<sup>4</sup> CC-Link Partner Association. <http://am.cc-link.org/en/index.html>

<sup>5</sup> Ethernet Powerlink Standardization Group. <https://www.ethernet-powerlink.org/>

<sup>6</sup> Open DeviceNet Vendors Association. <https://www.odva.org/>

## Промежуточное решение: OPC UA

Архитектура OPC UA позволяет компаниям с оборудованием, обменивающимися данными по различным протоколам, подключаться к унифицированной архитектуре OPC, обеспечивающей обмен данными IIoT. EtherCAT, MTConnect, PROFINET, Sercos, Powerlink и другие фактически закончили переход на OPC UA. Архитектура OPC UA предлагает способ представления различных промышленных протоколов, в которых информация обычно структурируется в другом формате, на общем универсальном языке (OPC UA). При таком подходе можно обеспечить взаимодействие устройств различных производителей без необходимости немедленного отказа от существующих систем и протоколов.

## Универсальный язык: Унифицированная инфраструктура OPC

Хотя архитектура OPC UA дает промежуточное решение для взаимодействия машин, новая инициатива заключается в использовании OPC UA в качестве общей платформы для всех уровней приложений, от площадки до облака, независимо от связей по горизонтали или по вертикали. Поскольку OPC UA может использоваться для полного описания сложных систем и семантики, приложения промышленной автоматизации могут использовать OPC UA для «исходного» взаимодействия протоколов в сочетании с поддержкой технологий TSN7. Например, если бы все в мире говорили на одном языке, никому не требовался бы словарь для общения с иностранцем. Несомненно, преимущества бесшовной совместимости без необходимости перевода между разными протоколами явно побуждают отраслевые организации и независимых поставщиков поддерживать общий язык (OPC UA) для перспектив промышленной автоматизации.

Внедрение единой унифицированной сетевой инфраструктуры может обеспечить двустороннюю передачу данных IIoT от датчиков, исполнительных механизмов, станков и контроллеров на производстве в облако без ущерба производительности промышленного управления/автоматизации. Однако большая интеграция и взаимосвязанность также подвергает промышленные системы рискам кибербезопасности. Но наличие рисков не означает, что производители должны избегать внедрения технологий IIoT и отказываться от преимуществ сетевого обмена данными со строгой синхронизацией времени по стандартным сетям Ethernet. К счастью, Международная электротехническая комиссия (МЭК) также разрабатывает всемирные стандарты безопасности промышленных сетей и систем, например, IEC 62443. Следовательно, выбор этих современных технологий может укрепить унифицированную архитектуру будущих сетей IIoT и снизить риски использования возможностей, предоставляемых Индустрией 4.0 и цифровизацией.

---

<sup>7</sup> OPC Foundation. (2014). OPC Unified Architecture – The universal communication platform for standardized information models. [https://jp.opcfoundation.org/wp-content/uploads/2014/05/OPC-UA\\_CollaborationOverview\\_EN.pdf](https://jp.opcfoundation.org/wp-content/uploads/2014/05/OPC-UA_CollaborationOverview_EN.pdf)

## Единый фундамент успеха

Независимо от того, стремитесь ли вы улучшить использование существующих активов или максимально использовать новые возможности для бизнеса, нынешняя волна цифровизации, предлагая оборудование как услугу, обещает произвести революцию в производственном секторе в ближайшие годы. Для того, чтобы в полной мере воспользоваться преимуществами промышленного Интернета вещей, необходимы детерминированные сети с высокой пропускной способностью и минимальной задержкой, чтобы обеспечить обмен данными в реальном времени для промышленных систем управления.

Сегодня появление сетевого обмена данными со строгой синхронизацией времени означает, что стандартные технологии Ethernet могут предоставлять детерминированные услуги, выходящие за рамки традиционных ограничений обмена данными с негарантированной доставкой. Благодаря TSN производителям больше не нужно ограничивать свои приложения изолированными островками автоматизации со специально созданными протоколами и системами управления. Вместо этого промышленные приложения могут рассчитывать на интегрированное будущее с новыми двусторонними потоками обмена данными, которые выходят за пределы горизонтального и вертикального отсеков традиционной модели Purdue.

Поскольку международные организации по стандартизации и поставщики оборудования, такие как компания Мохэ, продолжают объединяться вокруг TSN, стандартные технологии Ethernet имеют все шансы стать перспективной основой промышленных сетей в эпоху IIoT.



### Санкт-Петербург

193318, Санкт-Петербург,  
ул. Ворошилова, д. 2,  
тел.: (812) 326-5924, 326-2002  
факс: (812) 326-1060  
e-mail: ipc@nanz

### Москва

107140, Москва,  
ул. Верхняя Красносельская,  
д. 3, стр. 2, БЦ «Красносельский»,  
сектор А, 4 этаж, офис 402  
тел.: (495) 980-6406  
факс: (495) 981-1937  
e-mail: msk@nanz.ru

### Екатеринбург

620026, Екатеринбург,  
ул. Розы Люксембург,  
д. 49, офис 609  
(БЦ Онегин)  
тел./факс: (343) 311-9007  
e-mail: ekb@nanz-ipc.ru

### Новосибирск

630128, Новосибирск  
(Академгородок),  
ул. Инженерная, д. 4А,  
офис 325  
тел./факс: (383) 330-0518  
тел.: (991) 379-2211  
e-mail: nsk@nanz-ipc.ru

### Алматы

050000, Республика  
Казахстан, Алматы,  
ул. Кунаева,  
д. 43, каб. 330  
тел.: (727) 346-9717  
e-mail: kaz@nanz.ru