

*Жуенков Александр Сергеевич,*  
аспирант

**ЭТАП ПЕРЕВОДА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО  
ПРОЦЕССА НА УДАЛЕННОЕ ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ.  
ИНТЕГРАЦИЯ ОБЛАЧНОГО ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ**

Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого, sasa10082@gmail.com

*Аннотация.* В статье рассматривается внедрение киберфизического управления на производстве с использованием периферийного оборудования. Определить оптимальный способ установки киберфизической системы с использованием периферийного оборудования для управления производственным процессом. В статье использовались методы передачи данных: Message Queue Telemetry Transport (MQTT), Data Distribution Service (DDS). Представлена структура работы киберфизической системы и схема путей передачи данных. Внедрение периферийного исполнительного устройства с использованием комбинированного протокола связи обеспечит устойчивую работу киберфизической системы.

*Ключевые слова:* киберфизические системы, промышленное производство, данные, протокол связи, Message Queue Telemetry Transport, MQTT, Data Distribution Service, DDS.

*Aleksander S. Zhunenkov,*  
Postgraduate (PhD) Student

**THE STAGE OF TRANSFERRING PRODUCTION MANAGEMENT  
TO REMOTE DECISION-MAKING. INTEGRATION OF CLOUD  
DATA STORAGE**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,  
sasa10082@gmail.com

*Abstract.* The article discusses the introduction of cyber-physical control in production using peripheral equipment. To determine the optimal way to install a cyber-physical system using peripheral equipment to control the production process. The article used data transmission methods: Message Queue Telemetry Transport (MQTT), Data Distribution Service (DDS). The structure of the cyberphysical system and the scheme of data transmission paths are presented. The introduction of a peripheral executive device using a combined communication protocol will ensure the stable operation of the cyberphysical system.

*Keywords:* cyber-physical systems, industrial production, data, communication protocol, Message Queue Telemetry Transport, MQTT, Data Distribution Service, DDS.

## **Введение**

Идея киберфизической системы состоит в том, что облачная вычислительная машина осуществляет полный контроль за производственными процессами. Беспеременно поступающие в хранилище данные должны постоянно обновляться, анализироваться и изменяться, занимая при этом большой объем памяти. В таких условиях хранилища физических носителей очень скоро переполнятся. Учитывая, что увеличение объема памяти карт хранения дело затратное, то с целью финансовой экономии есть возможность приобрести собственное или арендовать по договору облачное хранилище у его владельца. К тому же у пользователя облачного хранилища всегда будет возможность управлять его вместимостью.

Та или иная организация (завод) находящаяся в отдалении от мегаполиса (за городом) при переводе производства на облачную основу может столкнуться с невозможностью быстрого присоединения к сети интернет. И перевод производства, на облачную основу, как показывает практика, будет нецелесообразным. А подведение усилителей приема сети будет в разы дороже, чем аренда облачного хранилища по договору на 2–3 года.

### **1. Работа облачной инфраструктуры в реальном времени**

Облачный мониторинг — процесс пристального наблюдения за облачными приложениями и сервисами, процесс контроля и анализа рабочих процессов и процессов в облачной инфраструктуре. Поэтому выполнение требования к скорости передачи данных при управлении облачной системой является наиболее критичным.

Интеллектуальные инструменты облачного мониторинга включают прогнозирование потенциальных проблем и помогают отслеживать время отклика, уровни потребления ресурсов и т. д. [1].

Любые данные перед обработкой должны быть получены в реальном времени, так как скорость транспортировки информации влияет на общую скорость работы оборудования. Информация малого объема рассчитывается на несколько бит, но на производстве ежеминутно происходят тысячи процессов. Поэтому для постоянного и полного контроля производства в целом и применяют исполнительные вычислительные машины для частичной или полной кибертизации процесса, что может привести к переполнению трафика передачи данных.

Для снижения объема передаваемой информации есть необходимость внедрения на производстве исполнительной системы в качестве периферийного оборудования.

## 1.1. Определение функциональности периферийного и облачного оборудования

Независимо от того, какая используется облачная структура, мониторинг работы исполнительный вычислительной машины является важной частью производительности и безопасности.

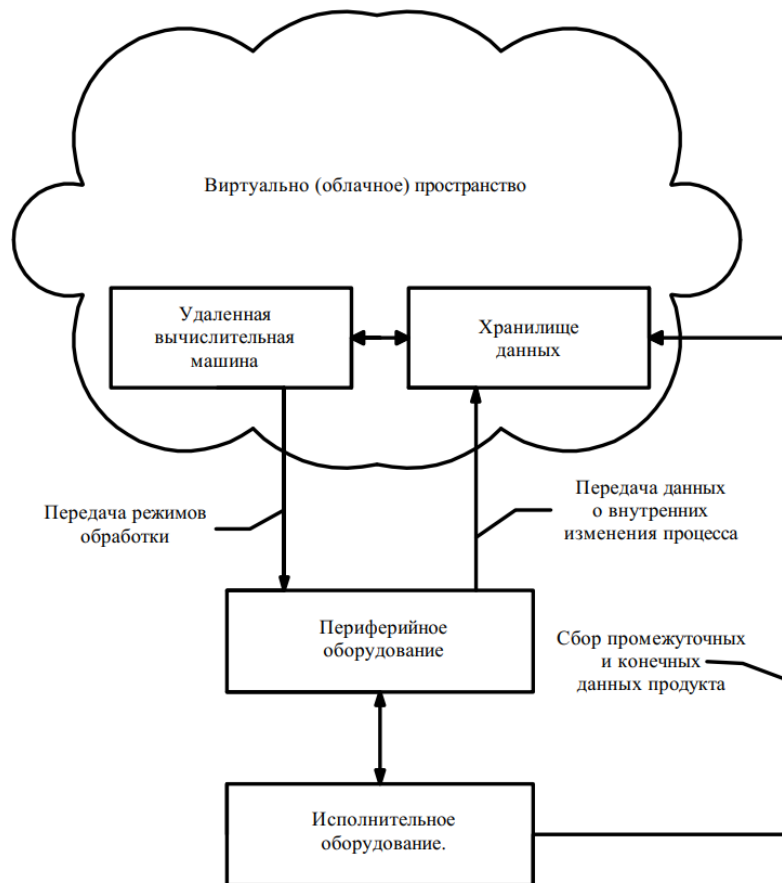


Рис. 1. Взаимодействие облачного хранилища данных и периферийных вычислительных машин с исполнительными механизмами

Интеграция периферийных вычислений в автоматизированную систему управления позволит переместить большинство процессов от единого центра обработки данных, ближе к конечному пользователю. Таким образом хранение и обработка всех данных, генерируемых устройствами интернета вещей, будет осуществляться на пограничных сегментах сети или около них [2].

Данные рассуждения дают возможность построить структуру взаимодействия вычислительных систем, которая представлена на рисунке 1.

Следует выделить два основных процесса управления: моментальный и оптимизирующий.

За реализацию моментального процесса управления будет отвечать периферическая система. Которая, благодаря тому, что установлена

в непосредственной близости от конечного пользователя, способна быстро принимать информацию о процессе в реальном времени и реагировать на отклонения от плановой обработки.

В обязанности облачной вычислительной машины будут входить: анализ работы всего производства за длительный промежуток времени, преобразование и изменение каких-либо характеристик для оптимизации процесса и получения большей прибыли [3].

Если же рассматривать подключение к облачным технологиям, то это соединение, безальтернативно, будет проходить через всемирную сеть Интернет. При работе с такими дата-центрами обязательным критерием является безопасность передачи данных с помощью шифровки поступающей и исходящей информации. Это нацеливает облачный сервер на выполнение обязанностей по хранению данных и обеспечение долгосрочного анализа работы производства. Следовательно, быстрое изменение процесса работы всего производства в целом невозможно.

## **2. Разработка способа передачи данных**

Из приведенной концепции (технологий) периферийного управления производством, важной деталью для стабильной работы является сегмент передачи информации между управляющим оборудованием. Так как управление происходит в реальном времени, поэтому, перед внедрением периферийного управления в процесс производства, необходимо обеспечить стабильную связь на всех этапах работы.

### **2.1. Внутреннее передача данных**

Понятие внутреннего подключения оборудования будет описывать связь между исполнительным процессом и управляющим периферийным оборудованием. Данная связь должна быть способна не только переносить достаточный объем информации, но и делать это быстро, с минимальными временными задержками. И самое главное, чтобы такая связь была стабильной, так как в случае сбоя все производство рискует остановиться до перегрузки системы. Такое нарушение в работе приведёт к излишним финансовым затратам и качественным потерям на производстве. Следует досконально учитывать количество обрабатываемой информации [4].

Система подключения DDS (Data Distribution Service) является наиболее оптимальной для обеспечения безболезненного перехода производства на управление периферийным оборудованием. Данный протокол соединения является быстрым и надежным, так как рассчитан на проводное подключение потребителей и поставщиков информации.

Главная задача внутренней программы — это преобразование данных, поступающих с дата-концентратора, в систематизированную информацию, которая по общей шине будет продолжать своё движение в блок передачи данных. В свою очередь, при обнаружении и выделении из потока входных данных существенных изменений параметров, система подаст предупреждающую команду ответственному механизму. Внутренняя программная основа действует согласно DDS протоколу должна бесперебойно работать даже при поступлении большого объёма информации, в противном случае функционирование такой системы не будет корректным [5].

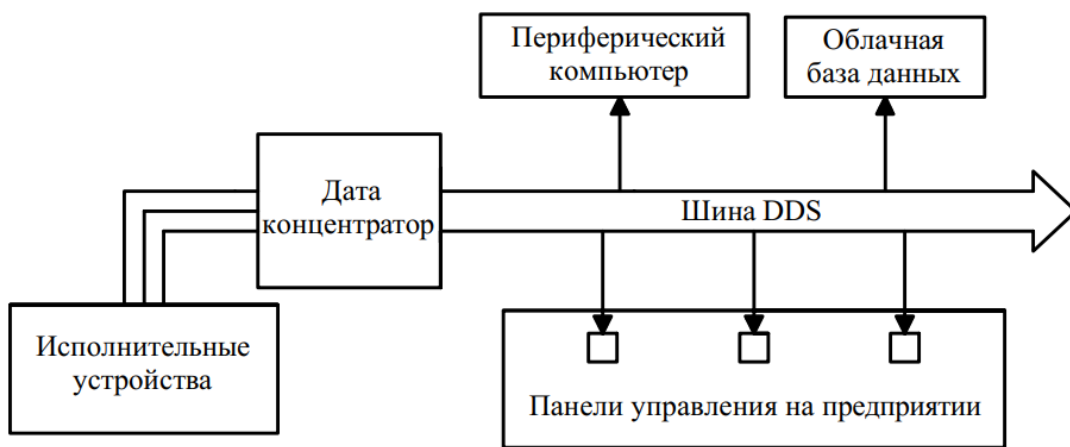


Рис. 2. Схема передачи данных с помощью DDS-шины

Далее по шине происходит одномоментная передача информации всем полевым машинам управления, а также периферийному вычислительному устройству и в преобразователь, подключенный через облачную связь с виртуальным сервером внешним управляющим устройством. Отличительной особенностью DDS-протокола является быстрая передача большого объема данных [6]. Не менее важно, чтобы в случае изменения каких-либо параметров процесса корректировки данные с минимальной временной задержкой отображались на всех дисплеях оборудования. Такое подключение схематично показано на рисунке 2.

## 2.2. Внешняя передача данных

Внешняя передача данных будет описывать взаимосвязь между производством, пользователем и облачной управляющей системой. Ранее было представлено описание процесса обработки информации виртуальной машиной и её передачи в общее хранилище. Если связь между анализирующим виртуальным устройством предприятия и облачным хранили-

щем будет осуществляться владельцем облака, то это потребует отдельного рассмотрения.

Для такого процесса протокол связи MQTT будет наиболее эффективным. Этот метод работает на основе сервера, поставщика и потребителей.

### 2.3. Общий вид схемы передачи данных

Для сбора и хранения данных предприятия в качестве сервера будет использоваться облачное вычислительное устройство. Здесь основным поставщиком информации является сетевой модуль, подключенный с DDS шиной. Через него поступает информация, связанная с процессом и состоянием оборудования. Следует помнить о необходимости регулирования объема информации, так как DDS-протокол в стандартной работе будет выдавать гораздо больше информации чем пропускная способность соединения [7]. Возникает риск возникновения перегрузки соединения. Логичное отсеивание информации и внутренняя работа с данными поможет не допустить такой перегрузки.

Главным в системе будет периферийный компьютер. Именно на него «облако» будет отправлять изменённые режимы работы. В свою очередь с периферийного устройства в виртуальное пространство будет отправляться информация о внутренних настройках режима работы для повышения качества продукта. В число потребителей будут входить внутренние панели управления, что определит вмешательство в процесс оператора. В дальнейшем потребуется отчет об ошибках.

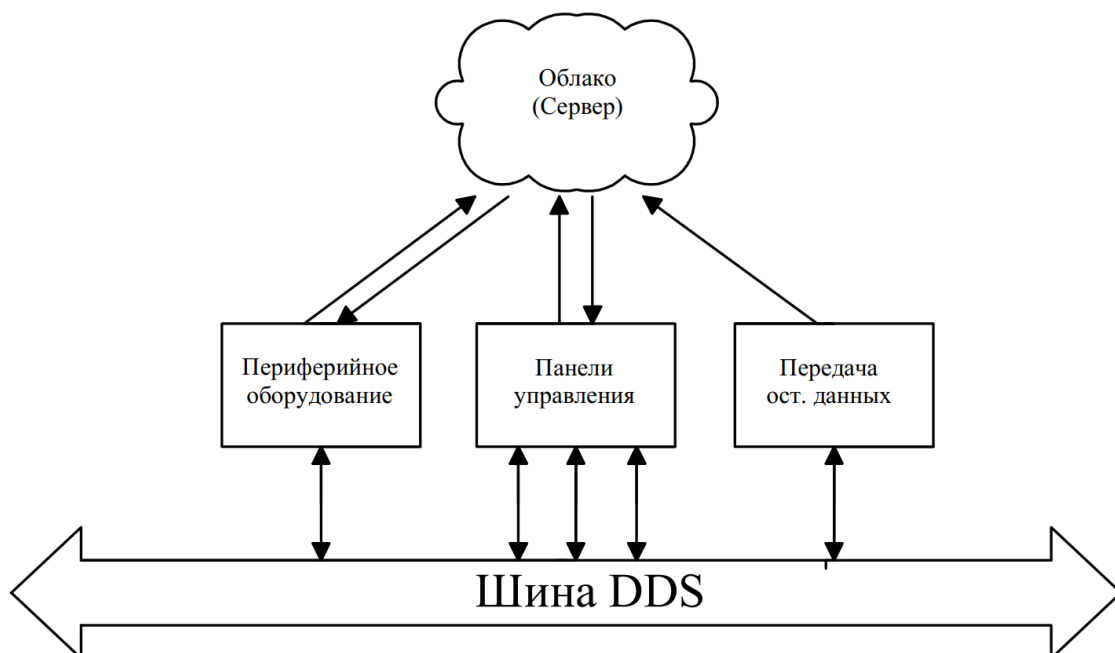


Рис. 3. Общая схема передачи данных

В отличие от поставщиков, с потребителями необходима обратная связь, так как все изменения в производстве должны быть зафиксированы для дальнейшего анализа и совершенствования автономной программы работы. Схема внешней передачи данных представлена на рисунке 3.

### **Заключение**

В результате работы была составлена и обоснована схема передачи данных на производстве при внедрении киберфизической системы с использованием периферийного оборудования.

Сама схема разделана на 2 части, внешняя и внутренняя передача данных.

Для каждой из частей были определены условия работы, необходимые критерии и подобраны оптимальные протоколы передачи данных. Для внешней связи был выбран MQTT метод, так как он способствует обработке большого потока данных. Для внутренней связи был выбран DDS метод, который обеспечит выполнение моментальной работы одновременно на нескольких производственных направлениях одного предприятия.

Вследствие были составлены схемы работ протоколов связи и разработаны подробная схема подключения.

### **Список литературы**

1. Шмаков Р.Г. Периферийные вычисления как неотъемлемая часть прогресса [Электронный ресурс] // itWeek: сетевой журн. – 17.02.2022. – URL: <https://www.itweek.ru/iot/article/detail.php?ID=222471> (дата обращения: 11.05.2023).
2. Кесова Е.Н. Киберфизические производственные системы и их роль организации «интеллектуального» промышленного предприятия // Научный-образовательный журнал “student”. – 2022. – № 1. – С. 42–48.
3. Саманцев А.П., Сойников А.А. Современные каналы связи для передачи документации // Научный вестник Крыма. – 2019. – № 5. – С. 2–7.
4. Балашов А.М. Использование облачных технологий в современном промышленном производстве // Индустриальная экономика. – 2022. – № 5 (9). – С. 868–871.
5. Курмаев Т.И. Сравнение протоколов передачи данных в интернете вещей // Международный научный-исследовательский журнал. – 2022. – № 1. – С. 45–47.
6. Шауэрман А.А., Борисов А.В., Забелин Л.Ю. Оптимизация алгоритма DDS методом компенсации паразитных составляющих // Вестник СибГУТИ. – 2020. – № 2. – С. 84–94.
7. Корзухин С.В., Хайдарова Р.Р., Шматков В.Н. Конфигурируемые IoT-устройства на основе SoC-систем ESP8266 и протокола MQTT // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2020. – Т. 20. № 5. – С. 722–728. – DOI: 10.17586/2226-1494-2020-20-5-722-728.