

**Технология DDS для создания систем
передачи данных в распределенной
электроэнергетике и сетях «Smart Grid»**

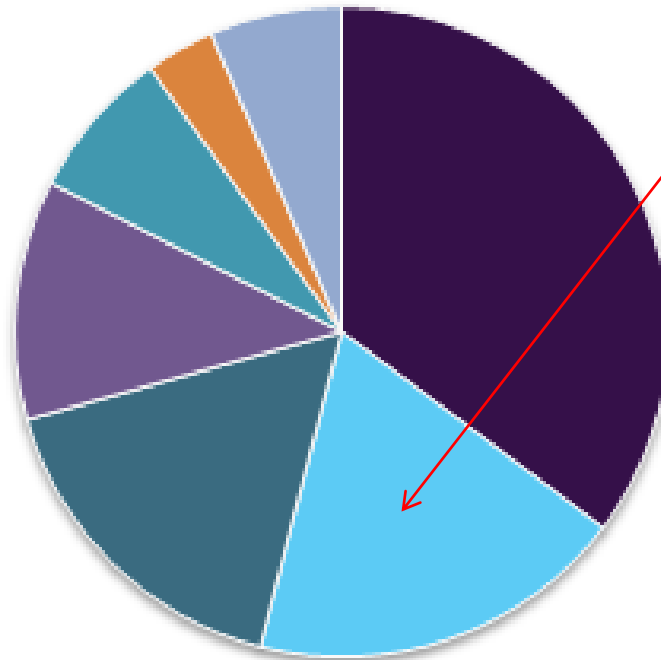
А.И. Ваньков

К.Т.Н., С.Н.С.

АО «НПО РусБИТех»

г. Москва

«Smart Grids» занимает существенную часть «энергетического сегмента» (Energy & Power) рынка промышленного «Интернета вещей» (IIoT)



- Manufacturing
- Energy & Power
- Oil & Gas
- Healthcare
- Logistics & Transport
- Agriculture
- Others

Референсная архитектура ЦоТ от ИС

Консорциум промышленного «Интернета вещей»
(Industrial Internet Consortium - ИС)

при участии OMG разработал архитектуру
по взаимодействию компонентов, пригодную для различных
сегментов рынка (документ от 28.02.2017)



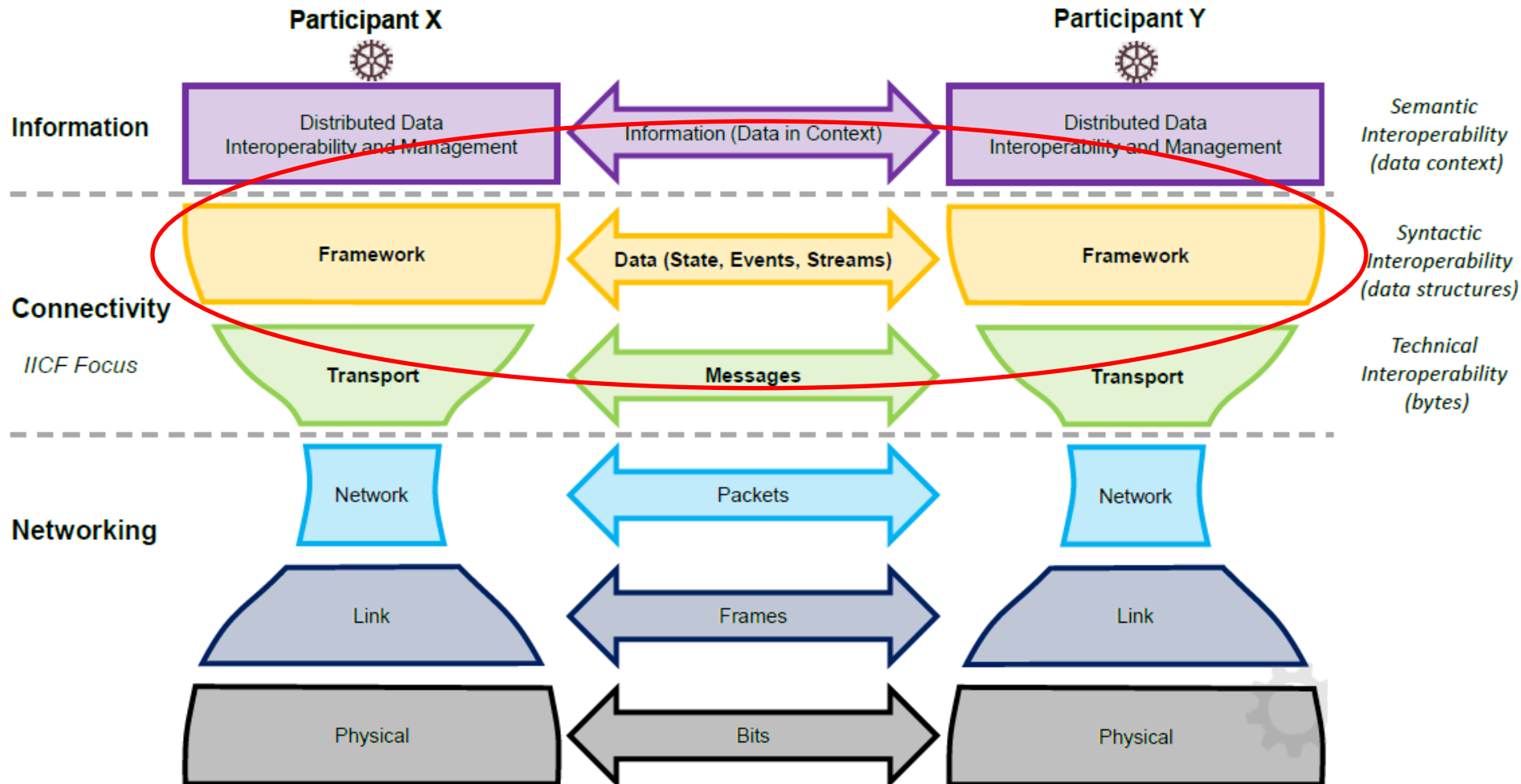
OMG: world's largest systems software standards
org

- 470+ members
- UML, SysML, DDS, CORBA, more

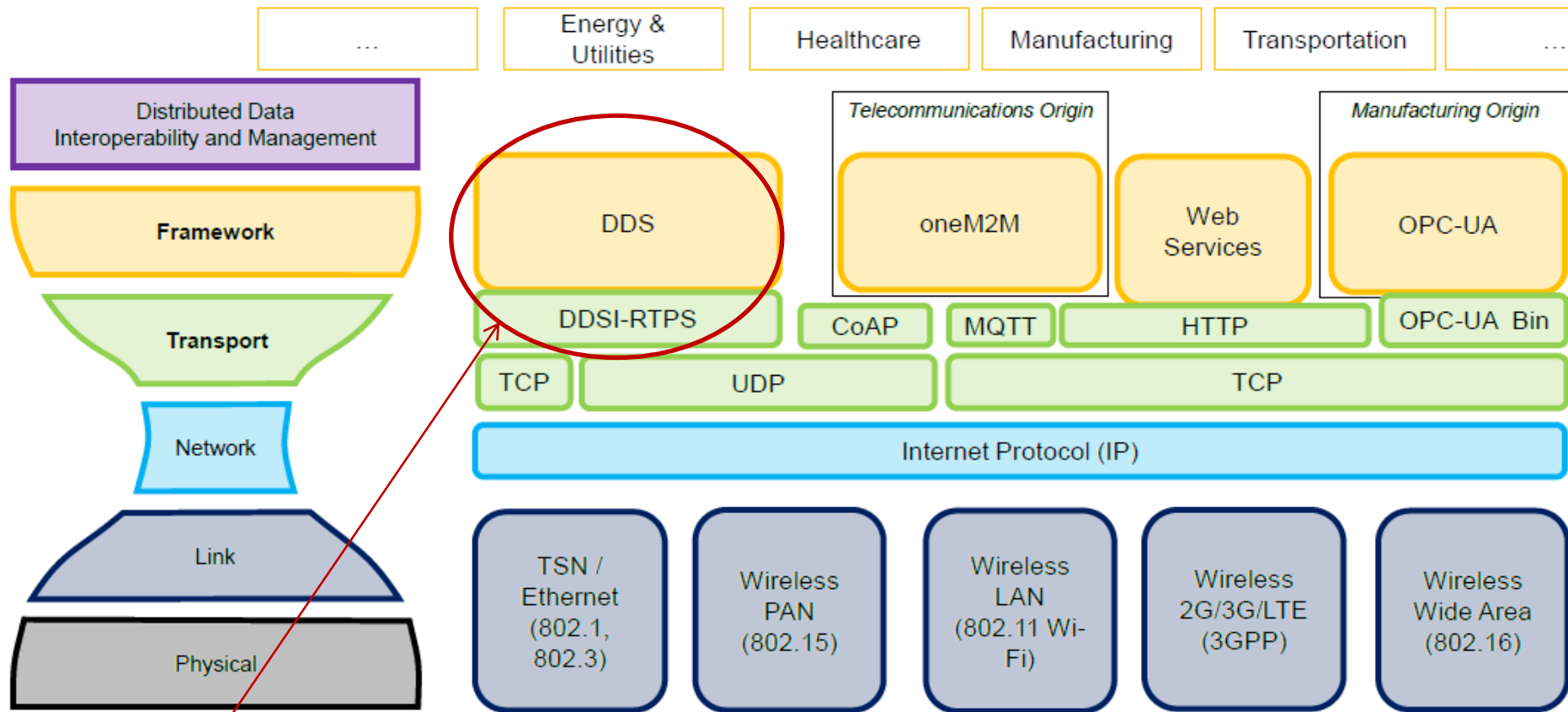


The Industrial Internet of Things
Volume G5: Connectivity Framework

Уровни взаимодействия участников распределенной системы согласно ИС



Стандарты, используемые на различных уровнях интероперабельности



DDS (Data Distribution Service) является одним из ключевых стандартов для систем реального времени

Семейство стандартов OMG DDS

Data Distribution Service (DDS) Specifications

| | | | |
|---|------------------|-----------------------|---|
| Data Distribution Service | DDS™ | real-time, middleware | formal/ 2015 -04-10 |
| DDS Data Local Reconstruction Layer | DDS-DLRL | real-time, middleware | formal/ 2015 -04-12 |
| DDS for Lightweight CCM (see also CORBA, Part 3) | dds4ccm | middleware, CORBA | formal/2012-02-01 |
| DDS-SECURITY | DDS- SECURITY | real-time, middleware | formal/ 2016 -08-01 |
| Extensible and Dynamic Topic Types for DDS | DDS-XTypes | real-time, middleware | formal/2014-11-03 ptc/ 2017 -03-06 - beta |
| ISO/IEC C++ 2003 Language DDS PSM | DDS-PSM-Cxx | real-time, middleware | formal/2013-11-01 |
| Java 5 Language PSM for DDS | DDS-Java | real-time, middleware | formal/2013-11-02 |
| Real-time Publish-Subscribe Wire Protocol DDS Interoperability Wire Protocol | DDSI-RTPS | real-time, middleware | formal/2014-09-01 |
| Remote Procedure Call over DDS | DDS-RPC | real-time, middleware | formal/ 2017 -04-01 |
| Web-Enabled DDS | DDS-WEB | real-time, middleware | formal/ 2016 -03-01 |

Эволюция middleware (связующего ПО)

Point-to-Point



Client/Server



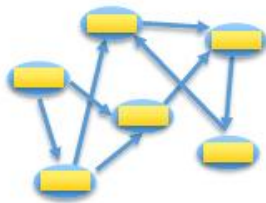
Publish/Subscribe



Queuing



Data-Centric



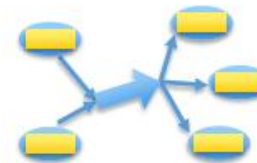
TCP
Sockets



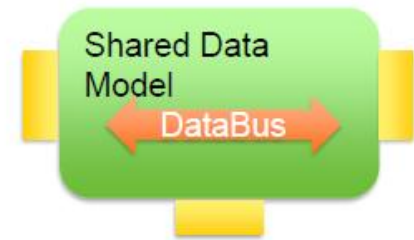
MQTT
XMPP
OPC
CORBA



Fieldbus
CANbus
ZeroMQ
JMS

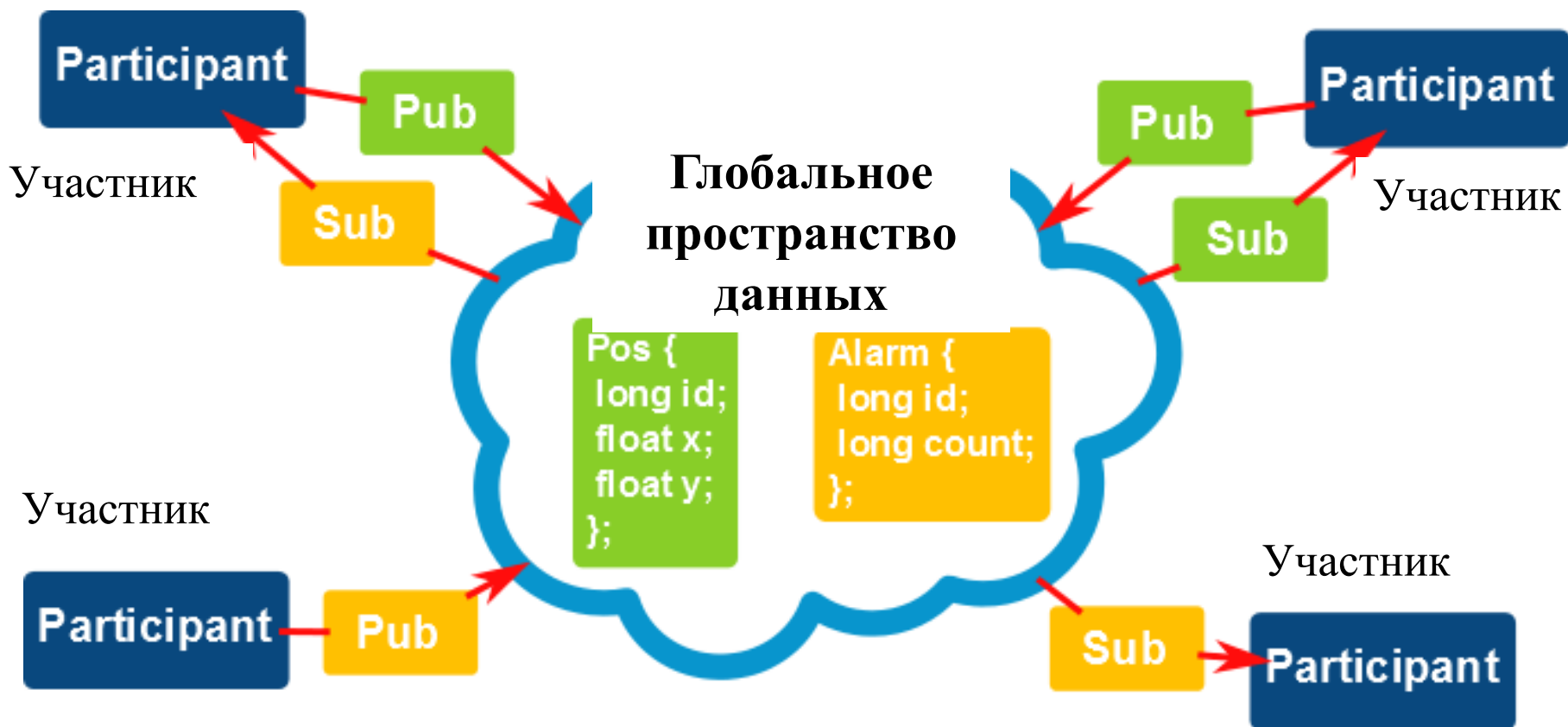


AMQP
Active MQ



DDS

Упрощенная логическая архитектура DDS



Логическая динамическая шина данных:

Можно упрощенно говорить о «движущейся» во времени распределенной базе данных («логическая шина данных»), подмножества которой подстраиваются под (изменяющиеся) «интересы» каждого участника.

Принцип «подписка-публикация»:

DDS использует парадигмы “peer-to-peer” и “publish-subscribe”



Масштабируемость – многие тысячи взаимодействующих узлов

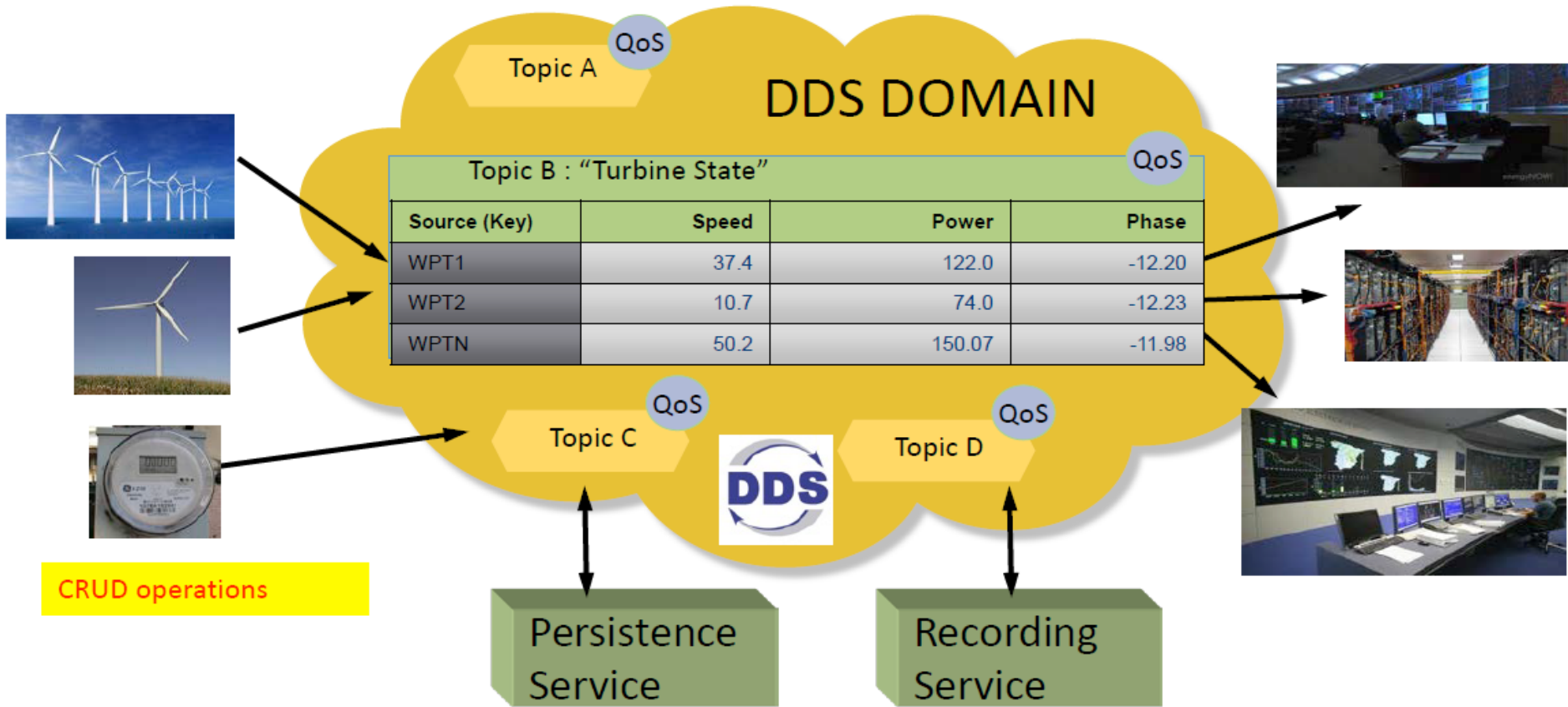
Задержка – менее 100 мкс

Пропускная способность – сотни тысяч пакетов данных в секунду (для пакетов более 0.5-1 КБ ограничением уже выступает 1 Гб/с Ethernet).

Обычные требования для DDS: **наличие стека UDP/IP** «внизу». Хотя есть и специальные решения для других типов транспорта (VME, serial).

Скорости «каналов»: есть примеры использования как через цифровые радиостанции на скоростях 16-64 Kbps, так и в сетях 10+ Gbps.

Пользовательская архитектура DDS



В DDS сильно развита система «политик качества обслуживания данных» (QoS – Quality of Service). Среди всех стандартов на middleware DDS – единственная «датацентрическая» технология, т.е. она «знает семантику» распределяемых данных, снимая нагрузку с приложений.

Политики QoS в DDS (1/2)

| | |
|--------------------|---|
| USER_DATA | Произвольные данные приложения, присоединенные к сущности |
| TOPIC_DATA | Произвольные данные приложения, присоединенные к теме |
| GROUP_DATA | Произвольные данные приложения, присоединенные к публикатору или подписчику |
| LIVELINESS | Механизм и параметры информирования о том, что сущности «живы» и работоспособны |
| RELIABILITY | Уровень надежности доставки данных |

| | |
|---------------------------|---|
| DURABILITY | Доступность исторических данных (реализованы варианты VOLATILE и TRANSIENT_LOCAL) |
| DEADLINE | Требуемая периодичность обновления данных |
| OWNERSHIP | Политика управления владением данными |
| OWNERSHIP_STRENGTH | Сила публикатора данных |
| HISTORY | Размер доступной истории данных |

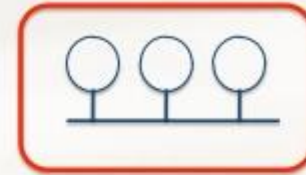
Политики QoS в DDS (2/2)

| | |
|------------------------------|--|
| TRANSPORT_PRIORITY | Рекомендация (hint) по установке приоритетности доставки конкретных данных транспортным уровнем инфраструктуры DDS |
| LIFESPAN | Срок годности данных |
| DESTINATION_ORDER | Способ упорядочения данных экземпляра объекта |
| RESOURCE_LIMITS | Лимиты на ресурсы, которые DDS может использовать при обмене значениями |
| ENTITY_FACTORY | Управление активацией создаваемых сущностей |
| WRITER_DATA_LIFECYCLE | Управление удалением данных экземпляра объекта при отмене его регистрации |
| READER_DATA_LIFECYCLE | Управление жизненным циклом данных |

В семействе стандартов DDS есть DDS Security

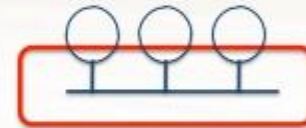
Три общеизвестных типа границ защиты (в идеале необходимо наличие всех трех)

- Защита всего периметра



- Транспортный уровень

- Network (layer 3) security
- Session (layer 4/5) security



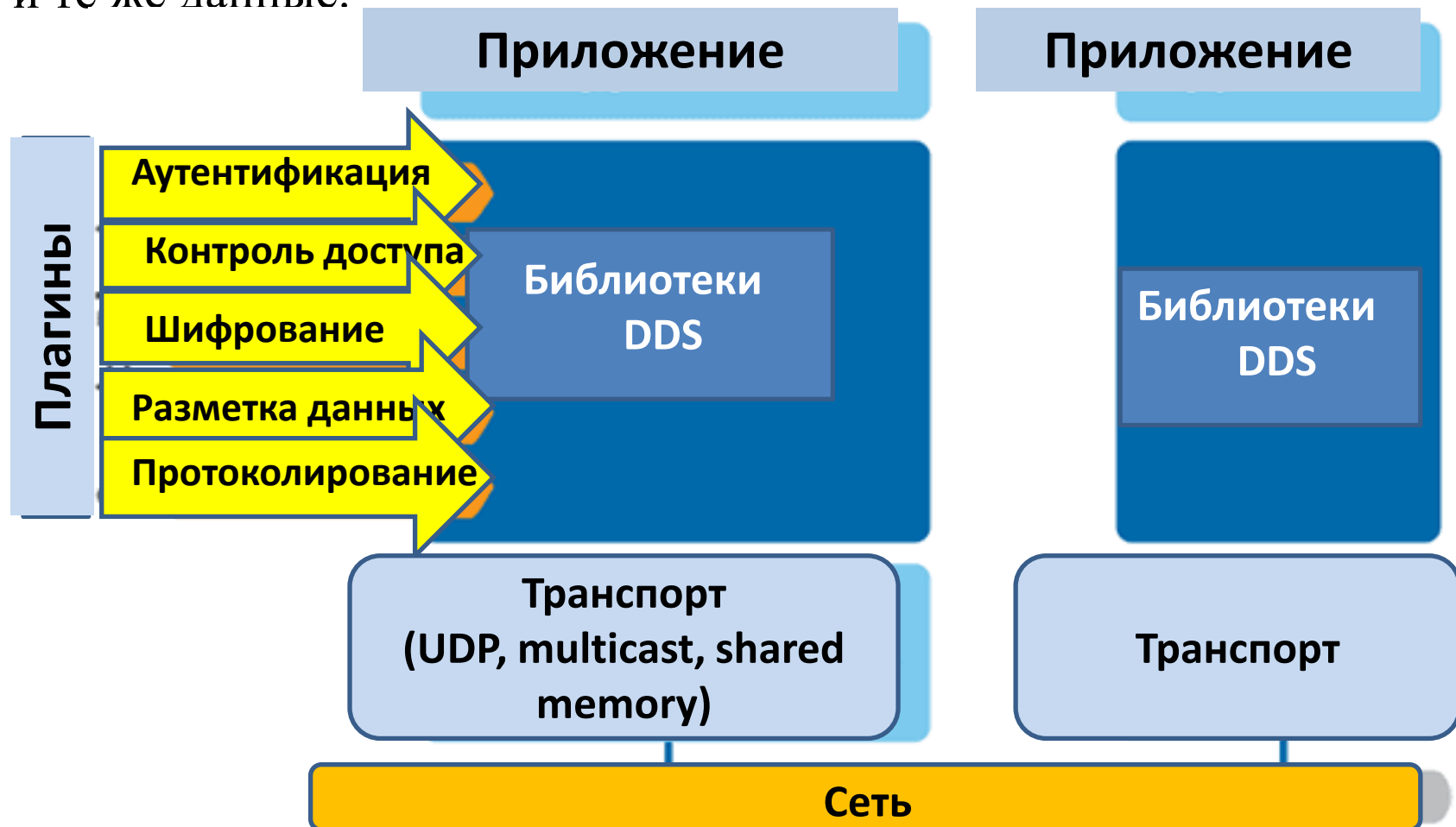
- Защита каждого отдельного блока данных



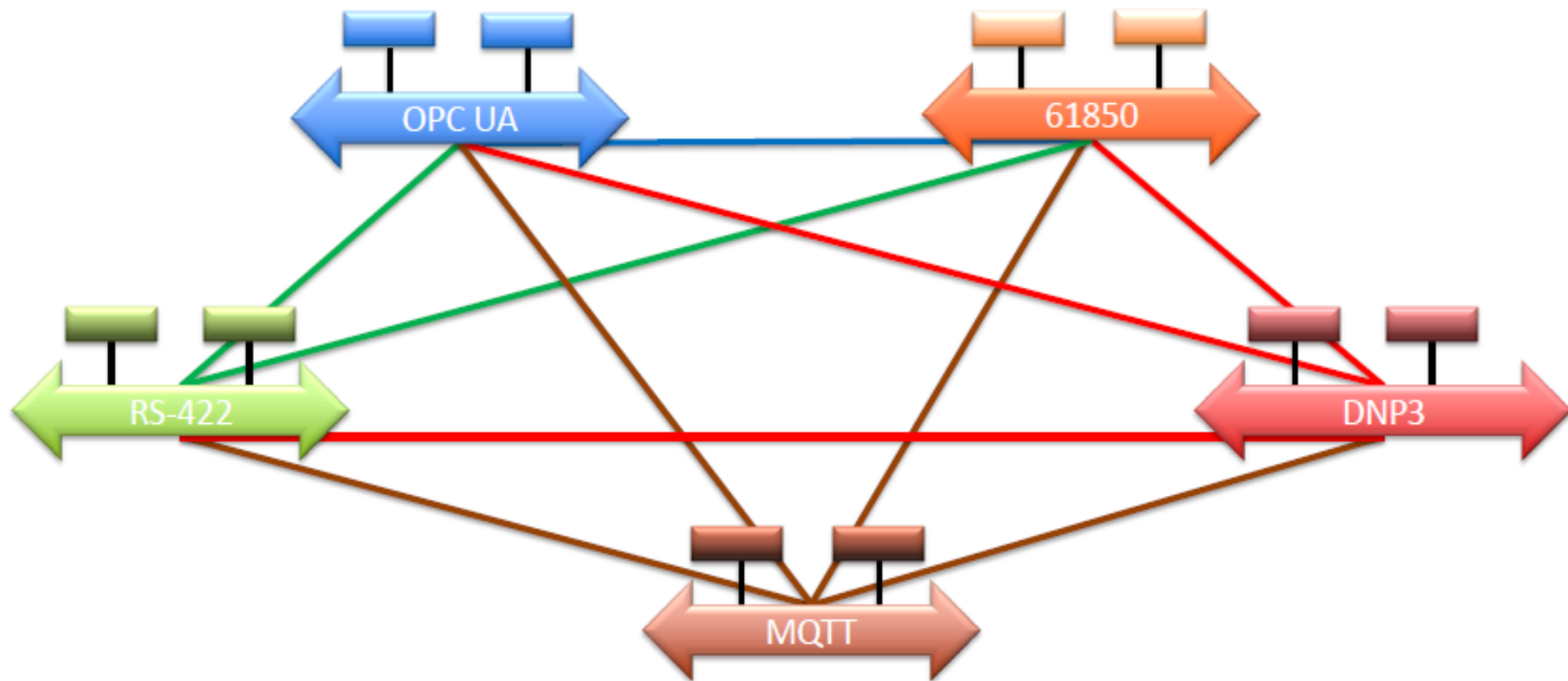
Предмет стандарта DDS Security

DDS Security: Реализация через плагины

Безопасность реализована поверх транспортного уровня и не требует протоколов типа TLS/SSL или DTLS. Поддержка UDP-multicast (и для «reliable», и для «best effort» трафика) обеспечивает эффективное распределение данных когда есть много подписчиков на одни и те же данные.

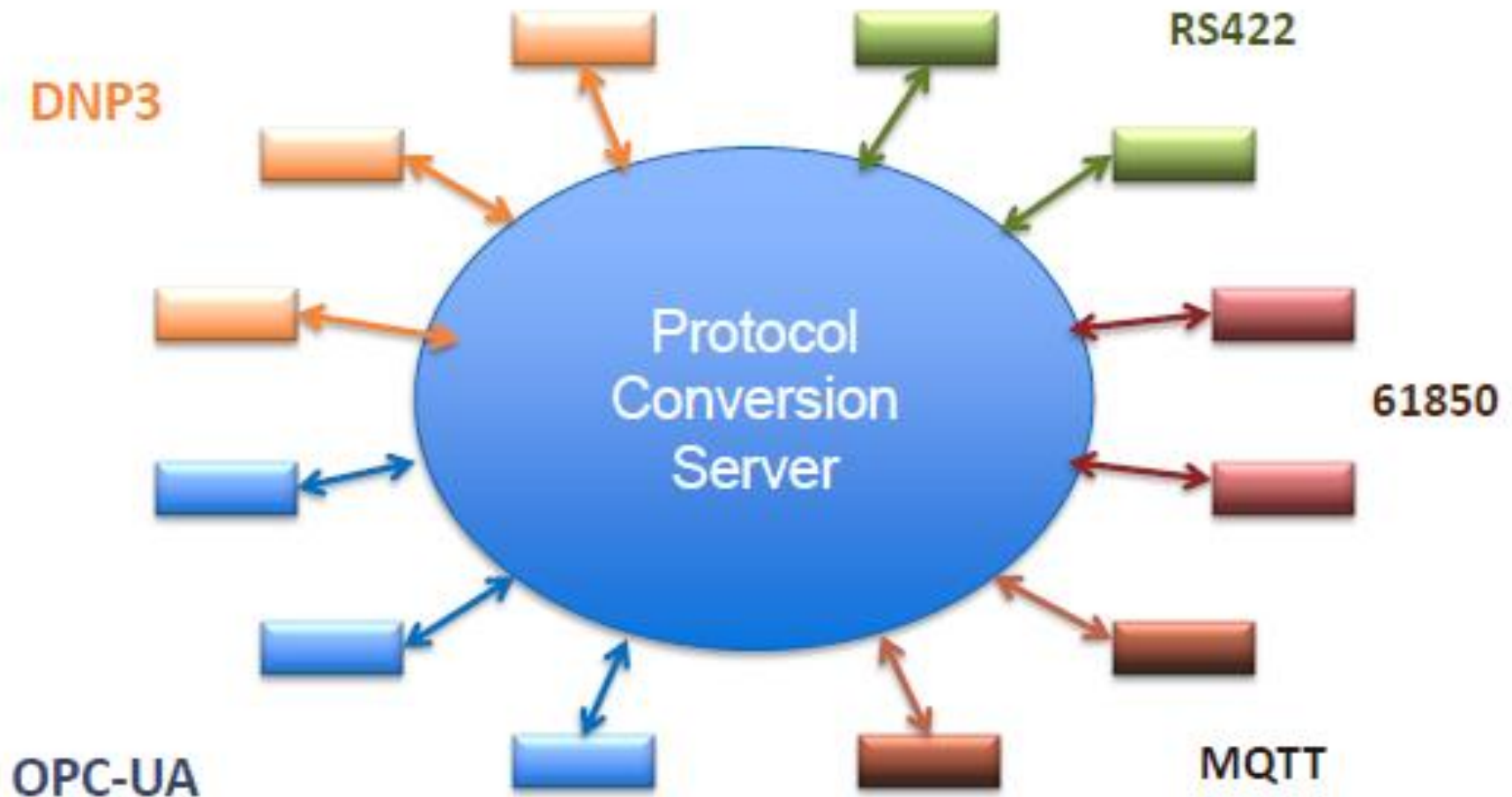


Проблема интерфейсов «каждый с каждым» (порядка N^2)



Целесообразно иметь «нормализатор»

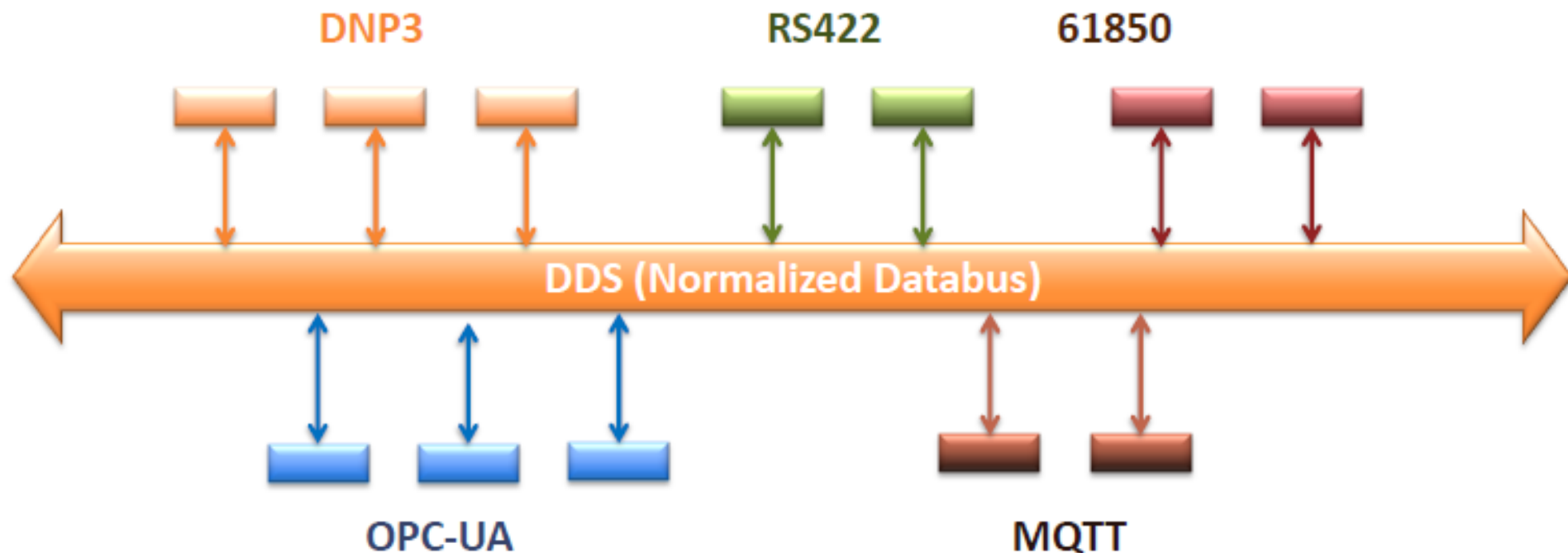
Возможное централизованное решение



Недостатки:

- Трудно масштабируется
- Требуется наращивание производительности сервера при масштабировании
- Создается единая точка отказа (SPOF)

Децентрализованное решение



- Легко масштабируется по числу участников
- Нет сервера, нет единой точки отказа, нет проблемы наращивания производительности центрального узла
- Проблема числа адаптеров редуцируется с N^2 до N

DDS в электроэнергетике

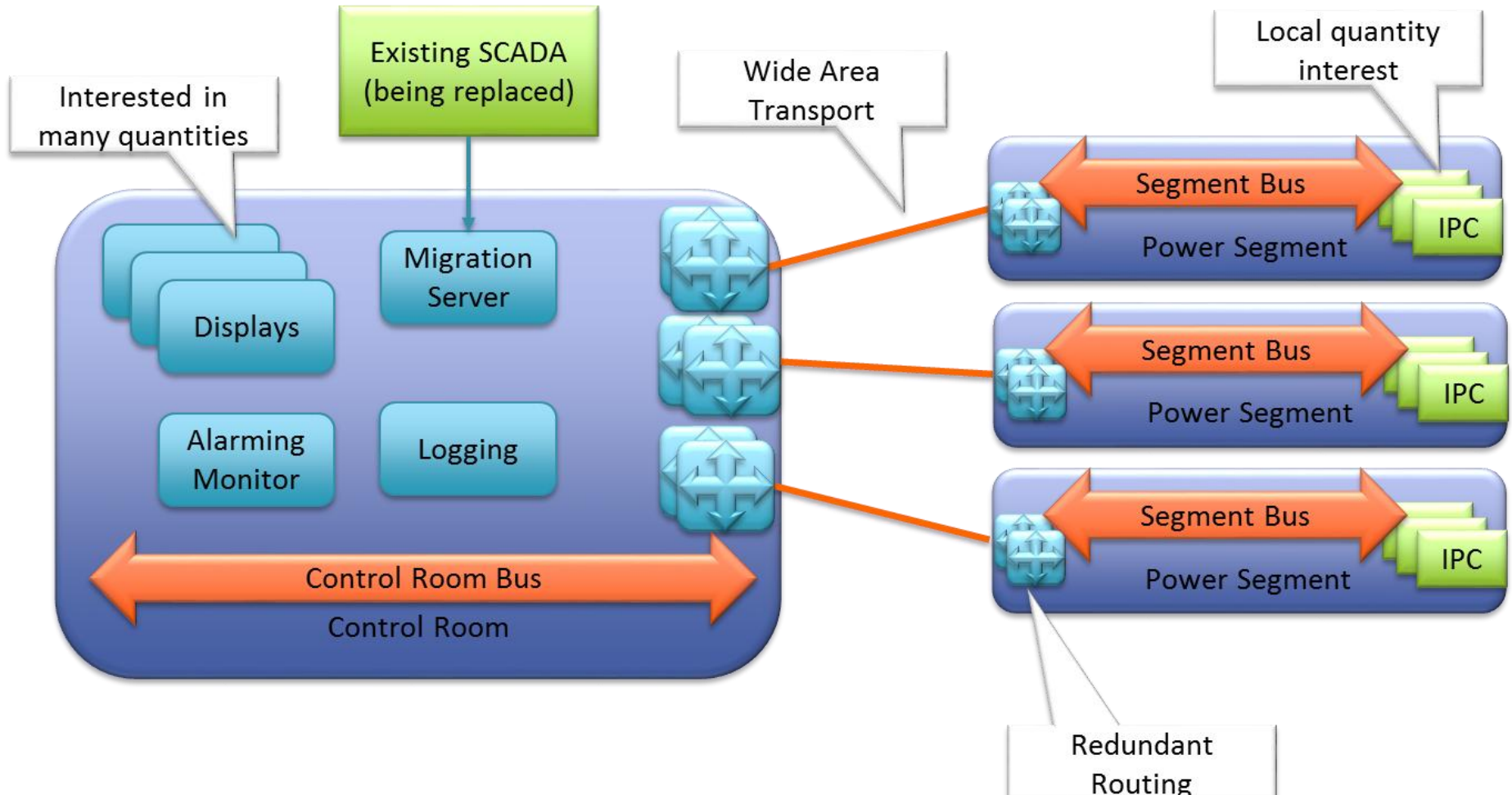
ГЭС на реке Колорадо - Grand Coulee Dam

Крупнейшая ГЭС в Северной Америке

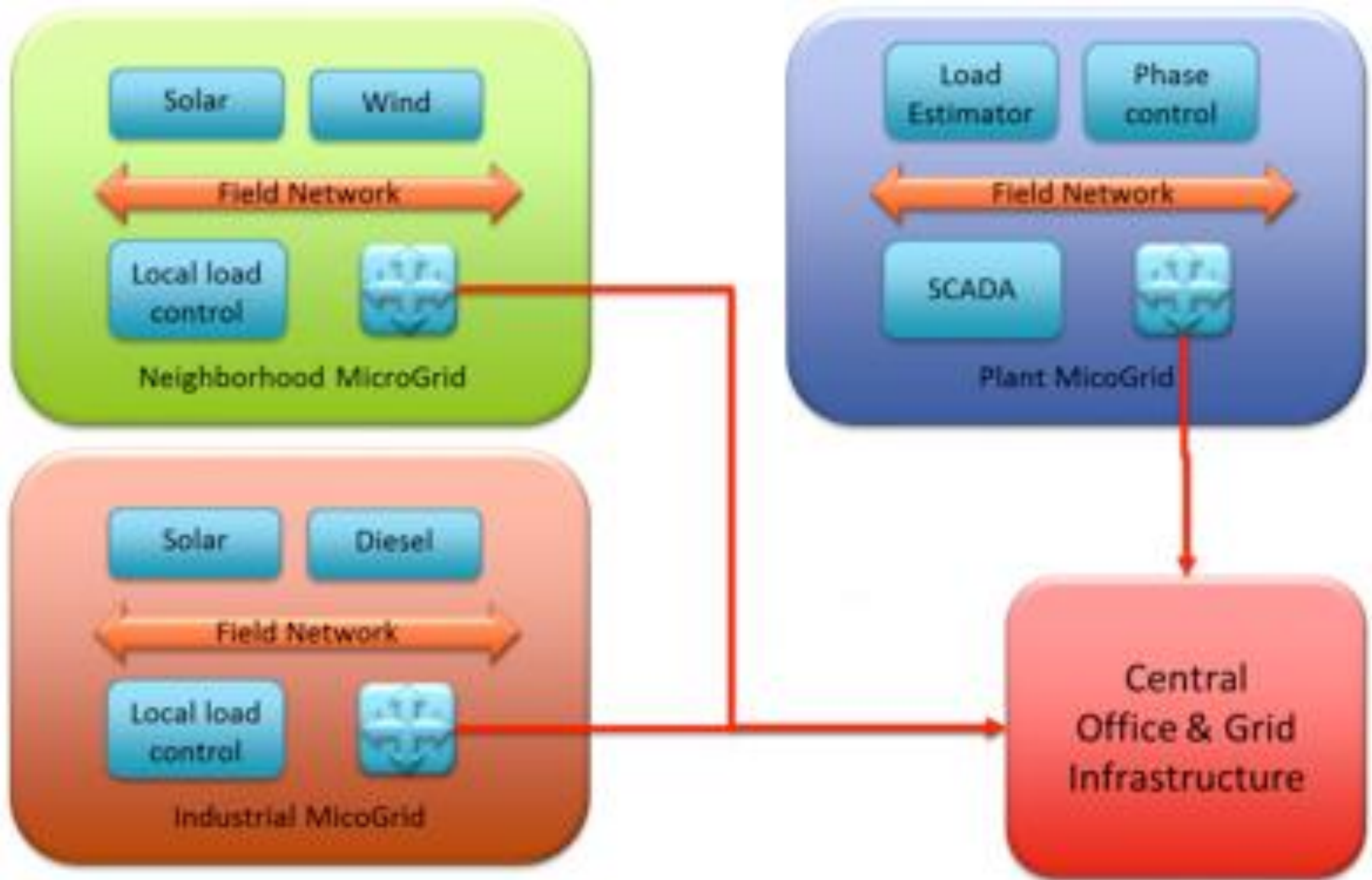
Основные компоненты и новая SCADA используют DDS для обмена данными



Need to pass 300 thousand data values from 40 thousand points



Toronto Hydro – крупнейшая канадская компания – использует DDS в своих распределенных сетях



SGIP и OpenFMB

В последние годы ведущими регулирующими организациями и промышленными компаниями предпринимаются усилия по стандартизации концепции и конкретных программных инфраструктур для управления Smart Grids (SG).

Так, еще в 2009 году в США была создана организация **SGIP-Smart Grid Interoperability Panel**, целью которой является поддержка усилий по обеспечению интероперабельности между компонентами SG.

В марте 2016 года SGIP анонсировала программную инфраструктуру **OpenFMB - Open Field Message Bus** (открытый стандарт полевой шины обмена сообщениями).

В феврале 2017 года SGIP объединилась с SEPA - Smart Electric Power Alliance под брэндом и организационной архитектуры последней.

OpenFMB как стандарт NAESB

OpenFMB был ратифицирован North American Energy Standards Board в марте 2016.

Промышленная кооперация по разработке и использованию OpenFMB насчитывала на 2017 год 25 организаций-членов при лидирующей роли Duke Energy. Среди них:

- ABB, General Electric, Green Energy Corp., ITOCHU, Schneider Electric, Siemens
- Cisco, AT&T, Alcatel-Lucent, National Instruments, Verizon, RTI

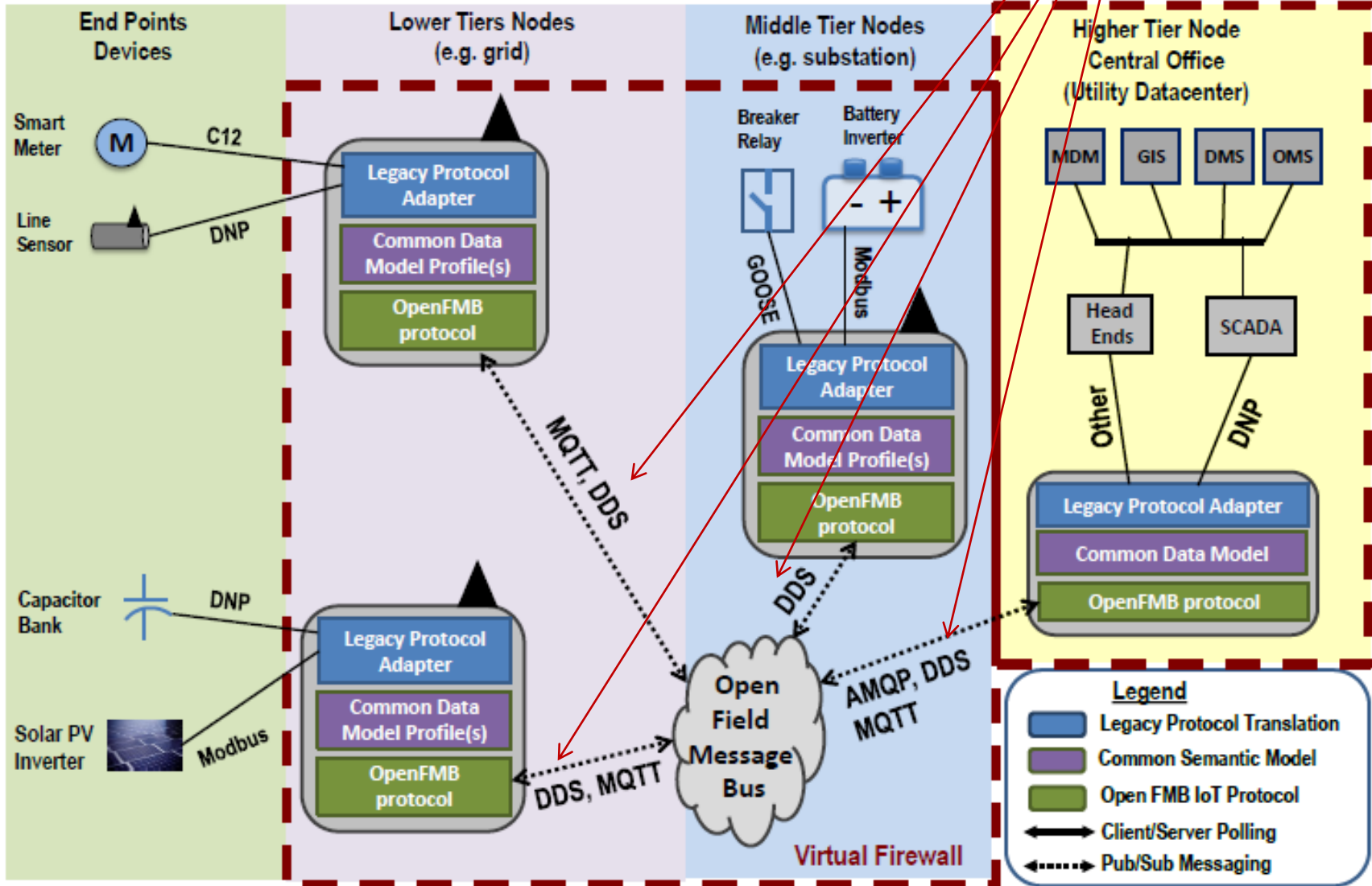
DDS является основной из трех технологий, используемых для обмена данными в OpenFMB.

Две другие технологии – AMQP и MQTT являются более простыми и используются для интеграции конечных устройств (тогда как DDS может рассматриваться в качестве «магистральной»).

Архитектура OpenFMB использует DDS



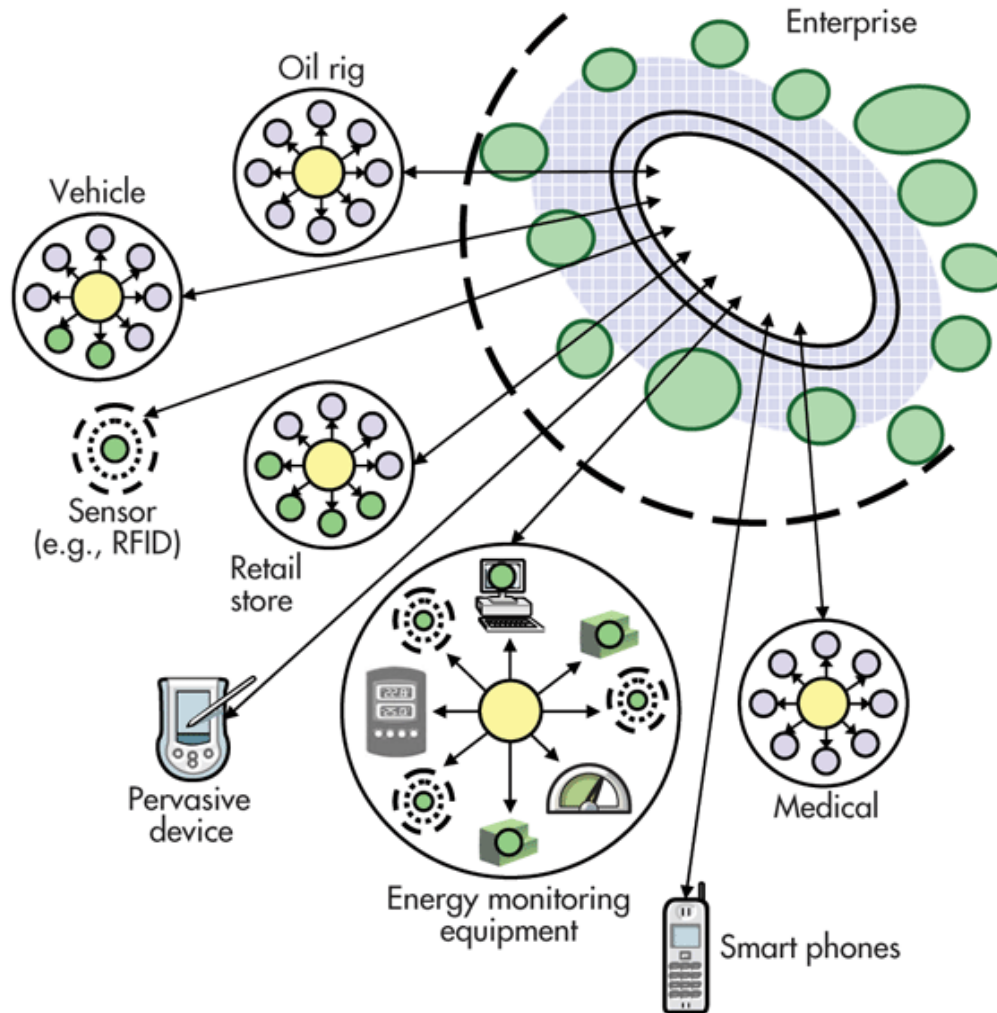
Open Field Message Bus (OpenFMB) Framework



MQTT - Message Queue Telemetry Transport

Телеметрический транспорт на основе (разбора) очереди сообщений

Предложен ИБМ в 1999 году в рамках стандартов сообщества OASIS. Очень простой протокол ориентированный на передачу данных (в форме сообщений)



от небольших устройств (в первую очередь - цифровых датчиков) на сервер или логический "брокер сообщений" (т.е. топология типа «звезда»).

Хорошо подходит для сетей с "узкими" и ненадежными каналами передачи данных где «реальное» время находится на уровне секунд. Работает на "слабых" микропроцессорах с небольшой памятью.

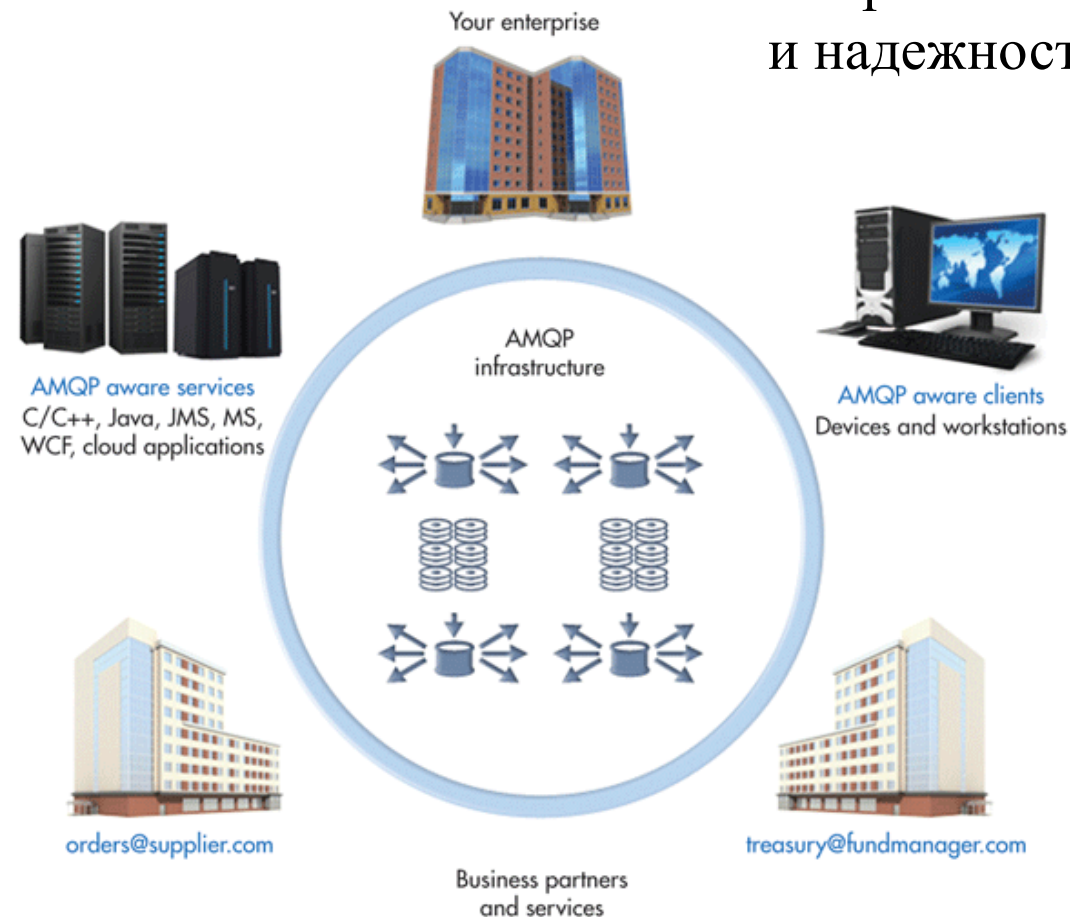
Для больших сетей со сложной семантикой данных и массивными их потоками "в одиночку" малопригоден.

Advanced Message Queuing Protocol (AMQP) – протокол на базе очереди сообщений

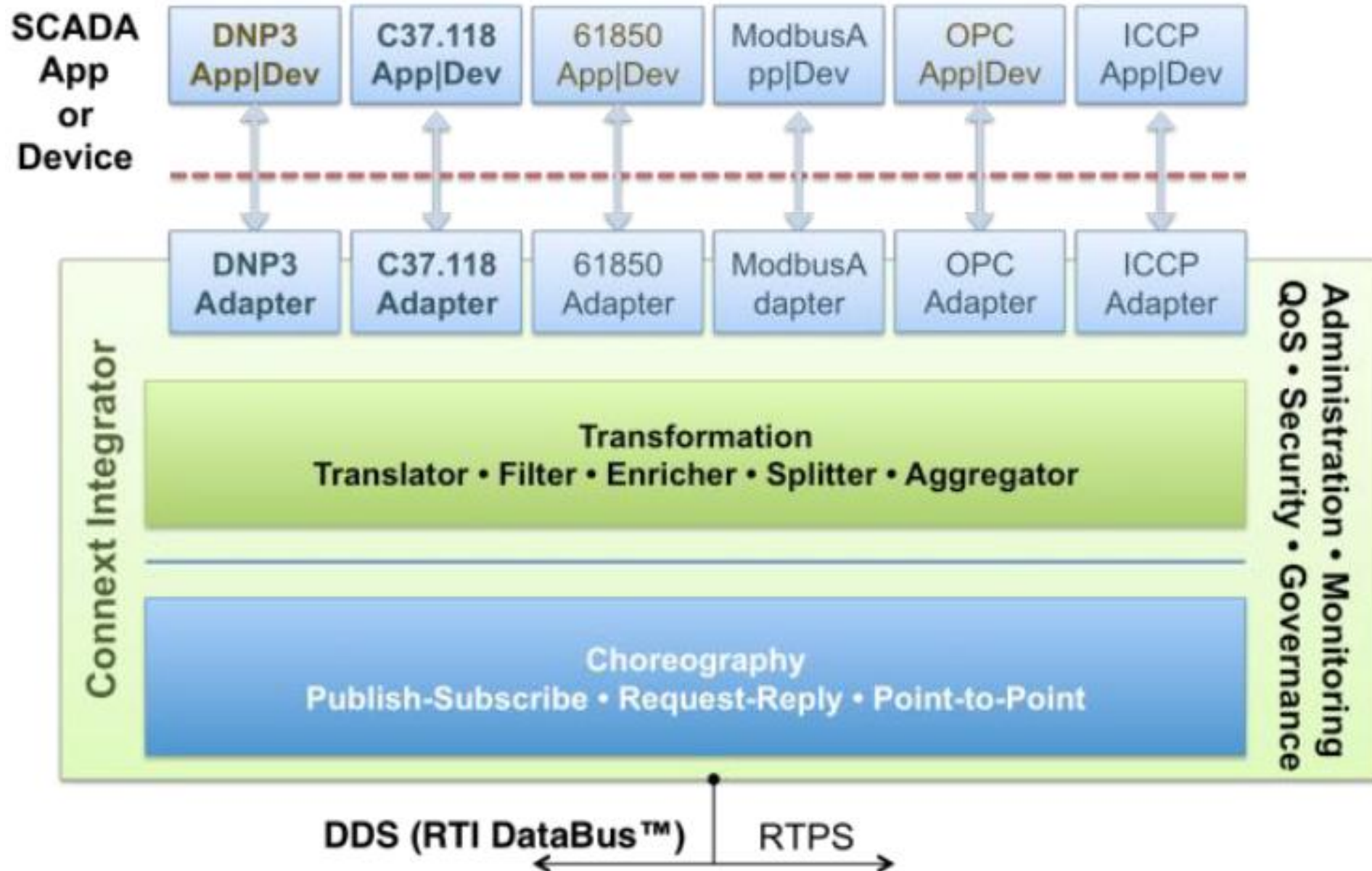
Разработан для **банковских** инфраструктур (обмен типа «сервер-сервер») где важны скорость обмена, низкая задержка и надежность доставки.

Работает только поверх (TCP), что не позволяет реализовать большинство QoS, используемых в DDS. Семантически нейтрален.

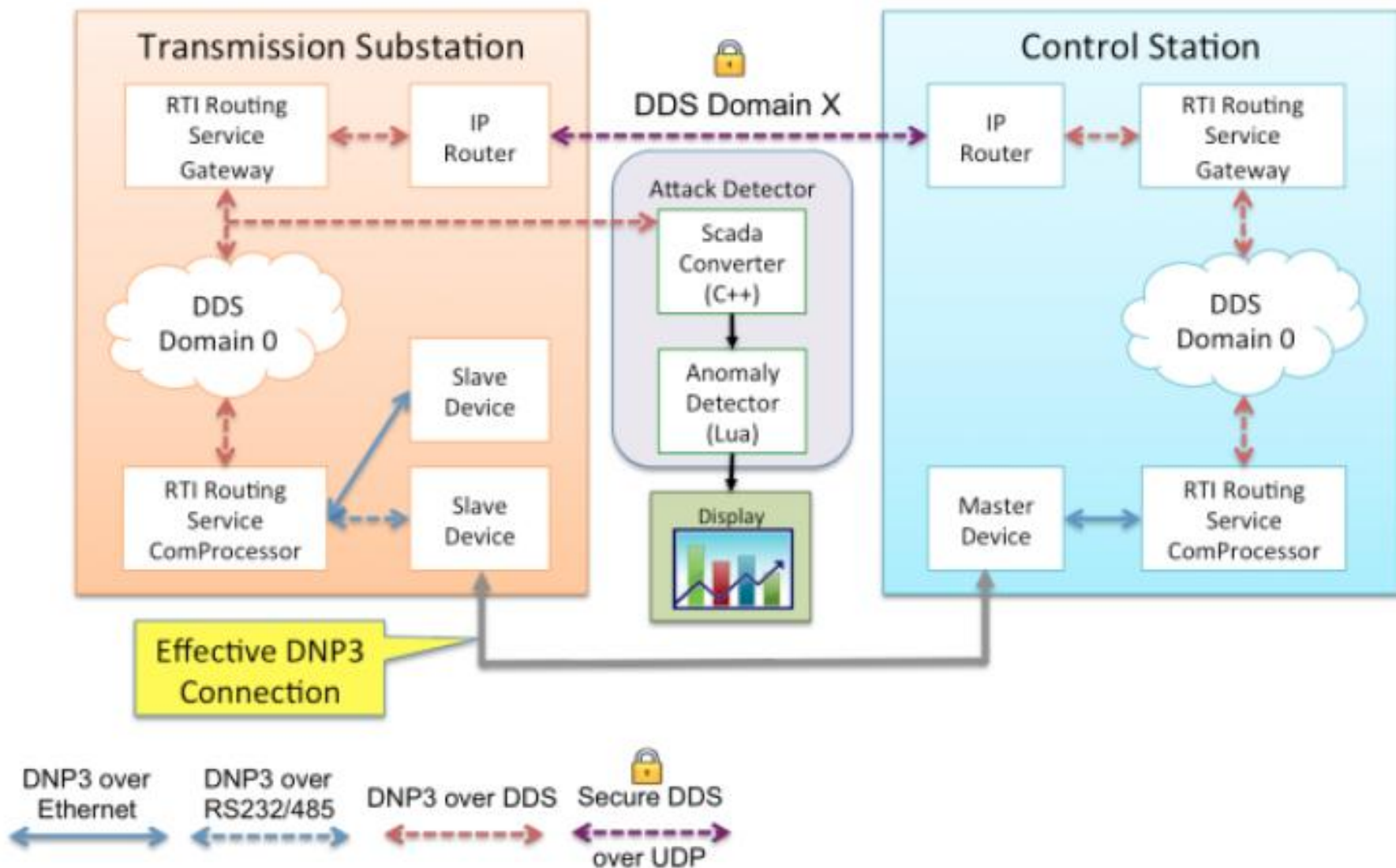
Как правило реализуется с единым логическим компонентом, что может вызывать проблемы с масштабируемостью (bottleneck) и единой точкой отказа (SPOF)



Децентрализованное решение: пример от RTI



Повышение защищенности обмена данными между существующими платформами



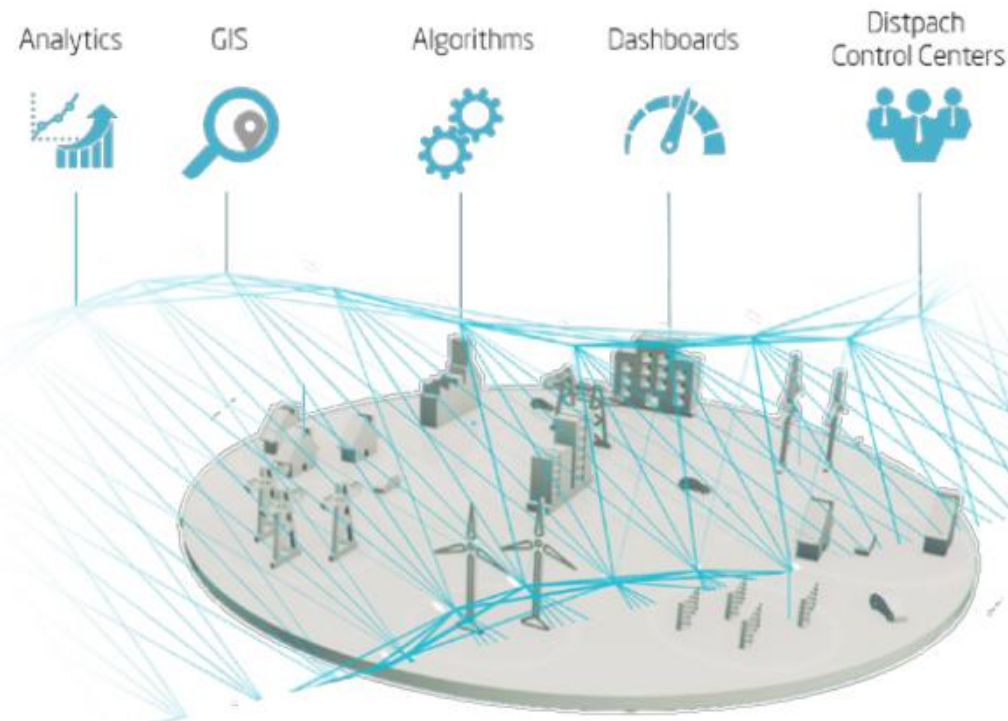
Система ветрогенерации от Сименс



Комплексы от Siemens Wind Power содержат до 500 турбин. В сегменте каждой турбины - более 1000 датчиков, исполнительных устройств и прочих взаимодействующих элементов. ПО DDS (от RTI, Inc) обеспечивает управление турбинами и балансировку системы в условиях постоянной неравномерности от порывов ветра.

Комплексные решения от Indra в области в области Smart Grid также используют DDS

High performance distributed platform allowing real-time data exchange between multiple systems.



- Real Time Middleware based on the publish/subscribe Data Distribution Service (DDS) standard



- Integrated Information Model guaranteeing data interoperability (CIM, IEC61850, ...)



- Quality of Service for data delivery such as reliability, availability, liveliness, etc.



- Security, ensuring the performance and safety requirements of Industrial IoT environments



- Edge Computing: Integration with CEP engines and other technologies allowing knowledge distribution

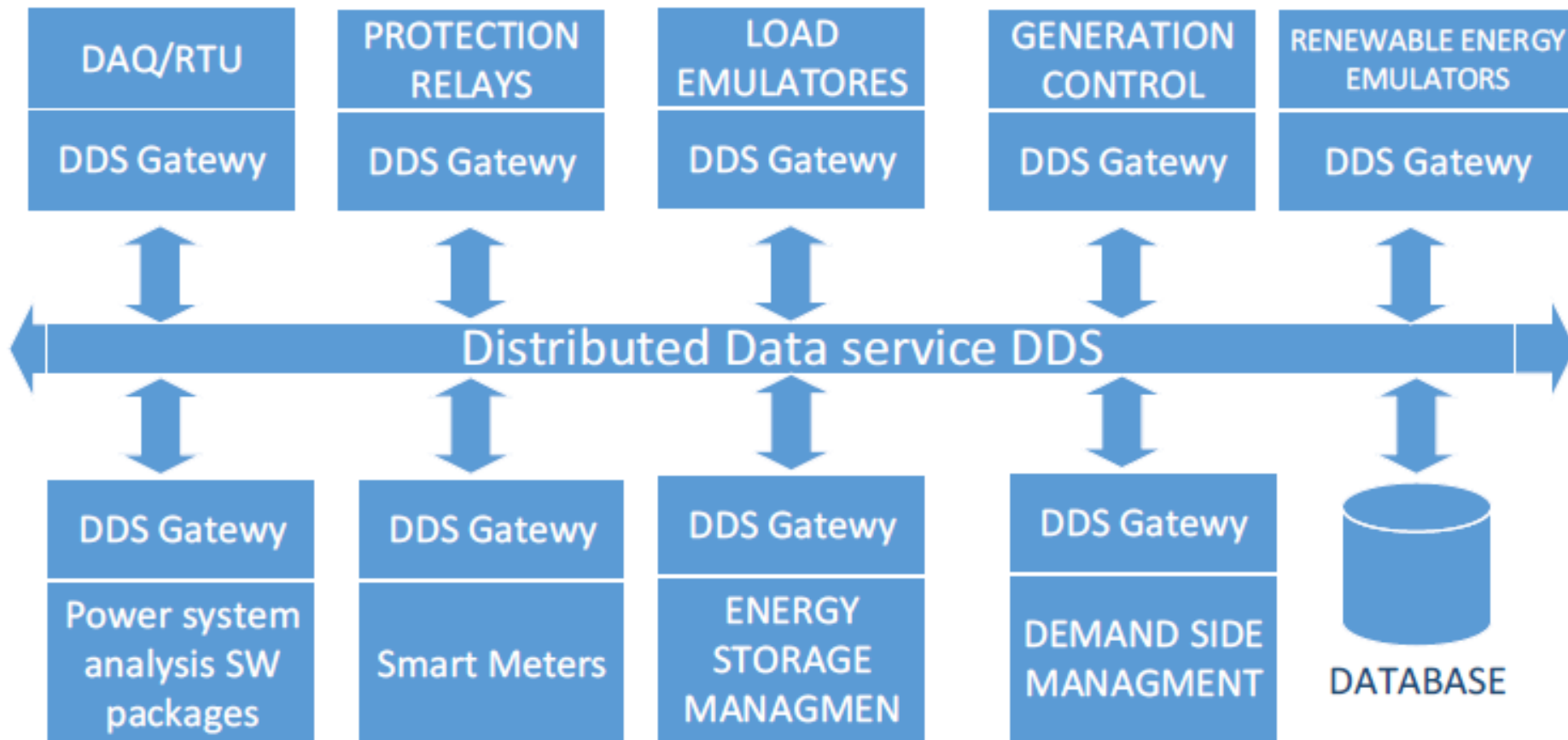


- Protocol Connectors for field devices, SCADA, control systems (Modbus, IEC104, ICCP, OPC, ...)



- Connector Adapters for JMS, MQTT, Apache Kafka and WebSockets

Тестовая архитектура “Smart Grids”



Тестовая архитектура “Smart Grids” базируется на DDS со шлюзами («Gateway») к уже существующим интерфейсам

Когда целесообразно использовать DDS?

Если ответы на ниже поставленные вопросы утвердительны, то DDS, как минимум, заслуживает серьезного рассмотрения.

1. Важны ли для Вашей системы вопросы задержки (на уровне единиц миллисекунд и менее), пропускной способности (до миллиона обновлений данных в сек) и масштабируемости (более десяти различных типов приложений и более тысячи различных блоков данных)?

2. Будет ли серьезной проблемой если Ваша система «уйдет в оффлайн» на несколько мин или даже несколько миллисекунд? Являются ли для Вас серьезной задачей конфигурирование распределенной системы, ее перезагрузка и обеспечение бэкапа?

3. Превышает ли жизненный цикл Вашей системы три года, причем этап создания превышает год, а также планируется несколько обновлений системы или ее интеграция с уже работающими системами или приложениями?