

## 1. Введение

«...a long time ago, in a Galaxy far, far away...» (с) – конечно, а где же еще найти подходящий пример сети промышленной автоматизации, если не в «одной далекой-далекой Галактике»? Собственно говоря, с этой точки зрения, нас будут интересовать вовсе не столь положительные герои, как, например, джедай Люк Скайуокер™ или его коллеги и сэнсеи, отважно превращающие именными световыми мечами в дымящийся фарш (ну, или металлическую стружку) коварных злодеев и их дроидных сподвижников, ни уж тем более сами «резко отрицательные» представители «темной» стороны, особенно персоны, сопящие с астматическим присвистом в черный космический противогаз. В нашем случае на передний план выходит бесстрашный авантюрист (читай – прохиндей еще тот!), бывший пират и контрабандист, при этом ставший впоследствии генералом Новой Республики, смелый и отчаянный капитан космического корабля «Millennium Falcon» (буквально в отечественных источниках – «Тысячелетний Сокол») Хан Соло. Собственно говоря, в рамках данной работы следует вообще-то больше обратить внимание на сам корабль. Еще точнее – на его знаменитые модификации, реализованные при участии капитана Соло и его старпома Чубакки.

## 2. Объект автоматизации: краткий обзор и не менее краткий исторический экскурс

Следует напомнить, что «Millennium Falcon», корабль-фрагтовик производства «Коррелианской Инженерной Корпорации» («Correllian Engineering Corporation» – «СЕС»), некогда принадлежал контрабандисту Лэндо Калриссиану и был выигран у последнего в сабакк (кто не знает – в карты то есть – не в домино же) капитаном Соло. Хан уже к тому времени совершил свой первый облет Дуги Кесселя и был хорошо известен в определенных криминальных и не очень кругах. Корабль неоднократно перестраивался и модифицировался как самим Лэндо, так и позже Соло (в общем-то, понятно для каких целей) – и, как результат, не смотря на весь свой изношенный и залатанный вид, приобрел славу одного из самых маневренных и скоростных кораблей в Галактике. Перечисление всех планет и звезд, не говоря уже о передрягах и авантюрах, в которых побывал «Тысячелетний Сокол», благодаря своему экипажу и пассажирам, безусловно, не имеет смысла и выходит за рамки данной работы, тем более что все они наиподробнее образом задокументированы в тоннах глянцевых публикаций и километрах киноплёнки.

«Сокол» был построен примерно в 60 г. до Явинской Битвы на Кореллии и представлял собой типовой фрагтовик класса YT-1300 заводской модификации «f». В то время модель YT-1300 была очень популярна в криминальных кругах, поскольку легкий грузовой корабль обычно не вызывал подозрений у правоохранительных органов. При этом если все же патруль корпорации безопасности выявлял провозимую на борту контрабанду, то, благодаря достаточно мощному двигателю, YT-1300 часто удавалось уйти от преследования. Кроме того, эта, на первый взгляд, абсолютно гражданская, предназначенная для грузо-пассажирских перевозок продукция «СЕС», выгодно отличалась от аналогов конкурентов модульной конструкцией, которая после нескольких легальных (или не совсем легальных) модификаций дотягивала до статуса боевого корабля при минимальных капиталовложениях.

Как и любой другой объект данного класса, YT-1300 казалось бы невозможно представить без высокотехнологичной системы комплексной автоматизации, которая должна обеспечивать решение широкого спектра задач, включая такие, например, как удаленное управление и мониторинг объектов системы, формирование комфортных условий работы экипажа, эффективный расход средств жизнеобеспечения, контроль доступа в технические помещения,

охранно-пожарные мероприятия и многое другое. Очевидно, что использование единого интегрированного подхода в решении поставленной задачи реализации платформы распределенной системы управления процессами является залогом успеха. В отличие от консолидации набора автономных систем, использующих оборудование разного поколения нескольких производителей и, соответственно, неодинаковые протоколы, единая и масштабируемая платформа, обеспечивает гибкое объединение и управление подсистем функционально различных процессов, осуществлять оперативную маршрутизацию информационных и управляющих потоков данных между локальными и центральными узлами управления, в том числе и за пределы конструкции объекта, легко наращивать возможности развернутого комплекса и многое другое.

Увы, вышесказанное совершенно не относится к УТ-1300: как известно, «СЕС» успешно конкурировала на галактическом рынке кораблестроения во многом благодаря большому числу талантливых инженеров, объединенных в предприятия корпорации, а также хорошо налаженным коммерческим связям с ведущими компаниями (например, Girodune, Quadex и пр.), многие годы специализирующихся на производстве отдельных модулей, начиная от фрагментов корпуса и заканчивая уникальной ИТ-начинкой. Пилотная инсталляция агрегатов и функциональных узлов, а также пуско-наладочные работы подсистем управления осуществлялись еще в цехах указанных предприятий, а сборка конструкции, установка компонентов и подключение к бортовой сети – на главной верфи корпорации силами тех же «командированных» технических специалистов. Понятно, что в зависимости от назначения и области применения того или иного субмодуля, а также благодаря наработанным за долгие годы сотрудничества связям между предприятием и производителем компонентов систем автоматизации, предпочтение отдавалось вполне конкретной технологии, часто не совпадающей с выбором соседа по корпорации. В результате получилось – что? – правильно, типовая распределенная сеть управления – отлаженная и полноценно функционирующая в рамках поставленной задачи, но, тем не менее, представляющая собой (да простит нас Чубакка!) ИТ-зоопарк.

Мы намеренно не приводим подробное описание всех подсистем УТ-1300 – это, безусловно, выходит за рамки данной работы: только перечисление наименований займет несколько страниц текста. Поэтому ограничимся несколькими условными примерами на обобщенной структурной схеме, соответствующей типовой распределенной сети управления системы промышленной автоматизации, характерной не только для рассматриваемого объекта, но и целого ряда предприятий, организаций и компаний. Напомним, что подобные сети обычно представляют собой иерархическую структуру, состоящую из трех уровней. Первый, нижний уровень – Device Level – традиционно обозначается как FieldBus (полевая шина). Основным назначением данного уровня является обеспечение обмена информацией в реальном времени между полевыми устройствами (датчиками, измерителями, исполнительными механизмами) и устройствами более высокого уровня – программируемыми логическими контроллерами (ПЛК). Скорость обмена данными обычно составляет сотни Кбит/с, но в зависимости от выбранной технологии может достигать более 10 Мбит/с. При этом, с учетом требований, предъявляемых для реализации режима реального времени, время цикла не должно превышать 10 мс. Именно поэтому на нижнем уровне сети применяются специализированные протоколы: например, Profibus, CAN, Foundation FieldBus и др. Следующий уровень сети промышленной автоматизации Control Level является уровнем управления. На этом уровне функционируют ПЛК, технологические автоматизированные системы диспетчерского управления SCADA, распределенные системы управления DCS и разработанные на их основе АСУТП. Типовое время цикла на этом уровне не должно превышать 100 мс, однако современные системы в ряде случаев предъявляют более жесткие требования, уменьшая значение этого параметра в два и более раза – до 50 мс и менее. Взаимодействие между

нижним уровнем и уровнем управления сети осуществляется с помощью параллельной или последовательной схемы коммутации. В первом случае, каждый отдельный порт ПЛК с помощью соответствующей направляющей системы (медный провод, оптическое волокно) соединяется с отдельным преобразователем датчика или механизма. Данная схема требует монтажа большого количества физических линий, что существенно увеличивает объем работ при установке сети и значительно усложняет ее эксплуатацию. Поэтому подавляющее большинство сетей нижнего уровня систем промышленной автоматизации для взаимодействия с уровнем управления используют последовательную схему коммутации. Такая схема функционирует на основе последовательного канала обмена данными, реализуемого с применением топологии общая шина, кольцо, звезда. Наконец, Corporate Level образует сеть верхнего уровня, которая является основой для построения систем управления с распределенной схемой организации вычислительных процессов. Фактически, в настоящее время на этом уровне доминирует технология Ethernet. Активно внедряются системы, соответствующие стандарту IEEE 802.3ae (10 GbE). В стадии разработки находится стандарт IEEE 802.3ba, который поддерживает сразу две скорости передачи данных 40 и 100 Гбит/с. Область применения 40GbE – передача данных между высокопроизводительными серверными кластерами сети хранения данных (SAN – Storage Area Networks). В свою очередь, 100GbE предполагается использовать на магистральных узлах коммутации, для поддержки маршрутизации и агрегации данных в вычислительных центрах.

Для описания базовой распределенной сети управления системы автоматизации YТ-1300, которая, как уже упоминалось выше, использует несколько специализированных протоколов сетей низшего уровня, предлагается выделить четыре условных группы систем. Каждая группа включает в себя набор подсистем, условно реализованных с применением того или иного протокола полевой шины, соответствие между которыми сведено в табл. 1.

Табл. 1.

Протокол	1. Системы инфраструктуры и жизнеобеспечения	2. Системы контроля и управления средствами обеспечения энергией	3. Системы контроля и управления двигателями	4. Системы контроля и управления средствами защиты, вооружения и коммуникаций
1. Profibus DP	Регенерация и очистка воды Утилизация отходов	Преобразователь энергии Incom N2I-4 Преобразователь энергии Koensayr TLB		Генератор активных сенсорных импульсов Sienar Fleet Systems (SFS) Главный генератор защитного поля дефлекторного типа Torplex
2. CAN	Вентиляция Кондиционирование			Турель четырехствольной лазерной пушки AG-2G
3. CANopen	Очистка атмосферы и кислородо-обеспечение Система жизнеобеспечения бортовой оранжеви		Гипердвигатель ISU-SIM SSP05	
4. DeviceNet	Водоснабжение Освещение			Сенсорная антенна <u>Siep-Irol</u> пассивного типа
5. Profibus PA		Корабельный реактор Quadex		
6. Foundation FieldBus		Резервные криогенные силовые ячейки		Ракетная установка Arakyd ST-2 Генератор антиударного (противоракетного) поля Nordoxion-38 Субсветовая радиостанция с быстрой перестройкой частоты Chedak

Сначала рассмотрим группу «1» систем управления инфраструктурой и жизнеобеспечения (рис. 1).

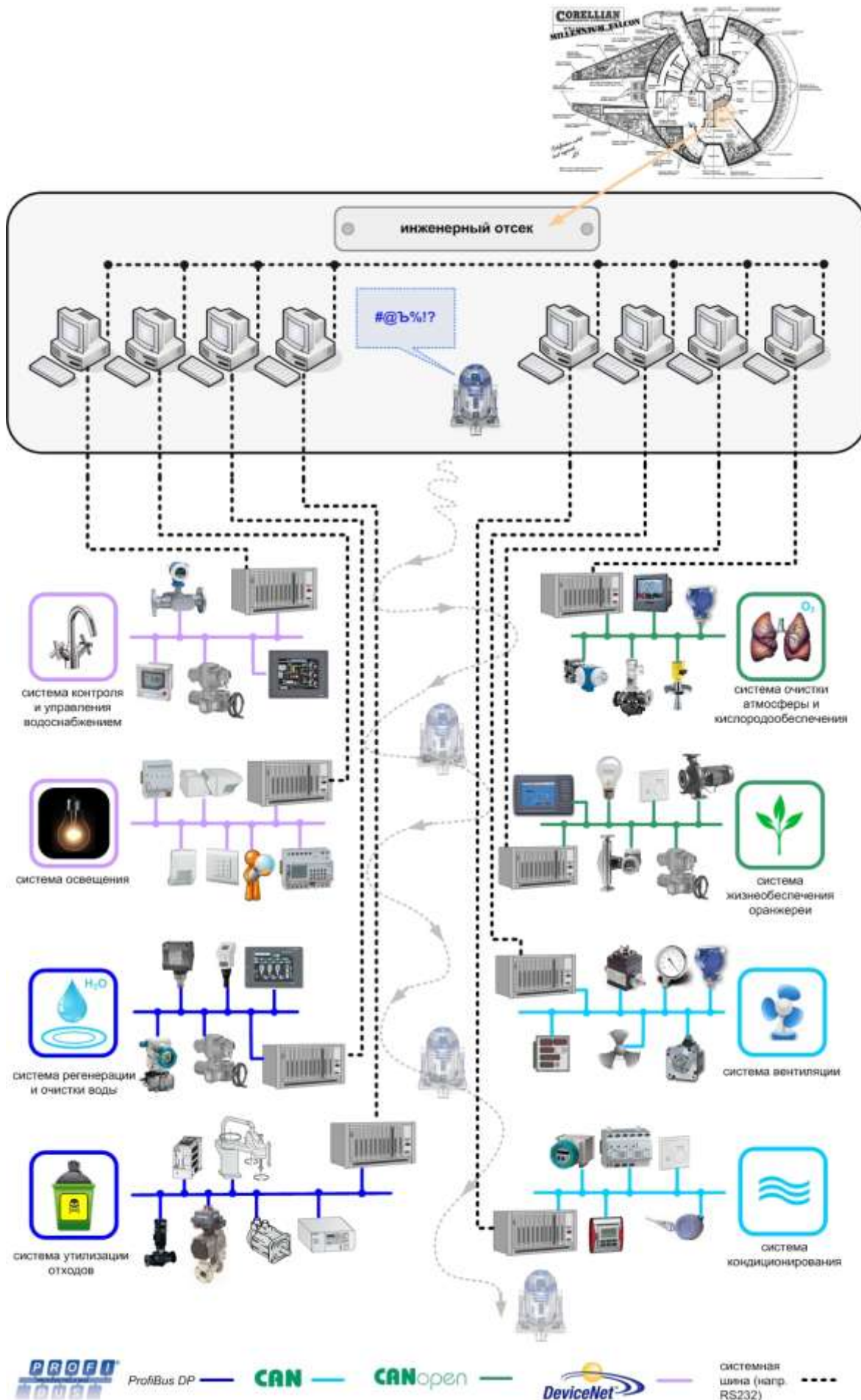


Рис. 1. Фрагмент базовой сети автоматизации системы инфраструктуры и жизнеобеспечения УТ-1300.

Предположим, что подсистемы управления сегментов инфраструктуры объекта, входящих в группу «1», в базовой комплектации УТ-1300 предполагают объединение в общую низкоскоростную сеть верхнего уровня (например, на основе системного протокола RS232). Каждая из них построена на базе промышленного компьютера и соответствующего ПЛК, процессорный модуль которого обеспечивает логические и технологические функции управления, а программное обеспечение (ПО) ПЛК – последовательное управление исполнительными элементами системы в соответствии с заданным режимом работы. Программирование контроллера осуществляется с помощью программного комплекса, установленного на компьютер (PC), который может быть подключен к ПЛК через соответствующий интерфейс (например, RS232). Мониторинг функционирования системы выполняется оператором по результатам анализа данных, отображаемых на мониторах ПК инженерных (операторских) станций, централизованно размещенных в техническом помещении (в данном случае, согласно чертежам УТ-1300, регламентированным «СЕС» – в инженерном отсеке). Аналогичным образом данные также могут быть сняты персоналом непосредственно с панели пульта оператора (эту рутинную должность «обходчика» в нашем случае можно поручить одному из неунывающих дроидов – например, знаменитому R2-D2). Управление технологическими процессами осуществляется как дистанционно с помощью ПК инженерной станции, так и с пульта оператора.

### **3. Эпизод I: карго, глиттерстим и интерфейсные карты**

Безусловно, помимо приведенных в качестве примера на рис. 1 подсистем, условно «закрепленных» за тем или иным протоколом, в группу «1» можно добавить целый ряд аналогов – это и управление электронными замками, мониторинг герметичности корпуса объекта, медико-биологический контроль, контроль и управление пищеблоком и многое другое – список достаточно большой. Как результат – в указанную группу для каждого из перечисленных протоколов полевой шины приходится сразу несколько разрозненных сегментов соответствующих сетей нижнего уровня.

Теперь перейдем к одной из первых модификаций модели УТ-1300f, реализованной на борту «Тысячелетнего Сокола» Лэндо Калриссианом: речь идет о потайных отсеках, установленных под палубой фрахтовика, для провозки глиттерстима – контрабандной разновидности сильнодействующего спайса – штуки весьма капризной и требующей соответствующих условий хранения и транспортировки. Таким образом, уже на первой (хоть и «нелегальной», но, по сравнению с остальными апгрейдами, наименее масштабной) модификации некоторые подсистемы управления инфраструктурой объекта потребовали расширения.

Это, между прочим, как впоследствии показала практика, оказалась весьма не лишним. Именно в потайных отсеках вся команда плюс пассажиры прятались от имперских штурмовиков, когда «Сокол» угодил в луч захвата Звезды Смерти. Так что в меру освещаемые, кондиционированные и пр., пр. помещения оказались как нельзя кстати – ну не сидеть же, в самом деле, в темноте и духоте, прислушиваясь к звучащим над головой утробным переговорами представителей корпорации безопасности Империи.

Как уже выше было отмечено, реализация первой модификации «Тысячелетнего Сокола» не представляется возможной без расширения подсистем сегментов сети автоматизации системы «1» объекта. В свою очередь, жесткие условия хранения транспортируемого груза приводят к необходимости перераспределения ресурсов, что требует оптимизации последовательности выполнения технологических операций и параметров технологических процессов модифицируемой системы. Для проведения последней необходимо обеспечение доступа к массивам данных, сформированных на протяжении всего технологического процесса. Соответствующая обработка подобных «непрерывных» потоков данных и последующий анализ

полученных результатов позволяют выявить «слабые» места, оценить связанные с ними потенциальные проблемы, а также разработать программу мероприятий по их решению.

На практике, информация, поступающая от контроллеров и систем отображения, представляет собой всего лишь совокупность значений определенных параметров, необходимых для проведения оптимизации. Поскольку информация приходит от разных, независимых и несинхронизированных друг с другом источников, то и поступающие значения не коррелированы во времени. Поэтому на первом этапе, прежде всего, необходимо систематизировать данные. Однако выполнение данной операции с таким огромным объемом информации потребует привлечения не менее значительных вычислительных ресурсов. В результате на практике полноценная оптимизация технологических процессов с использованием в качестве входных аргументов целевой функции несистематизированных данных, поступающих непосредственно с выхода ПЛК, фактически не представляется возможным на основе существующей базовой сети автоматизации, пример фрагмента которой представлен на рис. 1.

Одним из наиболее простых и экономичных решений в данной ситуации является применение вспомогательной инженерной станции, интегрированной в полевую шину. Являясь в некотором смысле аналогом сервера, такая станция помимо доступа к полевой шине в «привычном» интерфейсе РС могла бы также выполнять функции анализатора сети нижнего уровня, которые включают в себя запись и предварительную обработку данных, согласно алгоритму соответствующего ПО, обеспечивающего, в том числе, и синхронизацию поступающей информации относительно ПЛК других сегментов сети. В результате в сеть верхнего уровня вместо передачи непрерывного потока данных поступает систематизированная и коррелированная во времени информация относительно других сегментов полевой шины.

Подобная вспомогательная инженерная станция представляет собой типовой РС, оснащенный интерфейсной картой и соответствующим ПО, которые необходимы для интеграции в полевую шину. Данное решение может быть легко реализовано на основе продукции Softing AG: компания является производителем целой линейки одно- и двухканальных интерфейсных карт для полевых шин Profibus, CAN, CANopen и DeviceNet. Например, для Profibus выпускается 8 моделей поддерживающих универсальные стандартные слоты PCI, PC/104, PC/104plus и ISA, не считая еще двух внешних PCMCIA и USB карт оперативного доступа. Структурные схемы, демонстрирующие опциональные возможности, реализованные в той или иной модели карты интерфейсов Profibus и CAN – формат слота РС, операционная система, поддерживаемый протокол и пр. – представлены на рис. 2. Подробная информация по каждой карте – вплоть до габаритных размеров и рабочего диапазона температур (кстати говоря, типовой соответствует от 0°C до +55°C, расширенный – от -25°C до +70...75°C), не говоря уже о ключевых технических характеристиках – представлена – на сайте дистрибьютера Softing AG – группы компаний «СМС-Автоматизация»[1], а оригиналы спецификаций – непосредственно на сайте производителя [2]. Как уже выше упоминалось, интерфейсная карта может быть одно- или двухканальная, а также, в зависимости от модели, поддерживает режимы Slave и Master/Slave.

Теперь перейдем к примеру реализации задачи интеграции вспомогательных инженерных станций в полевые шины на примере модернизации существующей сети автоматизации системы инфраструктуры и жизнеобеспечения, которая возникла в рамках первой модификации «Тысячелетнего Сокола».

Что ж, по большому счету, расширение сети нижнего уровня, которое включает в себя увеличение числа сегментов, или непосредственно количества полевых устройств (а значит, возможно потребуются инсталляция дополнительных ПЛК) может, в конце концов, оказаться не настолько критичным, как кажется. Действительно самой простое и бюджетное решение «в лоб» – это инсталляция интерфейсной карты Master и ПО, соответствующих протоколу полевой шины, на



выделенный для этой цели PC. Наличие двух портов на одной карте Softing Master/Slave позволяет осуществлять полноценное управление двумя независимыми, но идентичными по протоколу полевыми шинами с помощью одной инженерной станции, оснащенной вышеуказанной интерфейсной картой Master.

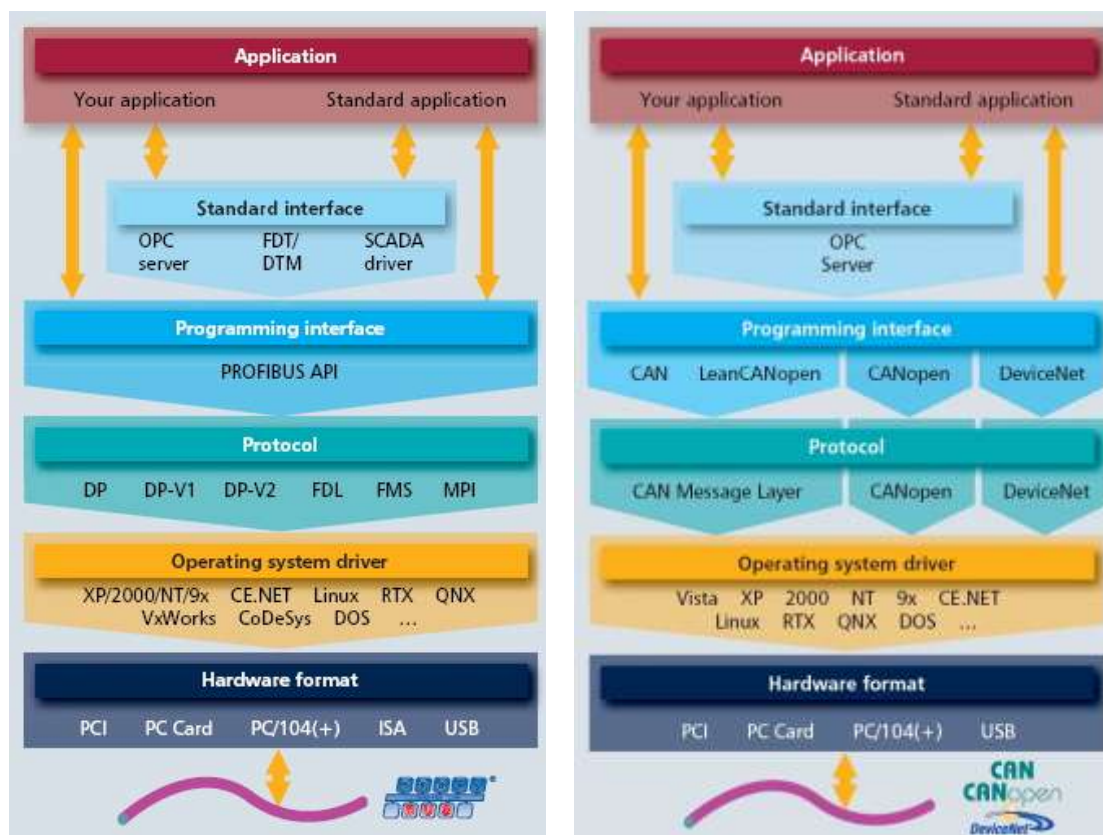


Рис. 2. Опциональные возможности интерфейсных карт Softing AG.

Данное решение, обеспечивающее консолидацию разрозненных сегментов сети автоматизации инфраструктуры и системы жизнеобеспечения «Тысячелетнего Сокола» с помощью инженерных станций на базе PC с использованием интерфейсных карт Softing Master под слот PCI, продемонстрировано на рис. 3. Поскольку на борту «Сокола» (а мы легких путей не ищем – рассматривается, так сказать, не самый простой случай) обитает IT-зоопарк, для каждого из протоколов, поддерживаемых отдельным сегментом сети, представленных на рис. 1, необходимо выбрать свою модель. В результате для объединения двух сегментов шины Profibus DP потребовалась бы одна карта PB-PRO2-PCI в режиме Master. Аналогичным образом, управление сегментами шин CAN или CANopen может осуществляться с помощью, например, CAN-AC2-PCI Master (данная карта поддерживает и CAN, и CANopen). Исключение в некотором смысле составляет интерфейс DeviceNet – под него в линейке Softing AG имеются только одноканальные карты. Т.е. для интеграции двух сегментов сети нижнего уровня DeviceNet в одной инженерной станции потребуется дополнительная карта CAN-AC1-PCI/DN Master и придется задействовать еще один PCI слот типового PC. Далее, в соответствии с рис.1, PC объединены в низкоскоростную системную шину, например, RS-232, которая условно не потребовала модернизации или, вообще, замены на другой более высокоскоростной протокол.

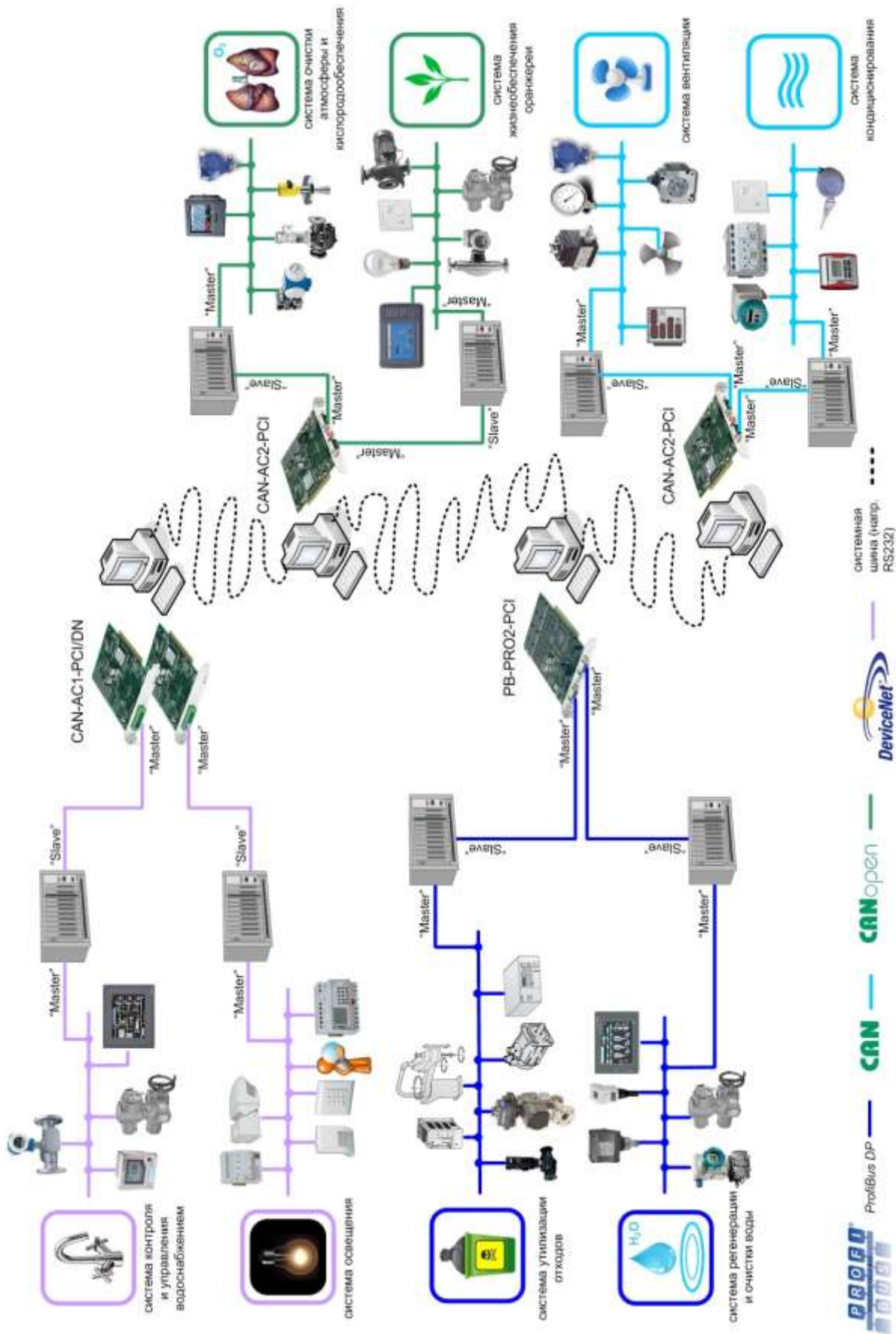


Рис. 3. Интеграция вспомогательной инженерной станции на базе РС в существующие полевые шины с помощью одно- и двухканальных интерфейсных PCI карт в режиме Master на примере фрагмента сети автоматизации после первой модификации «Тысячелетнего Сокола».

Итак, вот оно, простое и бюджетное решение (рис. 3): появившиеся в результате первой модификации «Тысячелетнего Сокола» новые сегменты полевых шин могут быть объединены в кластер по идентичному протоколу и интегрированы в одну общую для этого кластера инженерную станцию, оснащенную интерфейсными картами Softing соответствующего типа. При



этом управление кластером полевых шин осуществляется непосредственно с инженерных станций, которые фактически уже объединены в существующую (низкоскоростную, согласно исходным данным рис. 1) сеть верхнего уровня.

Понятно, что, раз уж речь идет о серьезном объекте автоматизации, то на протоколе RS-232 далеко не уедешь, точнее, в нашем случае, не улетишь. Какие там прыжки в гиперпространстве, если информация о процессах регенерации и очистки воды будет доставлена в соседний кластер на PLC системы водоснабжения с задержкой, исчисляемой секундами? Так ведь экипаж не то, что без реактивного душа – без «того самого(!) стакана воды™» может остаться, который, как известно, должен быть подан в нужное время и в нужном месте. А ведь еще, по идее, для такой сложной структуры должны проводиться накопление, хранение (в том числе и долговременное) и агрегация данных, расчет ключевых показателей, прогнозирующий контроль процессов и многое другое. Короче говоря, расширение сети нижнего уровня потребует увеличения пропускной способности системной шины. А поскольку на этом уровне доминирует технология Ethernet, то и для нашего объекта с учетом первой и последующих модернизаций переход на данный системный протокол будет явно не лишним.

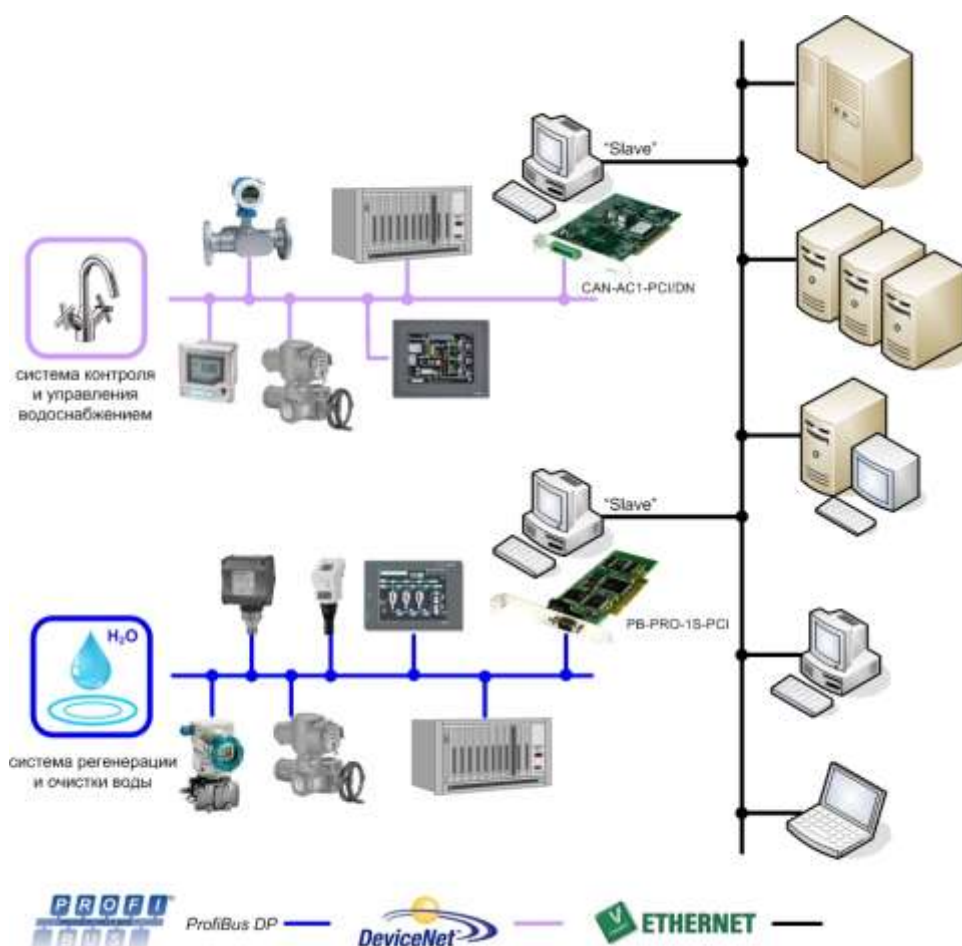


Рис. 4. Интеграция вспомогательной инженерной станции на базе PC в существующие полевые шины с помощью одноканальных интерфейсных PCI карт в режиме Slave на примере фрагмента сети автоматизации после первой модификации «Тысячелетнего Сокола».

В принципе, для решения поставленной задачи вполне достаточно использовать одноканальные интерфейсные карты Slave. На рис. 4 представлен вариант интеграции вспомогательной инженерной станции на базе PC в существующие полевые шины с помощью одноканальных интерфейсных PCI карт в режиме Slave: PB-PRO-1S-PCI (Profibus DP) и CAN-

AC1-PCI/DN. Помимо всех перечисленных выше преимуществ использования вспомогательной станции, очевидно, что типовой РС, подключенный через интерфейсную карту к полевой шине также может выполнять функции шлюза сети верхнего уровня, в частности, Ethernet, при этом достигается еще один положительный эффект с точки зрения минимизации затрат. Как известно, приобретение коммуникационного модуля ПЛК (например, все под все тот же Ethernet), который обычно не входит в базовый комплект контроллера, является достаточно дорогим удовольствием. Очевидно, что таких коммуникационных модулей потребуется непосредственно по количеству ПЛК, включенных в кластер сети, в то время как число последних нередко доходит до десяти и более. Однако если реализовать схему интеграции упомянутой вспомогательной инженерной станции на базе типового РС в кластер полевой шины с помощью интерфейсной PCI карты, которая транслирует данные непосредственно из полевой шины в сеть верхнего уровня, то вся эта груда «недешевых» коммуникационных модулей ПЛК просто не потребуется. Итак, переход от схемы рис. 1 к схеме рис. 4 обеспечивает предварительный сбор и обработку данных полевой шины, передачу обработанной информации в высокоскоростную сеть верхнего уровня и последующим ее использованием в вычислительных процессах оптимизации и перераспределения ресурсов объекта.

Однако для крупной сети автоматизации с увеличенным количеством сегментов и станций, функционирующих на максимальных скоростях передачи данных, возникают следующие проблемы. Уже за достаточно малый интервал времени формируются настолько огромные потоки информации, что для информационной системы верхнего уровня просто не представляется возможным осуществлять непрерывную запись и хранение данных. Более того, если в интерфейсной карте не оптимизирован процесс сбора данных полевой шины, придется снизить общую скорость передачи данных в сети нижнего уровня, что, вообще говоря, в подавляющем большинстве случаев за очень редким исключением неприемлемо.

Кроме того, число рабочих слотов в РС ограничено. Это означает, что может сложиться ситуация, когда ресурсов хоста будет просто не достаточно, и потребуется вторая станция для проведения одновременного мониторинга всех подключенных к хосту сегментов кластера объекта. В этом случае, решение только усложняется: появляется необходимость последующей инсталляции некоторого дополнительного специализированного ПО, которое должно синхронизировать процессы обработки данных обеих станций. Если даже все вышеперечисленные проблемы будут успешно решены, управление множеством достаточно объемных непрерывных потоков несжатых данных, не говоря уже о проведении неких вычислительных операций, просто не представляется возможным. Таким образом, если использование вспомогательной станции на каждом сегменте является эффективным решением для сетей, включающих в себя сравнительно малое число кластеров, то в случае крупной сети применение подобного подхода может оказаться просто нецелесообразным.

Понятно, что вышеперечисленные проблемы, напрямую связанные непосредственно с вопросами обработки большого числа потоков данных, которые непрерывно поступают в информационную систему и содержат значительный объем информации, могут быть устранены, если существенно снизить само число независимых потоков, передаваемых от нижнего к верхнему уровням сети. Например, это можно реализовать, если объединить как можно большее число полевых шин в одном РС. В этом случае, данные, полученные из сегментов сети нижнего уровня, в этом же РС обрабатываются, фильтруются, а результаты обработки при необходимости (или по запросу) отображаются с помощью соответствующего ПО согласно запросам оператора. При этом в роли независимых транспортных модулей, обеспечивающих доставку информации от полевых шин до станции, выступают непосредственно сами интерфейсные карты. Таким образом, число шин, объединяемых одной станцией, фактически будет ограничено количеством свободных

слотов (например, PCI) типового PC. Т.е. в общем случае в один PC может быть установлено шесть интерфейсных карт. И в этом смысле, вне всякого сомнения, более предпочтительным является использование двухканальных карт Softing AG – тогда максимально возможное число полевых шин увеличивается в два раза – т.е. до 12, а, учитывая, что для среднестатистической сети количество интерфейсов обычно не превышает 10, то для агрегации потоков данных полевых шин в сеть верхнего уровня потребуется только одна инженерная станция на базе типового PC. Целесообразность подобного подхода не вызывает сомнений: в этом случае отпадает необходимость использования дополнительных станций и, что самое главное, существенно упрощается процесс синхронизации сбора информации и последующего сопоставления во времени данных, поступивших от разных сегментов. Наконец, если даже число объединяемых шин превышает 12, при некоторых дополнительных капиталовложениях данное решение может быть реализовано на основе специализированного PC/сервера с увеличенным количеством соответствующих (например, PCI) слотов.

Сами интерфейсные карты Softing не требуют модификации для осуществления диагностики и управления со стороны информационной системы верхнего уровня. Например, процесс независимого сбора данных шины Profibus осуществляется в специальном режиме Profibus ASPC2 ASIC. Уникальная программно-аппаратная разработка Softing обеспечивает выделение данных процесса цикла, включая адресацию (сегмент и узел) и диагностику. Кроме того, PC не перегружается, поскольку из поступающего потока интерфейсная карта оставляет только полезную информацию – трафик шины, отфильтровывая данные, соответствующие, например, служебным командам управления и параметризации сети нижнего уровня. Карта интегрируется в операционную систему благодаря соответствующему драйверу. Например, разработанный Softing специализированный драйвер под Windows обеспечивает возможность проведения обработки данных, используя ресурсы FIFO памяти, тем самым, устраняя проблемы, связанные с «подвисанием» этой системы.

В результате в управляющую систему верхнего уровня подготовленные данные поступают блоками, объединенными по временным интервалам и общим признакам технологических процессов. Соответствующее ПО, адаптированное под конкретный объект, осуществляет поиск событий, определяемых оператором. Процессы, которые ассоциируются с этими событиями, отображаются в надлежащем графическом виде с соответствующим по времени разрешением. Подобный подход позволяет не только осуществлять всесторонний контроль качества и оптимизацию технологических процессов в течение деятельности объекта, но и эффективно проводить диагностику ошибок (в том числе и случайных), а также комплекс мероприятий по их профилактике, учитывая при этом в совокупности по несколько тысяч факторов.

Вернемся к нашим «баранам», а точнее «Соколам». На рис. 5 приведена структурная схема, демонстрирующая приложение вышеописанного решения для модернизации сети автоматизации системы инфраструктуры и жизнеобеспечения «Тысячелетнего Сокола» в рамках первой модификации на основе использования интерфейсных карт Softing AG. В данном случае рассматривается применение интерфейсных карт PCI Master/Slave. Так, например, до шести сегментов полевой шины DeviceNet могут быть объединены в одном PC путем инсталляции одноканальной PCI Master/Slave карты CAN-AC1-PCI/DN. Более того, максимально число сегментов шины Profibus DP, объединяемых в одной станции на базе PC с помощью шести карт PB-PRO2-PCI Master/Slave, составляет двенадцать, т.к. данная карта является двухканальной. Аналогичным образом, до двенадцати сегментов шин CAN и CANopen могут подключаться к сети верхнего уровня через шесть двухканальных карт CAN-AC2-PCI, устанавливаемых в соответствующий PC, которые поддерживают оба указанных протокола.

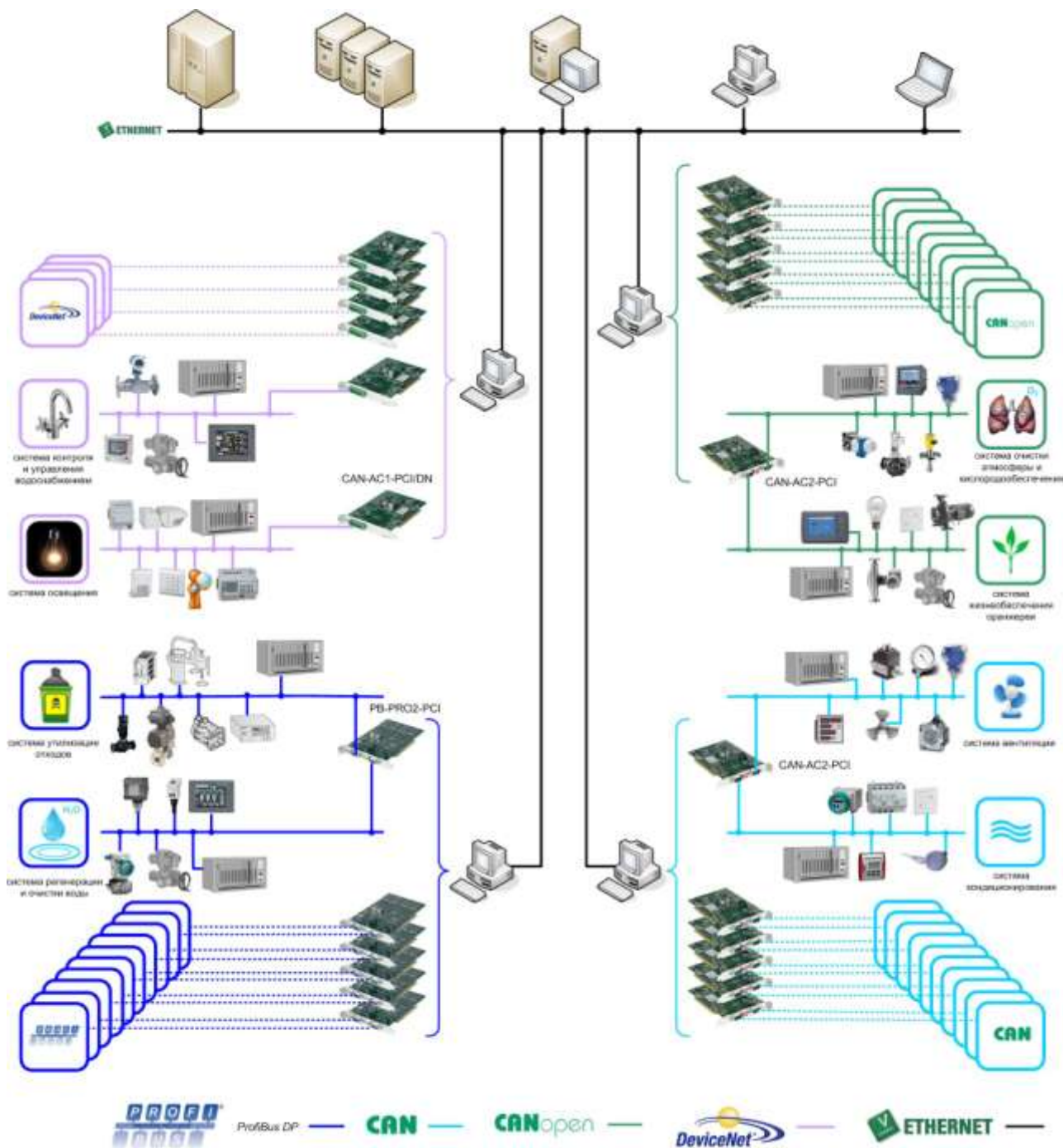


Рис. 5. Объединение нескольких сегментов сети нижнего уровня в один PC с помощью интерфейсных PCI карт Master/Slave на примере фрагмента сети автоматизации после первой модификации «Тысячелетнего Сокола».

И, наконец, нельзя не упомянуть про решения относительно «портативных» или «мобильных» инженерных станций. Проще говоря, за этим названием скрывается не что иное, как возможность подключения ноутбука или КПК с управляющим ПО непосредственно к полевой шине. Здесь все довольно просто: можно использовать внешний USB-модуль, или, наоборот, PC-карту с соответствующим кабельным переходником (рис. 6). И USB-модуль, и PC-карта функционируют в режиме «Master». Кроме того, через один адаптер обеспечивается возможность подключения нескольких PC к одному ПЛК, например, для трансляции потоков редко используемых данных, которые не передаются в сеть верхнего уровня. По аналогии с PCI-картами, данные комплекты также выпускаются отдельно для Profibus DP, отдельно для CAN/CANopen/DeviceNet.

Подведем итоги. Во-первых, интерфейсные карты Softing AG поддерживают широкий спектр приложений, необходимых для полноценного функционирования системы автоматизации: это, например, контроль, управление и мониторинг, SCADA, параметризация и конфигурирование, и еще, помимо всего перечисленного, целый ряд дополнительных сервисных функций. Во-вторых, большой выбор позиций в линейке интерфейсных карт Softing AG позволяет реализовать систему на основе унифицированного оборудования, поддерживающую все вышеперечисленные приложения, вне зависимости от протокола шины, интерфейса станции или, например, условий окружающей среды. Наконец, в-третьих, благодаря уникальному специализированному аппаратно-программному обеспечению, интерфейсные карты Softing AG позволяют реализовать «бюджетную», но при этом полноценную информационную систему сбора, фильтрации, синхронизации и последующей обработки данных полевых шин сегментов сети нижнего уровня, которая необходима для проведения операций по оптимизации и перераспределению ресурсов объекта автоматизации.

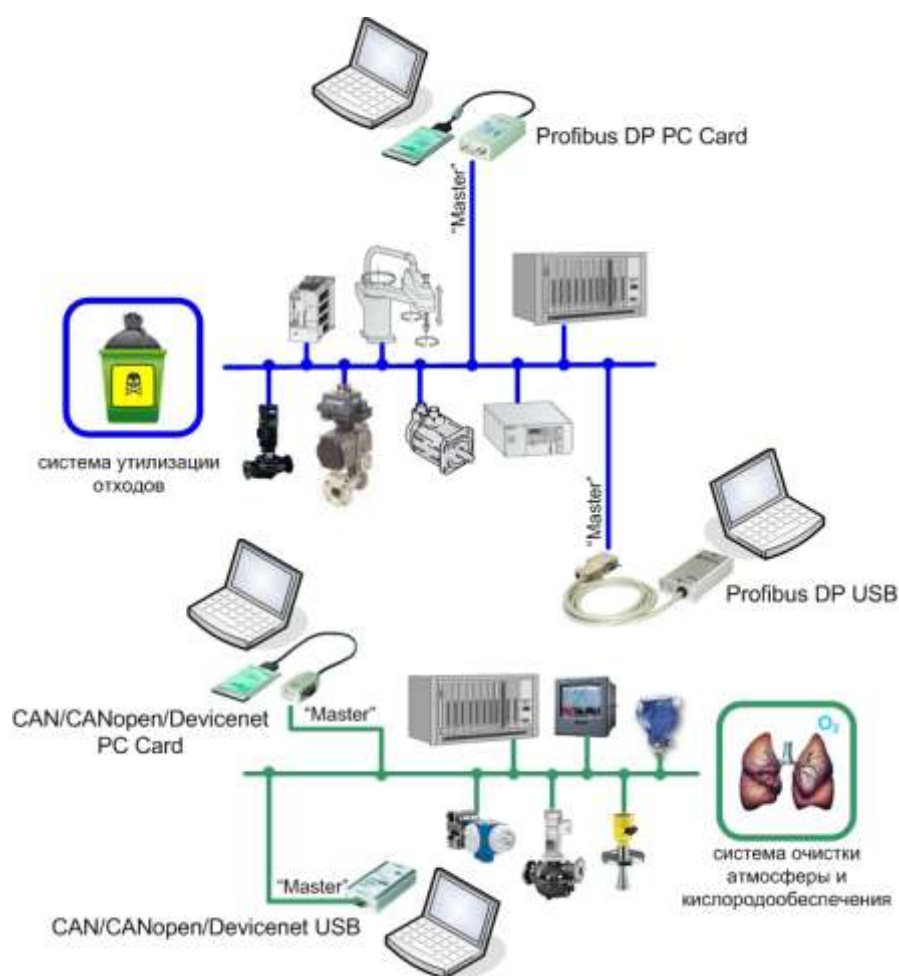


Рис.6. Подключение «портативных» инженерных станций к полевым шинам с помощью одноканальных интерфейсных «Master» PC карт и «Master» USB-модулей.

#### 4. Эпизод II: искусственный интеллект (AI), рецепт от электронной хандры и Ethernet-шлюзы

Вне всякого сомнения, к одной из ключевых модификаций «Millennium Falcon» относится вживление искусственного интеллекта (AI) в бортовую систему автоматизации управления технологическими процессами. Кто именно осуществил эту операцию – Лэндо Калриссиан или Хан Соло – достаточно трудно сказать, так как в разных источниках обычно фигурирует кто-то один из упомянутых героев. Данный AI, сенсоры которого в результате инсталляции были



подключены непосредственно к сети автоматизации, представлял собой довольно любопытный штучный «hand-made» продукт. В основе AI использовался солидный компьютер серии Hanx-Wargel SuperFlow IV, дополненный комбинацией трех видов электронного мозга, наковырянного из дроидов разных моделей: одного транспортного V-5, одного астромеха серии R3 и еще одного, так называемого, «слайсера». Насчет «слайсера» очень хочется приврать, что, мол, при сборке железа AI «Сокола» не обошлось без деталей механической ломтерезки, но на самом деле, на жаргоне «далекой-предалекой» Галактики термин «слайсер» обозначает не что иное, как нелегально (еще бы его собрали легально!) изготовленный дроид-хакер.

В результате указанного апгрейда мириады всевозможных функций контроля и управления были переданы под «покровительство» инсталлированному AI, и только для самых важных и ключевых операций была оставлена возможность перехода на ручное управление оператором. При этом предполагалось, что ввиду немногочисленности экипажа это управление должно будет осуществляться непосредственно из корабельной рубки и инженерного отсека. В целом, в рамках рассматриваемого этапа модификации было проделано невероятное количество разнообразной работы, не говоря уже о финансовых затратах. И, в общем-то, конечно, можно сказать, что проект этот был реализован относительно успешно: AI полноценно функционировал, напрягаясь всеми тремя электронными мозгами, но... постепенно стал впадать в маниакально-депрессивный психоз. Более того, он нахватался отборной матерщины у Хана, и зачастую использовал нецензурные (даже очень нецензурные!) выражения в процессе устранения разного рода неполадок, чем, кстати говоря, однажды обидел сентиментального С-ЗРО. Вечно брюзжащий AI стал одной из визитных карточек «Millennium Falcon», может, конечно, не такой значимой, как, например, гипердвигатель, но уж точно одного порядка с настольной игрой-голограммой, которая была установлена в кубрике по просьбе Чубакки. Хорошо известно, что корабль постоянно разговаривал сам с собой, бормоча под нос, т.е. не нос, а носовой отсек решение той или иной проблемы. Проблем этих было великое множество, а причина их возникновения, в общем-то, одна: «мультивендорная инсталляция».

Выше уже не раз упоминалось, что структура «Тысячелетнего Сокола» больше напоминала... нет, вовсе не помойку (ну зачем же так резко), а дачное лоскутное одеяло, сшитое с любовью мохнатыми лапами заботливой бабушки Чубакки, или, как вариант, космический IT-зоопарк имени профессора Селезнева (впрочем, это уже из другого эпоса). Система автоматизации «Millennium Falcon» представляла собой консолидацию набора автономных подсистем, использующих оборудование разного поколения производства разных изготовителей, зачастую, строго говоря, не совместимых между собой, которые, кроме всего прочего, еще и функционировали на неодинаковых протоколах. Что это означало? Да все прекрасно помнят, как на борту «Сокола» из-за вечного конфликта несовместимого оборудования подсистем постоянно что-то «отвинчивалось, откручивалось, отваливалось» как в прямом, так и в переносном, то есть программно-прикладном, смысле. Либо из недр корпуса сыпятся разноцветным фейерверком искры, либо AI замогильным голосом объявляет, что, мол, «система управления генератора антиударного защитного поля вышла из строя».

Одной из ключевых проблем в этом смысле является параметризация полевых устройств разных производителей, интегрированных в одну полевую шину. Особенно это характерно для многофункциональных интеллектуальных устройств последнего поколения. Любые изменения в установках датчика, привода, сервоусилителя и пр. потребуют проведения пусконаладочных работ, которые выполняются персоналом непосредственно на месте размещения устройства через портативный терминал (ноутбук, коммуникатор и т.п.), оснащенный соответствующим ПО. То есть точно так же, как при ремонте или замене оборудования в процессе переоснащения системы с последующей установкой набора параметров, аналогичных предыдущей инсталляции. Причем в

ряде случаев конфигурирование, казалось бы, уже смонтированного и отлаженного оборудования приходится повторять с завидной регулярностью – в большей степени это относится к производственным процессам. Так что Чубакке, например, пришлось бы неоднократно посещать пищеблок для перенастройки кухонного комбайна при разработке уникального плюшечного рецепта или бортовую оранжерею для коррекции состава удобрений и графика полива капризного гиперпуырчатого огурца с Эндора, которые были составлены в соответствии с расчетами AI. Кроме того, в условиях использования оборудования разного поколения разных производителей нередко возникает ситуация, связанная с применением полевого устройства, функционирующего только при определенном фиксированном адресе, который при этом, по закону подлого мироздания, является неприемлемым или уже задействован в рамках конкретного проекта. В этом случае персоналу приходится выполнять довольно рутинную процедуру «обхода» инсталлированных устройств и изменения их адресации также с портативного терминала с последующей установкой набора параметров, аналогичных предыдущей инсталляции. Очевидно, что реализация последнего уже хотя бы будет существенно упрощена, если запись данных по всем предыдущим установкам параметров сохраняется как в самом устройстве, так и централизованно на некотором носителе и, соответственно, обеспечивается возможность обмена данными между устройством и носителем. Аналогичным образом будет проводиться и диагностика оборудования: здесь тоже в большинстве случаев не обойдется без подключения терминала и непосредственного присутствия оператора на месте размещения устройства.

Наконец, еще большее время может занять аналогичная процедура параметризации и диагностики полевых устройств, находящихся внутри периметра взрывоопасной Eх-зоны. Для крупных объектов (это, например, «Химера» – небезызвестный звездный разрушитель Имперского Флота класса Имератор-II) ключевой фактор, увеличивающий сроки проведения подобных работ, связан непосредственно с административным ресурсом – только оформление наряд-допуска может занять от нескольких часов до месяца и более, т.к. в отдельных случаях может возникнуть необходимость останова функционирующего в Eх-зоне оборудования предприятия. Также непосредственно перед началом работ необходимо проведение целого комплекса соответствующих тестов терминала и соединительных кабелей, разъемов, адаптеров на предмет соответствия требованиям по искробезопасности, а внештатные ситуации потребуют оперативного развертывания гермозоны, что, также займет определенное время.

Понятно, что с такими задержками между сформированным по результатам оптимизации перечнем работ по реконфигурированию оборудования и непосредственным его исполнением немногочисленными силами экипажа, AI «Тысячелетнего Сокола» не мог не захандрить и впасть в уныние. Гуманоидный фактор – это все-таки не три электронных мозга (про разгильдяйство Хана вообще лучше вообще не упоминать). Да и наши герои, честно говоря, вряд ли тоже на тот момент излучали оптимизм. Получается, что, «спихнув» обработку данных, поступающих с ПЛК, на могучие виртуальные плечи AI с последующим выполнением многочисленных процедур мониторинга, оптимизации, прогноза и пр., экипаж не избавил себя от проведения работ по параметризации и диагностике полевых устройств. Более того, для реализации управления «ключевыми» функциями «Millennium Falcon» в ручном режиме дистанционно, Хану и Чубакке пришлось бы пробросить по всему корпусу «Сокола» невероятное количество соединительных линий для обеспечения удаленного доступа к полевым шинам системы из корабельной рубки и инженерного отсека. Следует отметить, что рассматриваемый объект автоматизации эксплуатируется в экстремальных условиях первичного космического излучения. Поэтому с учетом сверхвысокого уровня фона электромагнитных помех про беспроводные каналы передачи данных можно забыть, равно как и про витую пару – хоть трижды экранированную с дополнительной фольгированной оболочкой – такие соединительные линии, равно как и

оконечное кроссовое оборудование, потребуют монтажа отдельного телекоммуникационного контура заземления. Кроме того, наличие ионизирующего излучения и радиации накладывает определенное ограничение на использование кабелей с традиционными кварцевыми оптическими волокнами. В данном случае, Соло, скорее, всего, пришлось бы раскошелиться на специализированные волоконные световоды повышенной радиационной стойкости с фторсиликатной оболочкой или, например, полимерные волокна, существенно уступающие первым по целому ряду параметров передачи.

Здесь, кстати, будет не лишним напомнить о достаточно жестких нормах на длину сегментов полевых шин, протяженность которых при переходе к мегабитным скоростям, в зависимости от протокола, ограничена вплоть до нескольких десятков метров и даже менее. Может быть, этот факт не слишком бы и расстроил отважного капитана и его мохнатого старпома, поскольку габариты «Сокола» составляют всего-то 34,75 м x 25,61 м, но вот бравым конструкторам Имперского Флота пришлось бы точно поломать голову относительно перехода к централизованному управлению. Например, длина все той же «Химеры» составляла 1600 м, при том, что в высоту эта махина достигала 448 м.

Наконец, еще одно «неудобное» следствие мультивендорной инсталляции: полевые устройства каждого отдельно взятого производителя в некотором смысле уникальны, а, значит, и средства программного обеспечения, с помощью которых осуществляются процедуры конфигурирования и диагностики оборудования, будут тоже отличаться друг от друга. Иными словами, терминал Чубакки должен содержать все необходимое обилие программ, которые, кстати говоря, в отдельных случаях могут конфликтовать между собой или функционировать только под определенной операционной системой. Сам Чуи должен хорошо в них, как минимум, ориентироваться, и, кроме того, при выходе на объект тащить целый пучок шнуров, оконцованных соответствующими разъемами. Ну, или, в конце концов, завести в качестве помощника простенького корабельного дроида-погрузчика и всюду его за собой таскать по объекту.

Наверное, даже можно представить, как Хан Соло за кружкой эндорского эля в одном из многочисленных коррелианских пабов рассуждал, что, мол, хорошо бы такую «железяку» (ну то есть аппаратное обеспечение – тактично проурчав, поправил бы его Чубакка), которая бы позволила проводить диагностику, мониторинг состояния, конфигурирование, переадресацию и прочие подобные операции управления устройствами, объединенными полевой шиной, непосредственно из Ethernet-сети верхнего уровня с любого терминала или автоматизированного рабочего места пользователя, подключенного в эту сеть, через некий универсальный интерфейс ПО вне зависимости от производителя конфигурируемого устройства. Еще бы хорошо, чтобы это устройство достаточно легко интегрировалась в инсталлированную сеть автоматизации без каких-либо существенных мероприятий по реструктуризации или переоснащению и при этом не требовала значительных капиталовложений. Короче говоря, описываемое устройство должно обеспечить некий переход между Ethernet-сетью и полевыми шинами, только число разновидностей которых относительно поддерживаемых протоколов на рассматриваемом объекте автоматизации составляет не менее шести штук.

«Позвольте, по-моему, вы пытаетесь изобрести велосипед!» – тут бы откликнулся за соседним столиком отдыхающий после тяжелой трудовой смены инженер корпорации «СЕС», который, стряхнув щупальцем пену эндорского эля с правого жвала, продолжил бы свою мысль: «Такие устройства со всеми перечисленными свойствами вот уже лет пять как (не меньше!) хорошо известны и во всю используются на различных предприятиях».

Действительно, гражданин Кореллии абсолютно прав – предмет обсуждения, известный как Ethernet-шлюзы – линейка продукции компании Softing AG серии FG – достаточно давно позиционируются на рынке промышленных сетей.



Данное устройство полностью удовлетворяет сформулированным выше требованиям, что делает возможным объединение, казалось бы, двух совершенно разных инфраструктур – полевой шины и Ethernet-сети верхнего уровня – в одну логическую, единую, взаимоувязанную, многофункциональную сеть передачи данных. Поскольку изначально, как уже выше было отмечено, на борту рассматриваемого объекта автоматизации, обитает IT-зоопарк, для каждой из шести представленных в табл. 1 полевых шин остается только выбрать соответствующую модель Ethernet-шлюза FG. Обобщенная структурная схема фрагмента сети автоматизации «Millennium Falcon» с интеграцией Ethernet-шлюзов Softing AG серии FG, обеспечивающих независимый удаленный доступ к полевым устройствам шины без необходимости обращения к инженерной станции или ПЛК, представлена на рис. 7. При этом «удаленный» в данном случае предполагает организацию доступа не только через рабочие места пользователей на базе PC, подключенных к внутрикорпоративной сети (интранет), но и непосредственно с использованием ресурсов Интернет. Шлюз поддерживает спецификации Ethernet 100Base-TX/10Base-T (100 и 10 Мбит/с). Более того, наличие интерфейса RS-232, которым оснащена вся линейка Ethernet-шлюзов FG Softing AG, обеспечивает возможность организации передачи данных даже в отсутствие Ethernet-инфраструктуры как таковой: шлюз, в конечном итоге, может быть просто подключен непосредственно к модему или соответствующему модулю типовой телекоммуникационной системы.

Хорошо известно, что на сегодняшний день переход к унифицированному процессу параметризации оборудования в рамках мультивендорной инсталляции вне зависимости от производителя и типа устройства может быть реализован на основе технологии FDT (Field Device Tool). Центральным компонентом FDT является DTM (Device Type Manager) – драйвер, поставляемый производителем в комплекте с устройством, который, фактически, отвечает за выполнение всех ключевых операций по обмену данными с пользователем, конфигурированию, диагностике, созданию отчетов и пр. Таким образом, с помощью терминалов, оснащенных FDT-приложениями, осуществляется загрузка DTM в соответствующие полевые устройства, что обеспечивает проведение параметризации и диагностики в рамках единого интерфейса. Адресация полевых устройств, объединенных в кластер полевой шины, осуществляется с помощью соответствующего специализированного коммуникационного DTM-драйвера (Comm DTM), который является средством управления коммуникационного модуля. В роли последнего могут, например, выступать рассмотренные выше интерфейсные карты Softing AG. В свою очередь, именно Ethernet-шлюзы, оснащенные соответствующим Comm DTM, могут, фактически, рассматриваться как стандарт параметризации полевых устройств на базе концепции FDT/DTM.

Не смотря на то, что кластер полевой шины, подключенный к Ethernet-шлюзу FG, может объединять устройства разных производителей, конфигурирование, мониторинг, администрирование и прочие подобные операции будут выполняться персоналом в рамках единого интерфейса Web-страницы, которая, в частности, отображает результаты диагностики и текущий статус устройства. При обращении к Web-странице пользователь должен пройти авторизацию – подтвердить логин, ввести пароль, что обеспечивает соответствующий уровень безопасности.

FG-шлюзы достаточно компактны: размеры самого «габаритного» устройства составляют всего 110x131x111 мм, таким образом любой из них может быть смонтирован на типовой 35-мм DIN-рейке. Напряжение питания – постоянный ток, 24 В, что также соответствует подавляющему большинству промышленных стандартов. Устройства не оснащены вентилятором, однако при этом поддерживают диапазон рабочих температур от 0°C до +55°C. Детальные спецификации Ethernet-шлюзов FG Softing AG приведены на сайте дистрибьютера Softing AG – группы



компаний «СМС-Автоматизация» [1], а оригиналы спецификаций – непосредственно на сайте производителя [2].

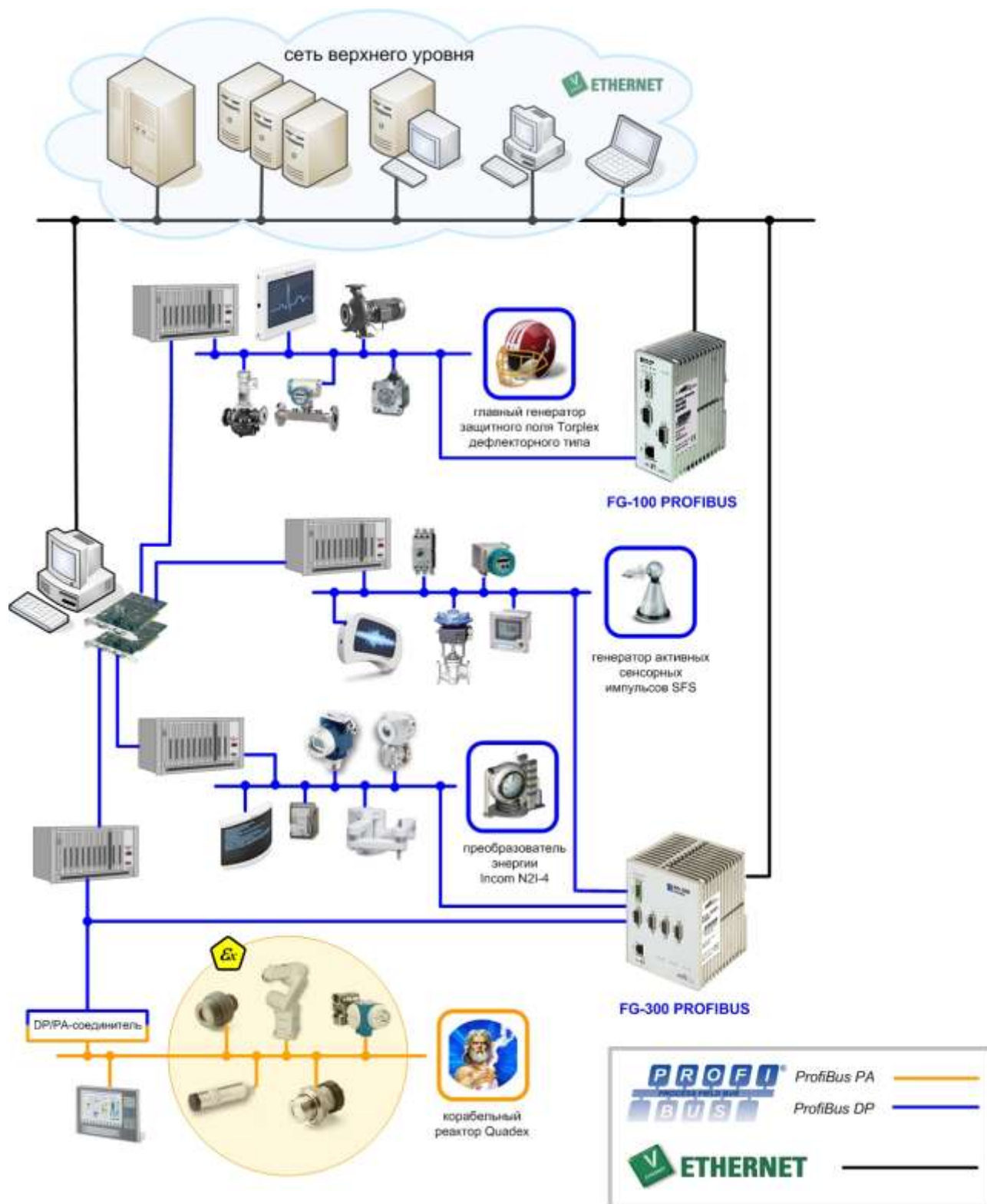


Рис. 8. Фрагмент сети автоматизации «Millennium Falcon» с интеграцией кластеров полевой шины Profibus в сеть верхнего уровня с помощью Ethernet-шлюзов FG-100 и FG-300 Softing AG.

На рис. 8 представлена структурная схема фрагмента сети автоматизации «Millennium Falcon» с интеграцией кластеров полевой шины Profibus в сеть верхнего уровня с помощью Ethernet-шлюзов Softing AG. Для этой цели могут быть использованы как одноканальные модели FG-100 (FG-100-PB), так и двух- (FG-PB-2) или трехканальные FG-300 (FG-PB-3). FG-100 и FG-

300 поддерживают протокол Profibus DP, однако удаленный доступ в Ex-зону Profibus PA с применением FG-шлюза может быть легко реализован с помощью типового соединителя DP/PA. В рассматриваемом случае, конечно, остается только удивляться «гению» коррелианской инженерной мысли, который «подцепил» корабельный реактор YТ-1300 на «медленную» шину Profibus PA с чрезвычайно малым временем протеканием процессов. Не удивительно, что это одно из немногих неудачных проектных решений «СЕС» не раз подвергалось жесткой, скажем так, критике со стороны Соло и, соответственно, впоследствии самого АИ с применением обилия нецензурных терминов и выражений.

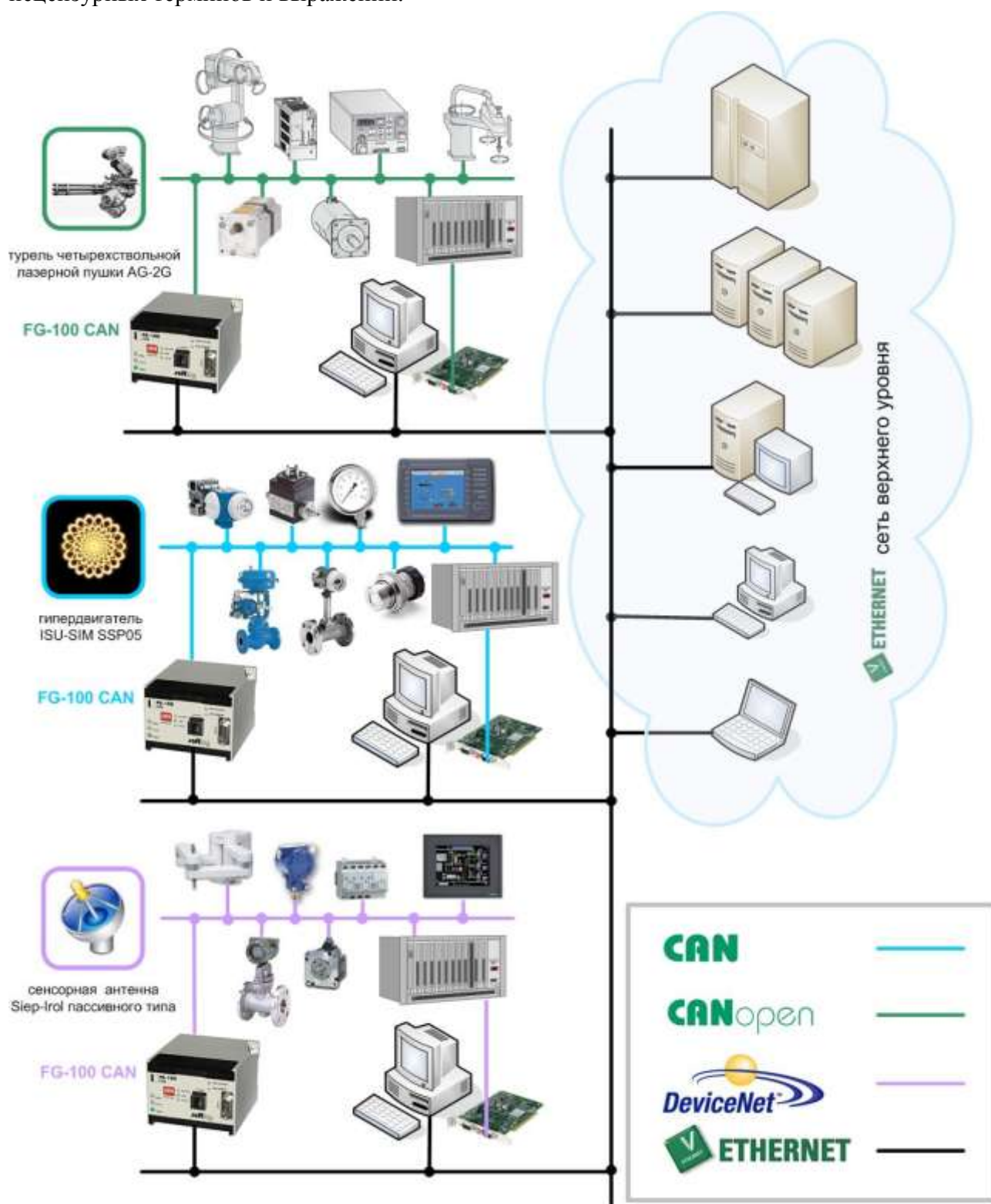


Рис. 9. Фрагмент сети автоматизации «Millennium Falcon» с интеграцией кластеров полевых шин CAN/CANopen/DeviceNet в сеть верхнего уровня с помощью Ethernet-шлюзов FG-100 CAN Softing AG.

Скорость передачи данных FG в интерфейсе Profibus – от 9,6 кбит/с до 12 Мбит/с, со стороны Ethernet – как уже выше было указано до 100 Мбит/с. Шлюз реализован на базе высокопроизводительной архитектуры Power-PC. В рамках концепции FDT/DTM устройство оснащено Comm DTM драйвером PROFIdtm (DTM-PB-S – для одноканальных FG, и DTM-PB-F – для многоканальных). Последний осуществляет сканирование адресного пространства Profibus, выявляет функционирующие устройства и добавляет их в соответствующий список, включающий перечень наименований, идентификационных номеров и адресов, который отображается непосредственно на мониторах АРМ, терминалов, станций и пр. инженерных средств диагностики и параметризации.

На рис. 9. представлен фрагмент сети автоматизации «Millennium Falcon» с интеграцией кластеров полевых шин CAN, CANopen и DeveseNet в Ethernet-сеть верхнего уровня с помощью шлюзов Softing AG серии FG-100 CAN, поддерживающих все три перечисленных протокола. Рассматриваемая модель является одноканальным шлюзом, который обеспечивает скорость передачи данных до 1 Мбит/с со стороны полевой шины и 10/100 Мбит/с в интерфейсе Ethernet. При этом асинхронный доступ к полевым устройствам шины со стороны АРМ, подключенного к сети управления, обеспечивается за счет возможности накопления сообщений в ОЗУ самого шлюза. FG-100 CAN может функционировать не только как пассивный транслятор трафика, но и в качестве активного устройства полевой шины CAN. Поддерживает все типовые приложения ПО Softing CAN, устанавливаемые на PC.

На рис. 10. приведен фрагмент сети автоматизации «Millennium Falcon» с интеграцией кластеров полевых шин Foundation™ Fieldbus (FF) в сеть верхнего уровня с помощью Ethernet-шлюза FG-100 FF Softing AG. Известны две модификации данной модели – это FG-100 FF/M и FG-100 FF/HSE. Первая ориентирована на организацию удаленного доступа к устройствам шины FF H1 со стороны Modbus/TCP клиента или сервера, вторая – непосредственно по протоколу HSE (High Speed Ethernet). Со стороны FF H1 шлюз действует в виде последовательности функциональных блоков ввода/вывода, которые могут быть закреплены за соответствующим полевым устройством с помощью типовых средств ПО FF-шины. Искомая величина – например, результат измерения датчика, соединяется с блоками вывода шлюза, и, тем самым, становится неотъемлемой частью образа процесса, который фиксируется в шлюзе FG-100 FF/M и далее считывается со стороны Modbus. И, соответственно, наоборот, заданное значение некоторого параметра может быть записано с выхода устройства Modbus/TCP непосредственно в шлюз. Это значение также становится частью внутреннего образа процесса и может быть передано на вход, например, привода или другого полевого устройства в поле одного из функциональных блоков ввода шлюза. Со стороны Modbus шлюз функционирует в качестве сервера, предоставляющего нескольким клиентам одновременный доступ к технологическим данным, которые передаются с использованием как индивидуальных, так и объединенных функций, определяемых Modbus. Кроме того, чтобы оптимизировать полосу пропускания и снять ограничения по цикличному записи/чтению данных из шлюза в устройства Modbus/TCP, FG-100 FF/M может также выполнять функции клиента. В этом случае становится возможным определить, какое именно устройство должно получить определенные данные в заданный интервал времени. Следует отметить, что шлюз FG-100 FF/M может выполнять упомянутые функции сервера и клиента параллельно.

Очевидно, что при проведении подобной реорганизации сети, результатом которой является переход к централизованному управлению, на передний план выходят вопросы, связанные с обеспечением требуемой надежности. В идеальном случае последняя достигается обеспечением

обходных путей по независимым физическим линиям, а также непосредственно наличием резервного шлюза.

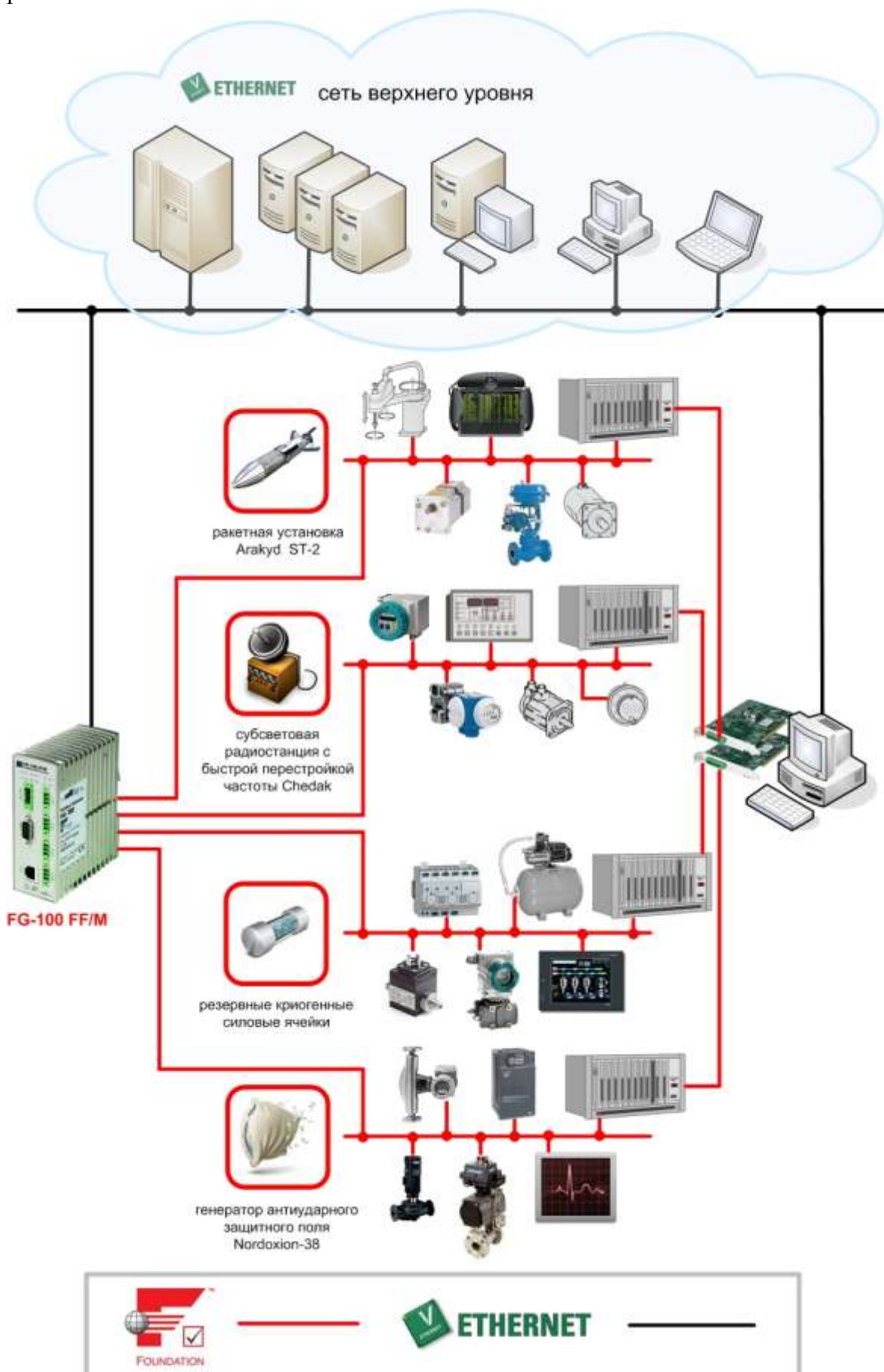


Рис. 10. Фрагмент сети автоматизации «Millennium Falcon» с интеграцией кластеров полевых шин Foundation™ Fieldbus в сеть верхнего уровня с помощью Ethernet-шлюзов FG-100 FF/M Softing AG.

Подведем некоторые итоги. Итак, в результате инсталляции Ethernet-шлюзов FG Softing AG на сети автоматизации:

- Конфигурирование, диагностика, мониторинг и прочие подобные операции с полевыми устройствами вне зависимости от производителя оборудования могут выполняться авторизованным персоналом непосредственно с любого РС (АРМ, станции, терминала), подключенного к внутрикорпоративной Ethernet-сети верхнего уровня. Это снимает проблемы удаленного доступа для параметризации оборудования, функционирующего внутри периметра Ex-зоны, при необходимости многократного реконфигурирования устройств в режиме «реального времени» – например, в процессе эмпирического подбора оптимальных параметров для определенного технологического процесса, или оперативного реагирования системы на изменение некоторой совокупности факторов – состава ресурсов, условий окружающей среды и т.п.

- Аналогичные операции могут проводиться не только с использованием ресурсов внутренней сети (интранет), но и через Интернет. Кроме того, наличие интерфейса RS232 обеспечивает возможность подключения модема или соответствующего модуля традиционной системы передачи, что делает возможным выполнение всех перечисленных мероприятий по параметризации и диагностике через удаленный доступ даже при отсутствии Ethernet-инфраструктуры на объекте/предприятии как таковой.

- Снимается проблема проведения комплекса полевых работ по переадресации устройств кластера шины, выполняемых традиционно непосредственно на месте размещения искомого оборудования, которая возникает при необходимости применения устройства, функционирующего только под «жестко» прописанным адресом, неприемлемым или уже занятым другим датчиком в рамках данного кластера.

Понятно, что такая ситуация встречается достаточно редко: ну кто же, в самом деле, целенаправленно будет присваивать одинаковые адреса устройствам да еще и пытаться их зафиксировать? Тем не менее, такие случаи встречаются и не только в «далекой-предалекой Галактике™». Ну а с учетом того, что «Millennium Falcon», как уже не раз упоминалось выше, вообще, представляет собой пример «олимпиадной» задачи мультивендорной инсталляции, то и столь неудачный расклад, по аналогии с корабельным реактором на Profibus PA, вновь спишем на еще один неудачный пример «злого гения» инженерной мысли Корпорации. Как бы там ни было, инсталляция Ethernet-шлюзов FG Softing AG обеспечит возможность проведения переадресации всего комплекса оборудования кластера шины с учетом упомянутого устройства непосредственно через удаленный доступ, организованный с помощью FG-шлюза.

- Все перечисленные операции, как уже отмечалось выше, вне зависимости от производителей полевых устройств, осуществляются в рамках единого интерфейса, представляющего собой Web-страницу, отображающую список функционирующего оборудования, статус, идентификационный номер, адрес и пр. информацию – соответственно, нет необходимости инсталляции индивидуального ПО под оборудование каждого производителя, а персоналу – приобретение базовых навыков работы с ним.

- Комплексная задача интеграции кластеров полевых шин в Ethernet-сеть управления решается путем применения комплектов аппаратно-программного обеспечения FG-шлюзов, после инсталляции которых не потребуются проведение глобальных мероприятий по переоснащению сети, приобретению дополнительного оборудования и полному реконфигурированию системы – а значит, исключены дополнительные финансовые затраты.

- То же самое относится и к проведению мероприятий по организации электропитания или установке специализированных монтажных конструктивов для размещения FG-шлюзов – они также не понадобятся, т.к. постоянный ток, 24 В соответствует большинству промышленных



стандартов, а малые габариты шлюза обеспечивают возможность его установки на типовой DIN-рейке.

Что ж, с инсталляцией Ethernet-шлюзов серии FG Softing AG на борту «Millennium Falcon» Хан Соло, помимо всех вышеперечисленных новых возможностей сети автоматизации, в первую очередь добился основной цели данной модернизации «Сокола»: обитающий на сети управления верхнего уровня AI получил все полномочия доступа к параметрам и технологическим данным устройств полевых шин, не прибегая к помощи Чубакки (и где теперь упомянутая электронная депрессия AI?). Ну а экипаж, в свою очередь, обеспечил себе возможность перехода на ручное управление ключевыми функциями системы непосредственно из корабельной рубки и инженерного отсека, также используя ресурсы сети верхнего уровня и Ethernet-шлюзы. По крайней мере, в рамках решения задачи перехода к централизованному управлению это избавило их от инсталляции невероятного количества соединительных линий от контроллеров, датчиков, сервоусилителей, приводов и многих других искомым устройств, отвечающих за эти «ключевые» функции, в упомянутые технические помещения. Так, что, например, обе турели лазерных пушек AG-2G могли успешно палить из всех четырех стволов и крутиться на 360 градусов как под управлением нанятого за дополнительную плату гуманоида, находящегося непосредственно в ячейке стрелка на турели, так и самим Соло или Чубаккой из корабельной рубки.

### **5. Продолжение следует: в следующих эпизодах вы узнаете, что...**

... если запитать пушки AG-2G непосредственно от корабельного реактора, то можно «завалить» имперский истребитель уже с первого попадания. Только вот после такого выстрела происходит отключение целого ряда подсистем «Millennium Falcon», что, понятное дело, совсем неприемлемо при улепетывании от Корпорации Безопасности, охотников за головами, нанятых вечно обиженным на Соло Джаббой Хаттом, и уж тем более эскадрильи Имперского Флота.

... для решения данной проблемы необходимо проведение детального тестирования полевых шин, которое включает в себя анализ качества сигнала и конфигурации системы с возможностью последующей локализации повреждений линий кабельной инфраструктуры и нарушения соединений.

... как этот достаточно объемный комплекс измерений параметров сетей Profibus и CAN Чубакка реализовал с помощью комплектов оборудования Softing AG, в том числе сетевых тестеров Profibus PB-T3, CAN BC-200-CAN и анализаторов протоколов Profibus BC-400-PB/BC-450-PB, CAN X-Analyzer.

... на просторах Галактики «Millennium Falcon» был, прежде всего, известен своей феноменальной скоростью. Так, система гипердвигателя, разработанная доктором Клаусом Ванданганте, и впоследствии смонтированная по заказу Хана Соло на борту «Сокола», была почти в два раза больше, чем у стандартной модели YT-1300. Зато благодаря именно этой авторской системе двигатель относился к очень редкому классу 0,5 – это означало, что он обеспечивает скорость в 1,5 раза больше скорости света. Кроме того, время перехода в гиперпространство занимало порядка 1 минуты, в то время как для большинства даже «топовых» моделей Имперского Флота требовалось, как минимум, 5 минут. Другой отличительной особенностью «Millennium Falcon» являлся высокопроизводительный навигационный компьютер, который благодаря заложенному уникальному алгоритму был способен за минимальные сроки провести расчет кратчайшего маршрута через гиперпространство до точки назначения в обход сверхновых, звезд, планет и астероидных полей.

... согласно исследованиям доктора Ванданганте, существенное увеличение скорости могло достигаться путем совмещения траектории движения корабля с направлением искривления

пространственно-временного континуума, совпадающего с рассчитанным маршрутом. Однако практическая реализация такого подхода сопровождалась необходимостью агрегации и последующей обработки огромного числа параметров таких подсистем, как корабельного реактора, самого гипердвигателя, преобразователей энергии, навигационного узла и многих других.

... стандартные OPC серверы типовых моделей «СЕС», в том числе YТ-1300, просто не обладали нужной производительностью. Поэтому вовсе не удивительно, что было известно большое количество случаев, когда нелегально модифицированные подобным образом фрахтовки просто разрывало в космическую пыль из-за перегрева реактора, неправильно просчитанной траектории искривления или несвоевременно скорректированного в режиме реального времени маршрута.

... как эта проблема была решена Ханом Соло с помощью OPC-сервера Softing AG, который превышает по производительности аналоги более чем на порядок, а также чем отличаются друг от друга OPC-мосты – от OPC-тоннелей, а OPC-концентраторы – от OPC-фильтров и других представителей линейки Softing AG «OPC Easy Connect Suite», а также как они помогли Соло реализовать эту модификацию, которая вписала «Millennium Falcon» в историю как самый скоростной корабль на просторах Галактики.

#### **Авторы:**

Идея и реализация: Бурдин Антон

Несколько идей и горячее обсуждение: Шопин Андрей

Консультант: Сидоров Артем

Группа компаний СМС-Автоматизация (<http://www.sms-automation.ru>)

С предложениями, вопросами, пожеланиями и хвалебными высказываниями обращаться к Шопину Андрею (email: [andr@sms-samara.ru](mailto:andr@sms-samara.ru)).

#### **Источники:**

- 1) <http://www.sms-automation.ru/distribution/Softing> - сайт ГК СМС-Автоматизация, раздел с материалами по решениям Softing
- 2) <http://www.softing.com> - сайт Softing