

## **Комплекс оборудования для построения авиационных высокопроизводительных цифровых сетей двойного применения.**

Современный комплекс бортового оборудования в настоящее время переживает архитектурные изменения. Это в первую очередь связано с предъявлением к нему всё более жестких требований по производительности, надёжности, потреблению и габаритным характеристикам со стороны задач летательного аппарата. Чтобы обеспечивать высокие требования современный комплекс должен иметь архитектуру, поддерживающую многопроцессорную работу, возможность распределения вычислительных ресурсов, и соответствующий технологии ИМА. Главное архитектурное отличие – внедрение сетевой архитектуры вместо архитектуры шины.

Информационный обмен в производимых комплексах бортового оборудования осуществляется в подавляющем большинстве на основе технологии шины по ГОСТ Р 52070-2003 (MIL STD 1553), которая имеет пропускную способность 1 Мбит/сек и возможность резервирования. Однако, необходимо учитывать, что данная пропускная способность разделяется на всех абонентов информационного обмена, а для обмена необходимо обязательное присутствие арбитра(мастера) на шине. То есть, если по какой либо причине, мастер перестанет работать, это остановит весь информационный обмен комплекса. В настоящее время проблемы нехватки пропускной способности решаются методом тиражирования каналов по ГОСТ Р 52070-2003 (MIL STD 1553), а сбой мастера на шине – перенос функции мастера на другое устройство. Уже сейчас существуют варианты БРЭО с 8 шинами ГОСТ Р 52070-2003, и даже этого оказывается мало для решения задач комплекса. Это приводит к увеличению стоимости, увеличению массы и габаритов и потере производительности, к тому же делает невозможной применение технологии ИМА. Очевидно, что технология тиражирования каналов ограничена и неэффективна.

Сетевая архитектура коренным образом отличается от прежних технологий, и главное её преимущество – высокая скорость приёма передачи для каждого абонента и равноправный информационный обмен (отсутствие мастера). При переходе на сетевую соединения между абонентами становятся «точка-точка», и для организации топологии сети используется коммутатор. В коммерческой и промышленных сферах сетевая передача данных широко развита. Она базируется на различных технологиях, таких как Ethernet и Fibre Channel. Коммерческие сетевые решения были разработаны для организации промышленных сетей, поэтому они не имеют методик повышения надёжности, таких как резервирование и изоляция отказавшего абонента. Это приводит к тому, что отказ сетевого оборудования, такого как коммутатор, является критическим для всей системы. Отказ одного из абонентов может вызвать неработоспособность всей вычислительной сети. Время доставки пакета до адресата является неопределённой величиной, которая лавинообразно возрастает при увеличении числа абонентов, узлов сети и объёма информации, проходящего через вычислительную сеть.

Для применения сетевых технологий в бортовой электронике для них разрабатываются профили, обеспечивающие доведение сетевых технологий до требований к бортовым системам. Для технологии Ethernet был разработан широко известный профиль ARINC 664. Оборудование, необходимое для организации информационной сети включает в себя в первую очередь коммутаторы и сетевые карты (оконечные системы), а так же инструментальное ПО для них.

В представленной работе предлагается аппаратура и программное обеспечение, позволяющее построить информационный обмен в комплексе БРЭО по сетевой архитектуре, базируясь на технологиях Ethernet с профилем ARINC 664, и технологии Fibre Channel, для которой разработан профиль авиационного применения. Представленное оборудование позволяет:

1. Организовывать бортовые комплексы на порядок превосходящие существующие по вычислительным ресурсам.
2. Увеличить надёжность комплекса за счёт применения технологии ИМА.
3. Применить оптоволоконную линию связи, что решит проблему ЭМС линий связи, уменьшит массу и стоимость фидерной части комплекса.

Для организации сетей ARINC 664 AFDX в комплексе БРЭО разработан модуль сетевого коммутатора МСК-3U-2, представленный на рисунке 1. Модуль предназначен для применения в как в гражданской, так и в военной аппаратуре. Поскольку стандарт ARINC 664 широко распространён модуль оптимально подходит для комплексов гражданской авиации и комплексов предназначенных иностранному заказчику. Модуль выполняет функции коммутатора 24 каналов стандарта ARINC 664 AFDX, гарантирует детерминированное время доставки информации, защищает комплекс от неисправной работы абонента, позволяет конфигурировать и производить мониторинг сети штатными средствами БРЭО.



Рисунок 1. Модуль сетевого коммутатора каналов ARINC 664 AFDX.

Модуль имеет следующие характеристики:

- коммутация двадцати четырех полнодуплексных каналов ARINC 664 AFDX;
- скорость обмена информацией 10/100 Мбит/с;
- спецификация физического уровня 100Base-TX (витая пара 20 каналов), 100Base-FX (оптика 4 канала);
- одновременная поддержка до 64000 виртуальных каналов;
- буферная память на 512 кадров для каждого порта;
- минимальная технологическая задержка 10 мкс;
- обеспечение логической изоляции неисправного абонента;
- 12 разовых команд типа «корпус-разрыв» для позиционной адресации коммутатора и контроля по четности;
- напряжение питания: 12 В, 3,3 В (запитка схемы контроля исправности);
- потребляемая мощность: до 20 Вт;
- конструктивное исполнение: VITA 46, VITA 48, VPX-REDI, типоразмер 3U;
- кондуктивный отвод тепла;
- масса: не более 0,6 кг;
- рабочий температурный диапазон: от -55°C до +70°C;
- предельный температурный диапазон: от -55°C до +85°C;
- уровень гарантии проектирования по КТ-254 (DAL): В.

Сеть ARINC 664 имеет ряд преимуществ в числе которых: протокол верхнего уровня – общеизвестный стандарт, как в РФ, так и для зарубежных производителей, среда приёма – передачи медь либо оптоволокно, низкая масса и энергопотребление оборудования, однако имеет относительно низкую пропускную способность каналов до 100 Мбит/с. Для тех комплексов БРЭО, которым необходима высокая пропускная способность каналов сети предлагается использовать

технологии Fibre Channel. Для технологии Fibre Channel нет общеизвестного протокола для авиационного применения. Для решения этой проблемы в данной работе был разработан протокол «Авиационных детерминированных сетей», в котором используются принципы ARINC 664 наложенные на физический уровень Fibre Channel. Для развёртывания вычислительной сети в комплексе БРЭО разработан модуль внутреннего коммутатора MBK6016, представленный на рисунке 2.



Рисунок 2. Модуль внутреннего коммутатора MBK 6016.

Модуль имеет следующие основные характеристики:

- имеет в составе 2 независимых коммутатора на плате для построение резервированной сети внутри блока;
- 12 внешних каналов Fibre Channel на каждый коммутатор;
- Скорость обмена информацией 1 Гбит\сек по каждому каналу;
- 4 контроллера Fibre Channel с системной шиной PCIe 1X на каждый коммутатор;
- Детерминированное время доставки информации и защита от неисправного абонента;
- Система удалённой загрузки файла конфигурации;
- Система удалённого мониторинга;
- 64 Гбайт энергонезависимой памяти для хранения отчетной информации о проходящем через коммутатор трафике;
- 3 технологических канала USB на каждый коммутатор;

Для сопряжения БРЭО комплекса с сетевым интерфейсом разработана интерфейсная плата – сетевой контроллер канала Fibre Channel с поддержкой протокола авиационных детерминированных сетей, представленная на рисунке 3.

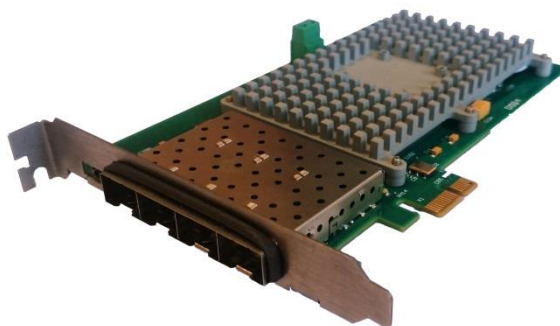


Рисунок 3. Интерфесная плата каналов Fibre Channel.

Ввиду того, что существует большой спектр вычислительных устройств с различными архитектурами, конструктивами и системными шинами, реализация платы может быть выполнена в нескольких вариантах с различными конфигурациями конструктива и системных шин, но унифицированных по функциям, элементной базе и программному обеспечению.

Детерминированная авиационная сеть вне зависимости от выбранной технологии требует конфигурации. Процесс конфигурации представляет из себя прокладывание информационных потоков через сетевое оборудование, расчёт характеристик информационного обмена и создание файлов конфигурации. Для уменьшения времени на конфигурацию бортовой сети, а так же снижение рисков разработано прикладное программное обеспечение «Конфигуратор», которое выполняет следующие функции:

- Создание топологии сети. Построение физических каналов и построение виртуальных каналов;
- Автоматический расчёт линии связи, а именно параметров: BAG, Jitter, загрузку физического канала;
- Автоматическая генерация файлов конфигурации коммутаторов и оконечных систем, исходя из топологии сети.

Пример проекта сети в конфигураторе показан на рисунке 4.

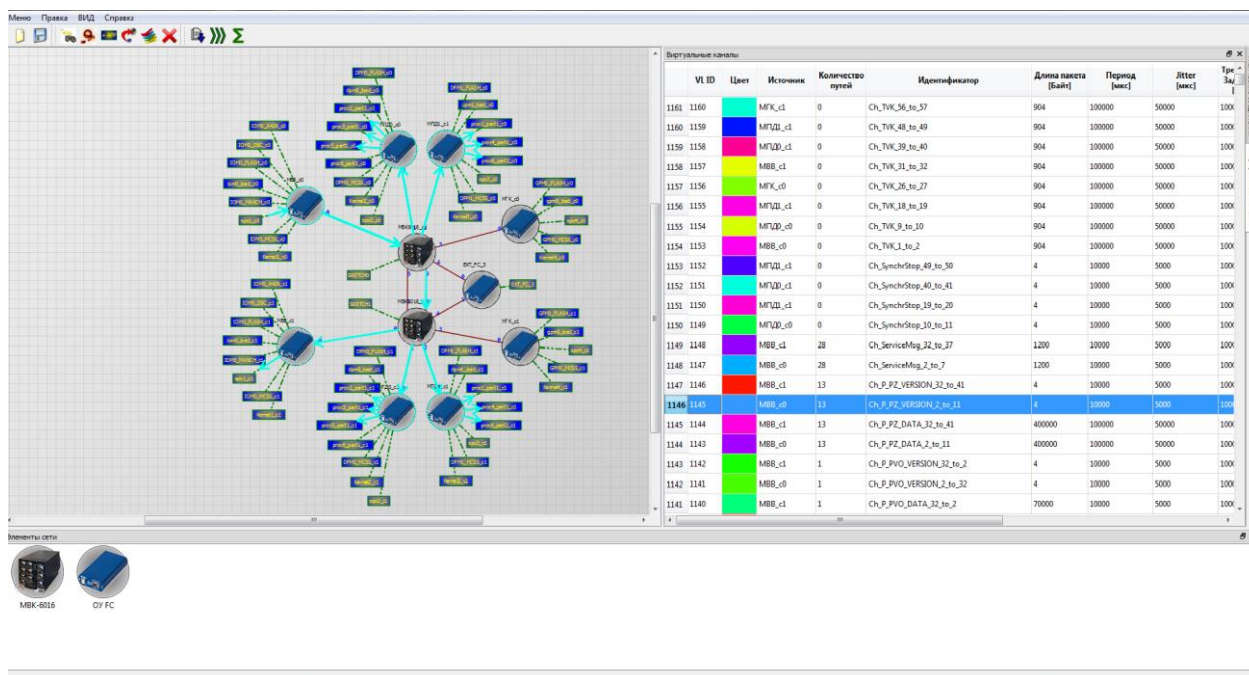


Рисунок 4. Пример проекта сети в ПО конфигураторе.

Результаты проделанной работы были опробованы при реализации комплексов БРЭО самолётов Т-50, МС-21 и др. Таким образом результат данной работы позволяет внедрить на летательный аппарат информационный обмен следующего поколения, и значительно улучшить с помощью данной технологии его тактико-технические характеристики.