

Многоканальные Распределенные Системы Радиомониторинга **TORNADO-RxMTCA®**

О.А. Васильев, к.т.н., Ген.Директор «Радиосервис» (г.Москва)
П.А. Семенов, к.т.н., Ген.Директор «МикроЛАБ Системс» (г.Москва)

Сегодня Заказчик аппаратуры радиоконтроля и радиомониторинга в рамках заданного бюджета хочет иметь максимально возможный функционал изделия и его полную переносимость в разные конструктивные исполнения, причем с неизменным желанием наращивания числа каналов, пространственно распределенного размещения аппаратуры и удаленного управления. Известный принцип построения уникальной и дорогой аппаратуры радиомониторинга типа «одно изделие – один конструктив и функционал» постепенно уходит в прошлое. Современные требования диктуют необходимость применения новых системных и технологических подходов для построения этой аппаратуры.

Модульный принцип построения аппаратуры радиомониторинга

Одним из наиболее перспективных методов построения распределённых в пространстве многоканальных и многофункциональных широкополосных систем радиоконтроля, радиомониторинга и радиоразведки является модульный принцип.

В отношении аппаратной части модульный принцип предполагает использование стандартных готовых аппаратных модулей радиоприема, обработки и передачи данных, причем предпочтительно, чтобы все аппаратные компоненты системы соответствовали современному и перспективному промышленному международному стандарту построения аппаратуры в стандартных конструктивах и с использованием стандартных высокоскоростных интерфейсов передачи данных. Это позволит минимизировать стоимость аппаратуры и ее обслуживание за счет использования стандартных аппаратных компонентов, даже несмотря на возможную незначительную аппаратную избыточность. Использование внутрикорпоративных стандартов интерфейсов и конструктивов представляется далее бесперспективным.

Модульный принцип также обязательно должен распространяться и на структуру программного обеспечения (ПО) системы, состоящей из набора стандартных программных модулей управления сканированием, обработки и передачи данных, анализа результатов. Все ПО-модули должны взаимодействовать между собой через стандартные программные интерфейсы.

При соответствии указанным выше требованиям, модульный принцип построения системы многоканального радиомониторинга позволит Заказчику быстро компоновать и переконфигурировать свою систему радиомониторинга в соответствии с его конкретными требованиями и, при необходимости, наращивать ее путем дозакупки недостающих аппаратных и/или программных модулей. При этом, все изначальные инвестиции всегда будут работать на решение текущих задач.

Отвечая современным веяниям, компания "Радиосервис" (www.radioservice.ru), разработчик и производитель РЧ-аппаратуры и систем радиомониторинга, и фирма «МикроЛАБ Системс» (www.mlabsys.ru), разработчик и производитель аппаратуры цифровой обработки сигналов (ЦОС), объявили о совместном выпуске принципиально новой линейки аппаратуры радиомониторинга

TORNADO-RxMTCA® с модульным принципом построения на базе аппаратно-программных и конструктивных требований современных стандартов PICMG® 3.0, AMC.0 и MicroTCA.0, позволяющей Заказчику быстро и самостоятельно менять конструктив и назначение изделия от компактного автономного устройства до многоканальной пространственно распределенной системы в соответствии с требованиями решаемой в конкретный момент задачи, причем с полным сохранением функционала и без дополнительных финансовых вложений.

Новейшие промышленные стандарты PICMG AMC.0 и MicroTCA.0 (www.picmg.org) для построения модульной телекоммуникационной аппаратуры на сегодняшний день являются наиболее перспективными в плане компактности, модульности, состава и скорости внутренних межмодульных сериальных интерфейсов (10Gbps, 40Gbps, 100Gbps), а также высокой надежности за счет резервирования и «горячей» замены. Аппаратура стандарта MicroTCA® широко применяется для построения базовых станций сотовой связи и беспроводного доступа 3G и 4G.

Пример многоканальной распределенной системы радиомониторинга на базе линейки **TORNADO-RxMTCA®** представлен на рис.1. Система включает четыре удаленных компактных устройства многоканального радиомониторинга **TORNADO-RxmMTCA®**, которые через интерфейсы 1GbE LAN, опто-волоконные линии 10GbE и IP-сеть связаны с центральной станцией обработки и управления на базе устройства **TORNADO-RxMTCA®** или **TORNADO-MTCA®**.

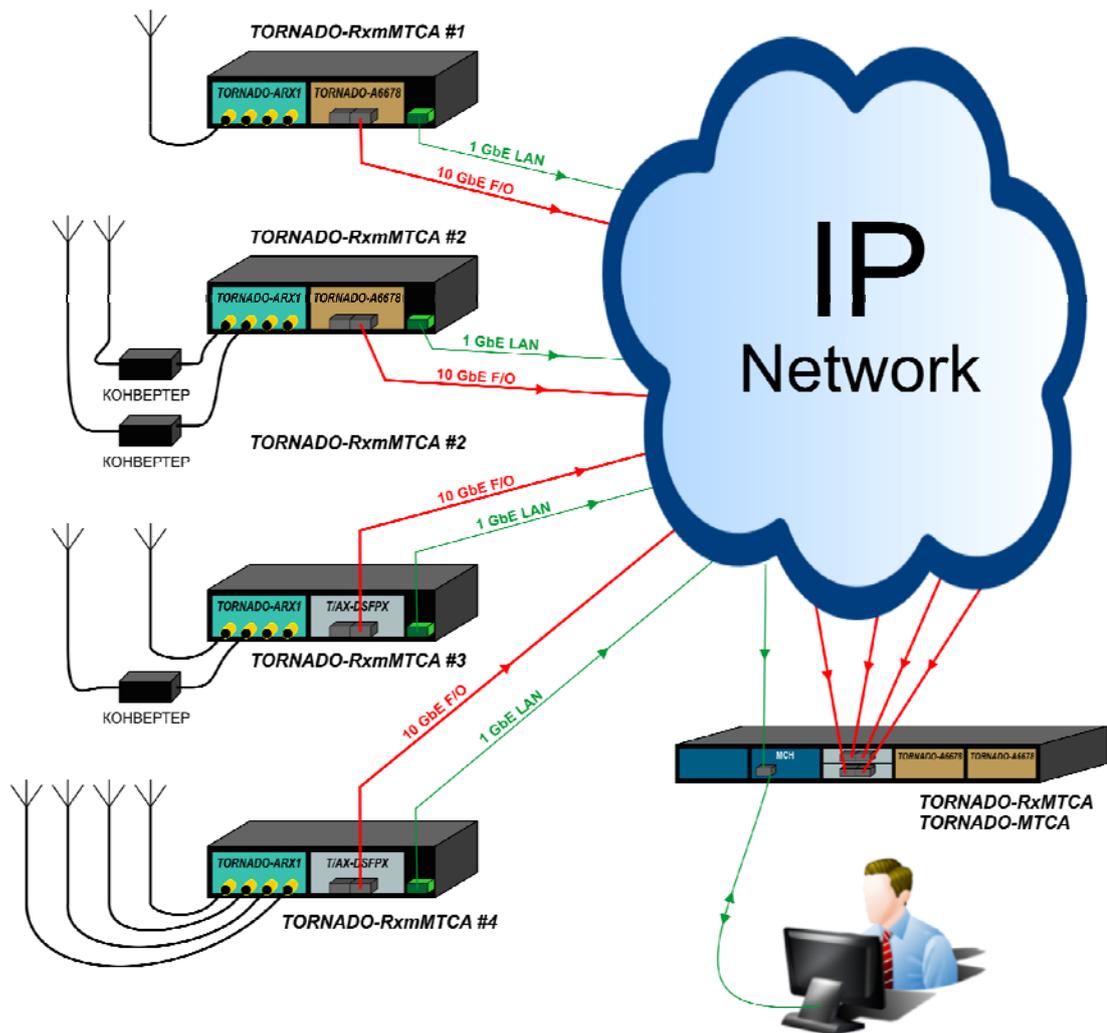


Рис. 1. Пример структурной схемы распределенной системы многоканального радиомониторинга на базе линейки аппаратуры **TORNADO-RxMTCA®**.

Компоненты линейки аппаратуры TORNADO-RxMTCA®

Линейка аппаратуры радиомониторинга TORNADO-RxMTCA® построена на базе новейшего АМС-модуля TORNADO-ARX1® (рис.2) многоканального радиомониторинга (9kHz...3GHz) и ЦОС совместной разработки компании «Радиосервис» и фирмы «МикроЛАБ Системс», выполненного в стандарте PICMG® AMC.0 R2.0 (Advanced Mezzanine Card). Для расширения входного диапазона частот к АМС-модулю TORNADO-ARX1® опционально подключаются внешние командно управляемые конверторы 12GHz, 21GHz и 40GHz фирмы «Радиосервис».

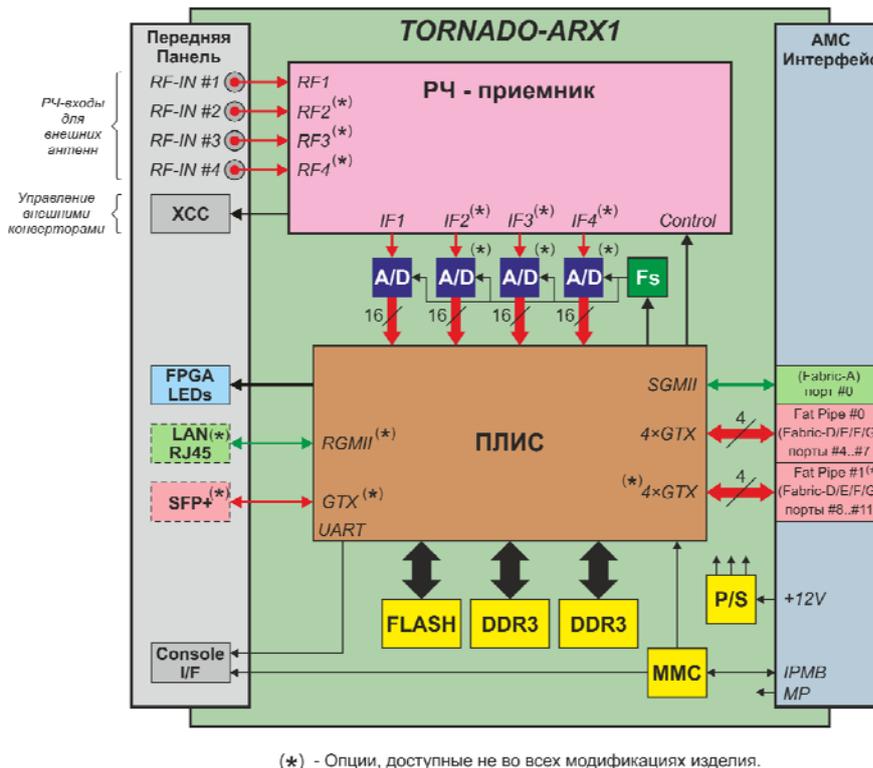


Рис. 2. Структурная схема АМС-модуля многоканального радиомониторинга TORNADO-ARX1®.

Другими модульными компонентами построения линейки аппаратуры радиомониторинга TORNADO-RxMTCA® являются супер-высокопроизводительные АМС-модули ЦОС/ПЛИС TORNADO-A6678® (рис.3) фирмы «МикроЛАБ Системс» с 8-ми ядерными процессорами ЦОС Texas Instruments TMS320C6678 и ПЛИС Xilinx Virtex-7, АМС-модули T/AX-DSFPX (рис.4) фирмы «МикроЛАБ Системс» «дальней» сетевой 10GbE опто-волоконной коммуникации, а также стандартные инфраструктурные компоненты модульных систем стандарта PICMG MicroTCA.0 R1.0 (Micro Telecommunications Computing Architecture), включающих в себя разнообразные шасси MicroTCA® (рис.5), модули управляющих контроллеров MCH (рис.6) и eMCH со встроенными высокоскоростными неблокирующими коммутаторами потоков 10GbE и модули источников питания PM (рис.7).



Рис. 3. Супервысокопроизводительный AMC-модуль ЦОС/ПЛИС TORNADO-A6678®.



Рис. 4. AMC-модуль «дальней» сетевой 10GbE опто-волоконной коммуникации T/AX-DSFPX-A.



(a)



(б)

Рис. 5. (a) Стандартное 19" 1U шасси MicroTCA; (б) Мини-шасси MicroTCA.

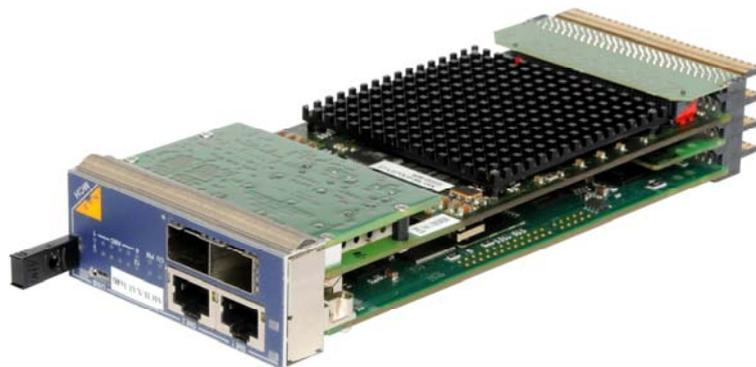


Рис. 6. Управляющий модуль (MCH) для систем MicroTCA с высокоскоростным коммутатором потоков 10GbE.



Рис. 7. Модуль источника питания (PM) переменного тока для систем MicroTCA с выходной мощностью 600W.

АМС-модуль многоканального радиомониторинга TORNADO-ARX1®

АМС-модуль TORNADO-ARX1® (рис.1) включает в себя submodule мониторингового РЧ-приемника (9kHz..3GHz) разработки фирмы «Радиосервис» и несущий АМС-модуль разработки фирмы «МикроЛАБ Системс».

РЧ-приемник имеет структуру классического супергетеродинного приёмника с двойным преобразованием частоты и полосой ПЧ 24MHz или 70MHz, включая систему преселекторов.

Несущий АМС-модуль включает четыре 16-ти разрядных АЦП (А/D), управляемый генератор частоты выборки с малыми шумами и высокой стабильностью (Fs), ПЛИС, опциональные внешние порты 10+ Gbps SFP+ и LAN 1GbE RJ-45, а также системный контроллер модуля (MMC) и вторичный источник питания (P/S). ПЛИС включает в себя функции высокоскоростного процессора ЦОС (ПЦОС), управляющего контроллера для ПЦОС и РЧ-приемника, двух скоростных АМС-интерфейсов межмодульного обмена (Fabric-D/E/F/G АМС.2 10GBASE-BX4 и 40GBASE-CX4, АМС.4 4x 5Gbps Serial RapidIO, АМС.1 4x 5Gbps PCIe), управляющего LAN-порта #0 Fabric-A 1GbE АМС-интерфейса, а также опциональных внешних портов SFP+ и LAN.

Скорость радиомониторинга АМС модуля TORNADO-ARX1® достигает 160 GHz/s, что позволяет регистрировать очень короткие РЧ-сигналы и впоследствии дистанционно скачивать и анализировать их из памяти модуля.

Прикладное ПО АМС-модуля TORNADO-ARX1® построено по модульному принципу и включает в себя программные модули радиосканеров, спектрального анализа, обнаружителей различных сигналов и измерения их параметров, демодуляторов и т.д. Необходимые для работы ПО-модули загружаются во FLASH-память АМС-модуля по любому из LAN-портов и автоматически запускаются в нужной конфигурации при включении питания. Конкретный состав ПО-модулей определяется функциональным назначением конкретного изделия. При необходимости Заказчик может докупать дополнительные ПО-модули.

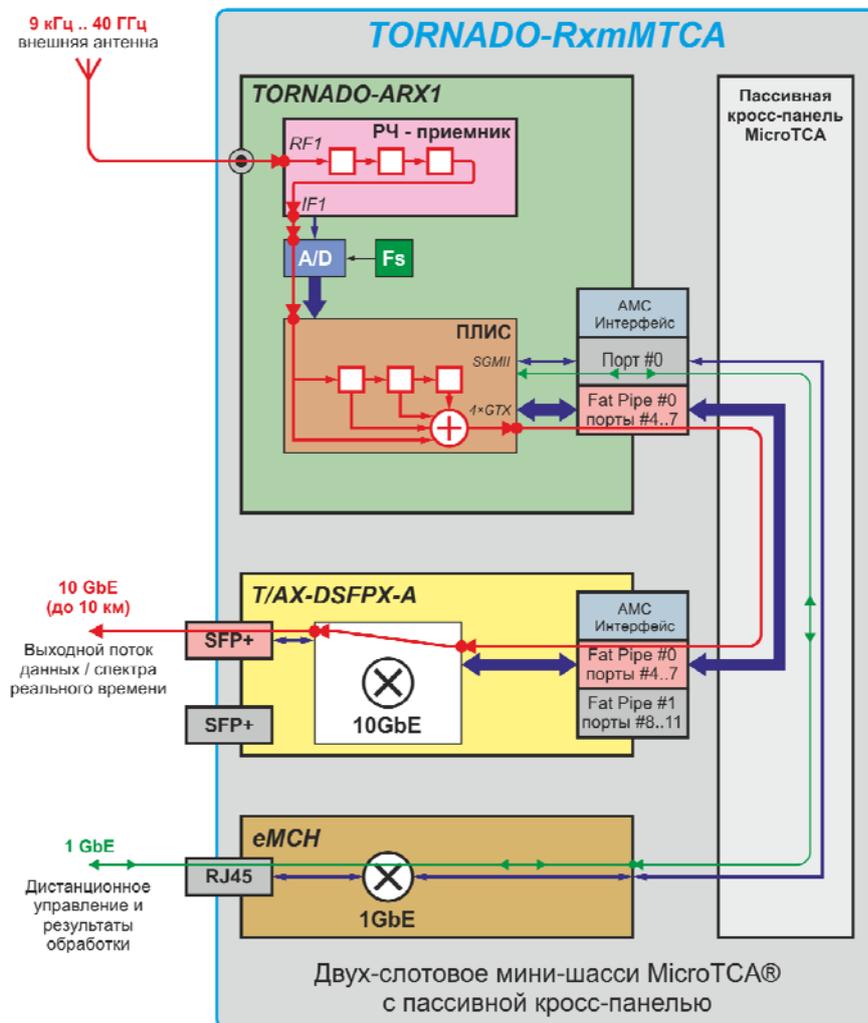
Модульные устройства многоканального радиомониторинга TORNADO-RxMTCA®

На базе АМС-модуля TORNADO-ARX1® достаточно просто строить многоканальные системы радиомониторинга, а также многопозиционной пеленгации источников сигнала.

Фото простейшего компактного устройства **TORNADO-RxmMTCA®** удаленного многоканального радиомониторинга представлено на рис.8(б), а его блок-схема – на рис.8(а).



(а)



(б)

Рис. 8. Фото (а) и блок-схема (б) компактного устройства удаленного многоканального радиомониторинга **TORNADO-RxmMTCA®** на базе AMC-модуля **TORNADO-ARX1®**, коммуникационного AMC-модуля **T/AX-DSPX-A** и двухслотового мини-шасси **MicroTCA**.

Устройство включает AMC-модуль **TORNADO-ARX1®** с опциональными внешними конверторами 12GHz, 21GHz и 40GHz, AMC-модуль **T/AX-DSFPX-A** «дальней» сетевой 10GbE опто-волоконной коммуникации на расстояния до 10км, а также двух-слотовое мини-шасси MicroTCA® с «пассивной» кросс-панелью без коммутатора потоков. Размеры устройства составляют W240xD320xH43mm при весе около 2kg. Устройство управляется дистанционно через IP-сеть и 1GbE LAN-порт шасси (в том числе и через WiFi), а РЧ-данные реального времени и результаты обработки передаются через одно или два опто-волоконных соединения 10GbE на расстояния до 10км с помощью коммуникационного AMC-модуля **T/AX-DSFPX**.

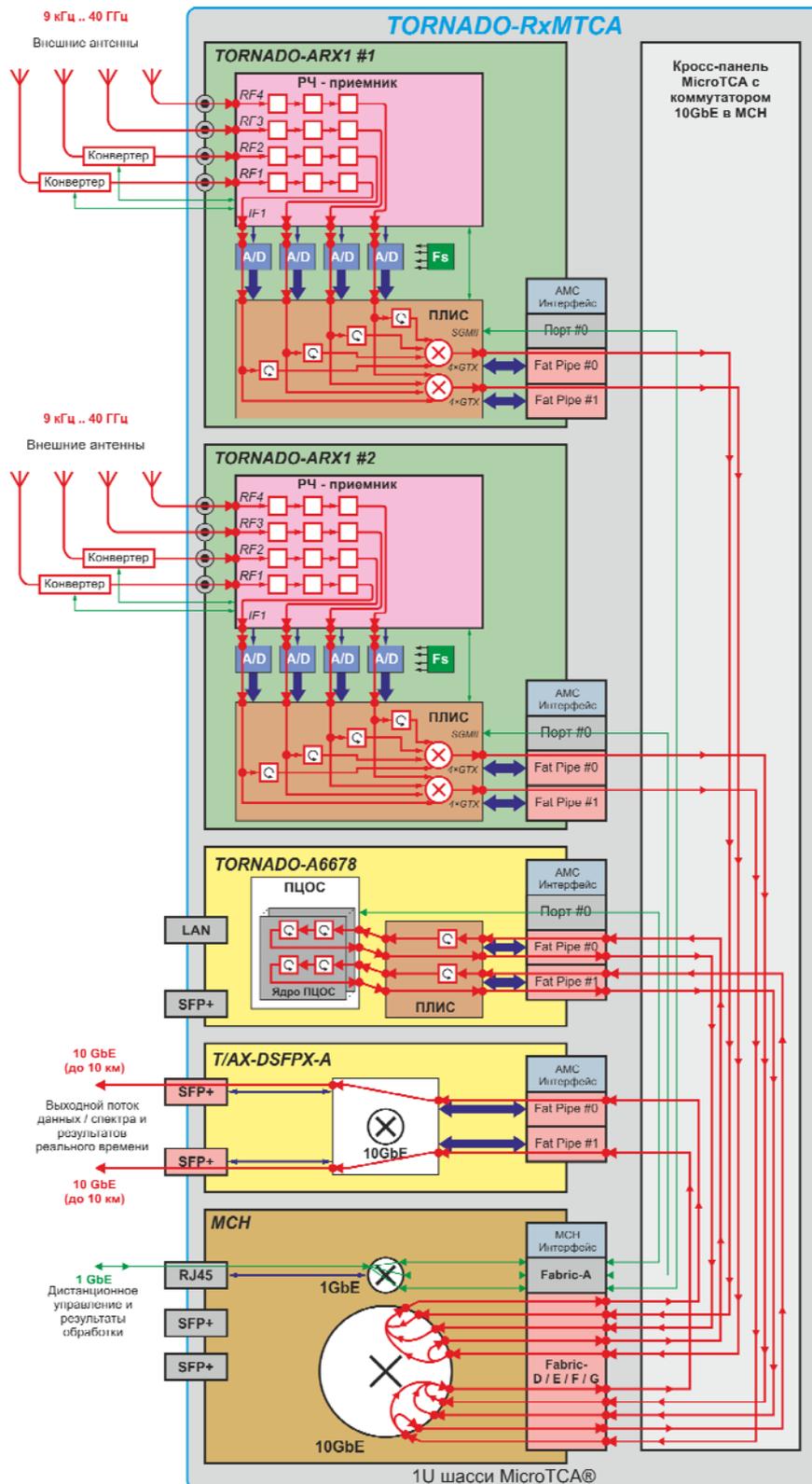
Простейшая организация потоков данных внутри устройства включает передачу необработанного оцифрованного РЧ-потока с выхода ПЧ приемника и блока обработки данных (многоканальные DDC, обнаружители, демодуляторы, трекаеры, и т.п.) в виде одного суммарного потока через порт Fat Pipe #0 AMC-интерфейса AMC-модуля **TORNADO-ARX1®** в соответствующий Fat Pipe порт коммуникационного AMC-модуля **T/AX-DSFPX-A** и далее через 10GbE SFP+ порт и опто-волоконную линию на расстояние до 10км в центр обработки. В зависимости от конкретного приложения, возможны и другие организации потоков через оба порта Fat Pipe #0 и #1 AMC-интерфейсов AMC-модулей **TORNADO-ARX1®** и **T/AX-DSFPX-A** с задействованием обоих 10GbE SFP+ портов. Конфигурация потоков данных определяется загруженным ПО AMC-модуля **TORNADO-ARX1®**.

Неограниченное число таких устройств может быть объединено в единую систему радиомониторинга с единым центром обработки. Благодаря поддержке протокола РТР AMC-модулями **TORNADO-ARX1®** и **T/AX-DSFPX**, вся система синхронизируется в едином времени с точностью до нескольких наносекунд, что позволяет строить на их основе также и системы пеленгации.

От описанного выше простейшего устройства можно перейти к более сложному супер-высокопроизводительному устройству радиомониторинга **TORNADO-RxMTCA®** с мощной локальной ЦОС, фото и блок-схема которого представлены на рис.9(а) и 9(б) соответственно.



(a)



(б)

Рис. 9. Фото (а) и блок-схема (б) устройства удаленного многоканального радиомониторинга TORNADO-RxMTCA® на базе двух AMC-модулей TORNADO-ARX1®, AMC-модуля ЦОС/ПЛИС TORNADO-A6678®, коммуникационного AMC-модуля T/AX-DSPX-A и шестислотового 19" 1U шасси MicroTCA с коммутатором потоков 10GbE.

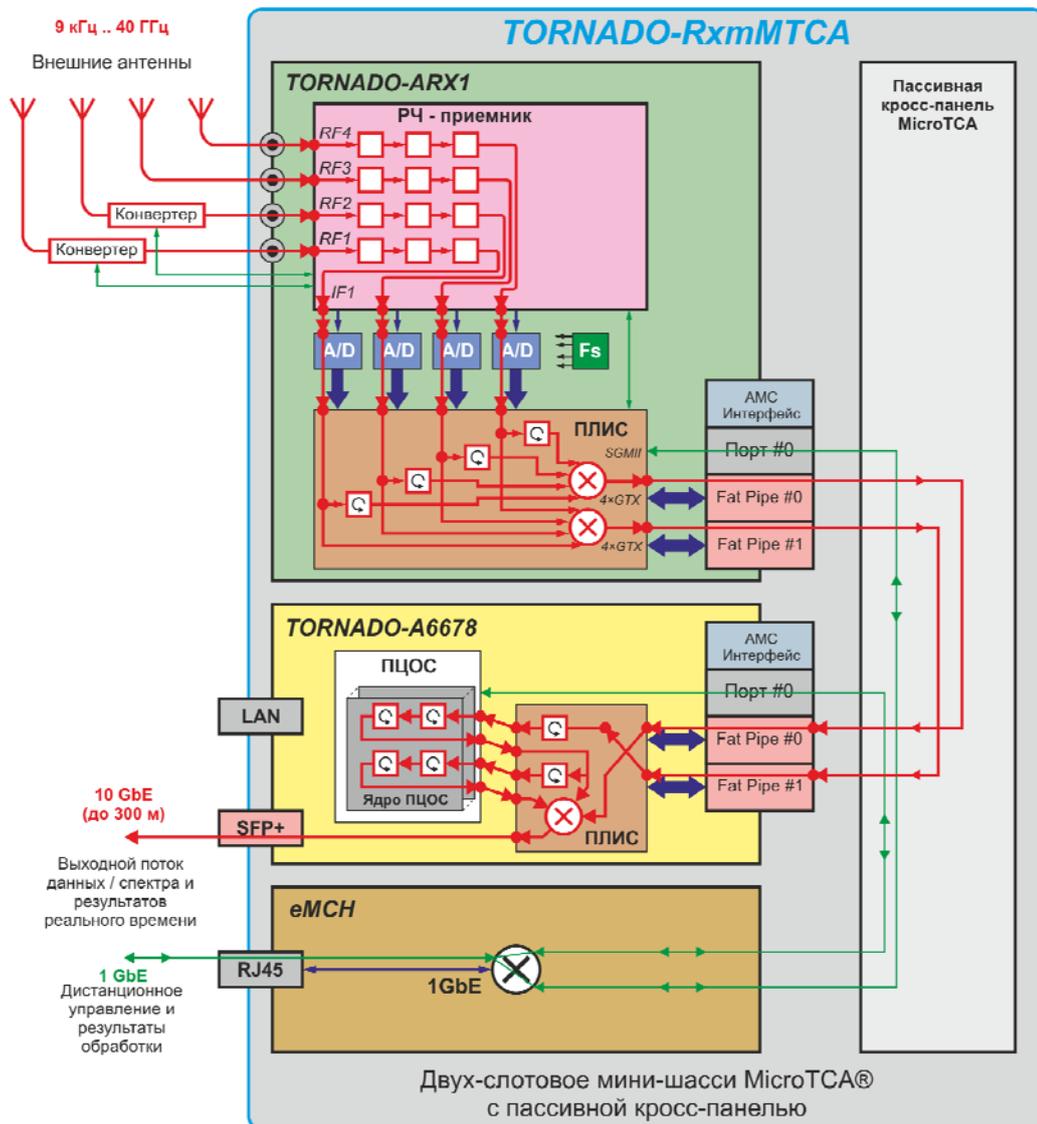
Это дистанционно управляемое устройство включает в себя два AMC-модуля **TORNADO-ARX1®** многоканального радиомониторинга с опциональными внешними конверторами 12GHz, 21GHz и 40GHz, супер-высокопроизводительный AMC-модуль ЦОС/ПЛИС **TORNADO-A6678®**, AMC-модуль **T/AX-DSFPX** «дальней» сетевой 10GbE опто-волоконной коммуникации на расстояния до 10км и стандартное 6-ти слотовое 19” 1U шасси MicroTCA® с модулем управляющего контроллера MCH с коммутатором потоков 10GbE и модулем питания PM. Аналогично описанному выше простейшему устройству, управление устройством осуществляется дистанционно через IP-сеть и 1GbE LAN-порт шасси, а данные реального времени и результаты обработки передаются через четыре опто-волоконных соединения 10GbE на расстояния до 10км, подключаемых к SFP+ портам AMC-модуля **T/AX-DSFPX** и управляющего контроллера MCH.

Концепция MicroTCA предполагает, что потоки данных всех AMC-интерфейсов внутри такого устройства MicroTCA «замыкаются» на центральный коммутатор 10GbE управляющего контроллера MCH, который позволяет создавать и конфигурировать локальные подсети и изолировать потоки данных 10GbE друг от друга в зависимости от конкретного приложения. Пример организации потоков данных (рис.9(б)) внутри этого устройства включает маршрутизацию исходных ПЧ-потоков с выходов каждого из AMC-модулей радиомониторинга **TORNADO-ARX1®** через порты Fat Pipe #1 в соответственно порты Fat Pipe #0 и #1 AMC-интерфейса AMC-модуля ЦОС/ПЛИС **TORNADO-A6678®** для комплексной многоканальной ЦОС внутри **TORNADO-A6678®** с использованием его суперпроизводительного 8-ми ядерного процессора ЦОС TMS320C6678 и ПЛИС Xilinx Virtex-7 (многоканальные демодуляторы, декодеры протоколов, и т.п.), которые по причине сложности не могут быть реализованы внутри AMC-модулей радиомониторинга **TORNADO-ARX1®**. Результаты многоканальной обработки с выхода AMC-модуля ЦОС/ПЛИС **TORNADO-A6678®** через порты Fat Pipe #0 и #1 его AMC-интерфейса поступают обратно в коммутатор потоков модуля MCH и, смешиваясь с выходными потоками обработанных данных с портов Fat Pipe #0 AMC-интерфейсов AMC-модулей радиомониторинга **TORNADO-ARX1®**, поступают в соответствующие порты Fat Pipe #0 и #1 коммуникационного AMC-модуля **T/AX-DSFPX-A** и далее, через 10GbE SFP+ порты, в оптоволоконные линии до 10км в центр обработки. Опять же, конфигурация потоков данных определяется загруженным ПО AMC-модулей **TORNADO-ARX1®** и **TORNADO-A6678®**, а также конфигурацией центрального коммутатора 10GbE управляющего контроллера MCH. Все ПО и конфигурация коммутатора MCH загружаются дистанционно через IP-сеть.

Еще одно компактное супер-высокопроизводительное устройство **TORNADO-RxmMTCA®** удаленного многоканального радиомониторинга с мощной локальной ЦОС представлено на рис.10(a), а его блок-схема – на рис.10(б).



(a)



(б)

Рис. 10. Фото (а) и блок-схема (б) компактного устройства удаленного многоканального радиомониторинга TORNADO-RxmTCA® на базе AMC-модуля TORNADO-ARX1®, AMC-модуля ЦОС/ПЛИС TORNADO-A6678® и двухслотового мини-шасси MicroTCA.

Это дистанционно управляемое устройство включает в себя один AMC-модуль TORNADO-ARX1® многоканального радиомониторинга с опциональными внешними конверторами 12GHz, 21GHz и 40GHz и супер-высокопроизводительный AMC-модуль ЦОС/ПЛИС TORNADO-A6678®. Устройство построено на базе двух-слотового мини-шасси MicroTCA® с «пассивной» кросс-панелью без коммутатора потоков.

Размеры и вес этого устройства аналогичны устройству TORNADO-RxmTCA® на рис.8. Однако, по сравнению с ним, данное устройство обладает мощной ЦОС, позволяющей ему осуществлять сложную обработку выходных ПЧ-потоков данных с AMC-модуля многоканального радиомониторинга TORNADO-ARX1® в реальном времени внутри AMC-модуля TORNADO-A6678® с использованием его суперпроизводительного 8-ми ядерного процессора ЦОС TMS320C6678 и ПЛИС Xilinx Virtex-7, включая функции многоканальной демодуляции и декодирования протоколов. В этом случае «децимированные» по времени выходные

низкоскоростные потоки данных с модуля ЦОС/ПЛИС **TORNADO-A6678®** могут передаваться либо по IP-сети через порт 1GbE RJ45 управляющего контроллера eMCH, либо через оптоволоконное соединение 10GbE через SFP+ порты на передних панелях модулей **TORNADO-ARX1®** и/или **TORNADO-A6678®**. В последнем случае максимальная длина оптоволоконного соединения составляет 300м, однако с помощью внешнего стандартного оптоволоконного ретранслятора, длину соединения можно без проблем увеличить до 10км.

Автономное устройство многоканального радиомониторинга на базе AMC-модуля TORNADO-ARX1®

Уникальной особенностью AMC-модуля **TORNADO-ARX1®** является его способность работать в автономном режиме без каких-либо других AMC-модулей и компонентов систем MicroTCA, включая шасси MicroTCA.

Для этого достаточно установить AMC-модуль **TORNADO-ARX1®** в специальный компактный автономный корпус, который реально содержит только источник питания +12V, и подключить AMC-модуль к локальной IP-сети через встроенный LAN-порт. В случае приема «необработанных» РЧ-данных реального времени необходимо будет также подключиться к 10GbE SFP+ порту на передней панели AMC-модуля, используя либо 10Gbps SFP+ модуль оптоволоконного трансивера на расстояние до 300м или 10Gbps SFP+ модуль «пассивного медного» трансивера на расстояние до 5м.

Как и в случае описанных ранее устройств, неограниченное число таких автономных суперкомпактных автономных устройств локального радиомониторинга может быть объединено в единую систему совместно с описанными выше более сложными устройствами.

Программное обеспечение

Во всех рассмотренных выше устройствах радиомониторинга на базе AMC-модуля **TORNADO-ARX1®** используется одно и то же ПО AMC-модуля, а потребитель может перестраивать систему, комбинируя нужное число AMC-модулей **TORNADO-ARX1®** с другими необходимыми AMC-модулями и инфраструктурными компонентами систем MicroTCA в зависимости от решаемой задачи.

Объединенные в единую распределенную систему многоканального радиомониторинга, все устройства управляются дистанционно через IP-сеть с одного ПК, используя единое ПО, состав которого определяется конкретно решаемой задачей.

ПО всех «концевых» устройств распределенной системы многоканального мониторинга загружается либо автоматически из встроенной памяти, либо «апдейтируется» или подгружается дистанционно с управляющего ПК.

Заключение

Таким образом, можно строить многоканальные системы радиоконтроля, радиомониторинга и радиоразведки как набор распределенных в пространстве устройств, выполняющих свою работу автономно и связанных высокоскоростными каналами связи на «дальние» расстояния. При этом, каждое устройство состоит из стандартного набора аппаратных модулей в стандартных промышленных конструктивах и использующих стандартные ПО-модули. В этом смысле мы и подразумеваем систему как единый комплекс, связи в котором стандартизированы, а число их неограниченно.

В заключении необходимо отдельно выделить несколько существенных достоинств модульных распределенных систем многоканального радиомониторинга на базе линейки аппаратуры **TORNADO-RxMTCA®**. Это - общее удалённое централизованное управление всей системой с одного ПК, децентрализованная параллельная обработка данных, работа и синхронизация всей системы в едином времени с высокой точностью, а также возможность длительной регистрации РЧ-сигналов с любого АМС-модуля **TORNADO-ARX1®** и, соответственно, возможность архивирования исходных радиосигналов с последующим пост-анализом записанных данных и разработки новых алгоритмов обработки.

Фирма «Радиосервис»

Старопетровский проезд, д. 7А, стр.25, г.Москва, 125130, Российская Федерация
тел. +7-(495)-627-5717
E-mail: info@radioservice.ru WEB: www.radioservice.ru

Фирма «МикроЛАБ Системс»

Дубнинская ул, д. 83, оф. 612, г.Москва, 127591, Российская Федерация
тел. +7-(499)-900-6208
E-mail: info@mlabsys.ru WEB: www.mlabsys.ru