

АСУ ТП на базе операционных систем QNX и WINDOWS NT для нефтегазовых предприятий

Сергей Золотарев, к.т.н., Андрей Фрейдман, компания «Науцилус»

Для достижения оптимальных характеристик создаваемой АСУ ТП необходимо применение различных программных пакетов, работающих под управлением операционных систем как реального времени, так и общего назначения.

Сравнительный анализ популярных программных продуктов ОС QNX и Windows NT, а также опыта создания и эксплуатации АСУ ТП на предприятиях нефтегазовой отрасли позволяет выработать конкретные рекомендации по рациональному использованию подобных типов операционных систем.

Операционная система QNX относится к классу ОС реального времени (ОС РВ). Именно поэтому следует прежде всего указать на ключевые отличия ОС РВ от операционных систем общего (универсального) назначения. Чтобы сравнения были более конкретными, они проводятся на примере Windows NT — той альтернативе, которая часто стоит при выборе базовой ОС для того или иного приложения в АСУ ТП предприятий нефтегазовой отрасли.

Свойства систем на базе ОС РВ

Операционные системы реального времени представляют собой специальный класс программного обеспечения нижнего уровня, на базе которого разрабатываются так называемые системы реального времени (СРВ). Несмотря на то, что СРВ реализуются в приложениях различного масштаба — от встроенного в часы электронного секретаря-ассистента до глобальной системы банковских транзакций, — их общей отличительной чертой является способность дать правильный ответ на любое разрешенное событие за время, не превосходящее некоторый, заранее определенный интервал («реальное время»). Стандарт POSIX 1003.1 определяет основное требование к ОС РВ как «способность операционной системы обеспечить требуемый уровень сервиса в заданный промежуток времени».

Часто термин «реальное время» используется некорректно — на практике он подразумевает лишь возможность системы работать в режиме on-line или характеристику интерактивной системы с более коротким временем отклика, чем обычно. При этом реально взаимодействующая с пользователем система может допускать задержки в сотни миллисекунд без ущерба для пользователя.

Операционные системы реального времени имеют характерные особенности, основными из которых являются следующие.

Многозадачность. ОС РВ обеспечивает вытесняющую многозадачность, что означает параллельное выполнение нескольких нитей различных вычислительных процессов. При этом процессор способен полностью переключаться с одной нити на другую и обратно.

Уровни приоритета. ОС РВ имеет большое количество уровней приоритетов нитей, которые чаще всего определяют, какая из всех имеющихся нитей должна в данный момент выполняться.

Механизмы синхронизации. Между различными нитями необходимо передавать данные и управляющие сигналы. Поэтому в ОС РВ предусмотрена поддержка механизмов синхронизации нитей.

Наследование приоритета. Для порождаемых нитями процессов обеспечивается наследование приоритета.

Предсказуемость. Поведение операционной системы известно для любой возможной ситуации, ее конструкция максимально избавлена от механизмов, способных внести

неопределенность в работу СРВ. В качестве примера можно назвать механизм свопинга — имитации оперативной памяти на жестком диске, которая может вызвать неприемлемую по длительности задержку в обслуживании. Механизм свопинга часто используется в ОС общего назначения и никогда в ОС РВ.

Наличие в качестве основы информационной системы ОС РВ не гарантирует создание СРВ. Это лишь необходимое, но вовсе не достаточное условие. Помимо наличия ОС РВ для создания СРВ необходимо правильно спроектировать систему в целом, учитывая такие параметры, как производительность аппаратных средств, возможные объемы информационных потоков, мощность каналов связи, возможное число одновременно обрабатываемых задач, распределение и изменение их приоритетов и т.п.

Процесс разработки системы реального времени всегда завершается ответственным этапом кодирования и отладки. Однако даже после успешного завершения этих этапов никто не может дать гарантии на функциональную безошибочность работы СРВ. Лишь после проведения длительных испытаний разработчик в некоторых случаях (системы противоаварийной защиты, обработка огнеопасных или взрывоопасных материалов и т.п.) берет на себя частичную ответственность за созданную СРВ.

Устойчивость систем на базе ОС РВ QNX

Существенным фактором, обеспечивающим высокую устойчивость систем на базе QNX, является концепция микроядра. Для создания максимально предсказуемой конструкции разработчики QNX предельно облегчили ядро системы. Микроядро размером около десятка килобайт позволяет разместить его копию вместе с драйверами прерываний в кэш-памяти процессора и тем самым обеспечить непревзойденную производительность приложений с большим числом задач.

Микроядро QNX реализует 4 функции:

- межпроцессную связь;
- нижний уровень сетевого протокола;
- планирование процессов;
- диспетчеризацию прерываний.

Диспетчеризация осуществляется на базе приоритетного переключения контекстов с циклическим (round-robin — кольцевой список), FIFO (первым пришел — первым обработан) и адаптивным планированием.

Малый размер тщательно отлаженного кода микроядра дает преимущество высокой устойчивости: даже если какой-либо аппаратный драйвер имеет программную ошибку, его сбой не приведет к краху системы — микроядро способно выгрузить ошибочный код, работающий в защищенном режиме. Более того, дефектный драйвер можно заменить не перезагружая ядро. Благодаря этому становится возможна модернизация работающего приложения. За счет гибкости и устойчивости компьютерные системы под управлением QNX работают без перезагрузки в течение нескольких лет!

Микроядро окружено группой взаимодействующих процессов, предоставляющих услуги операционной системы высокого уровня. К ним относятся менеджеры файловых систем, менеджер графической оболочки, сетевой менеджер, модули стеков различных протоколов и т.д. (**см. рис.1**). Все они работают в защищенном режиме. Взаимодействие между процессами осуществляется посредством сообщений.

Построение системы для конкретного приложения базируется на модульном принципе — отбираются только те функции, которые требуются в каждом конкретном случае.

Рис. 1. Архитектура ОС PB QNX



Встроенная файловая система устойчива даже при отключении питания, поэтому QNX никогда не допускает нарушения целостности данных.

Графическая подсистема, как и система в целом, строится на модульном принципе, обеспечивая отображение графических данных на простых монохромных панелях и работу многооконного интерфейса для полноцветных мониторов высокого разрешения. Имеется развитая собственная разработка графических функций QNX Photon microGUI с удобным средством разработки многооконных приложений Photon Application Builder (см. фото. 1), а также импортированная в QNX графическая библиотека X Windows.

Прозрачная сетевая структура позволяет одному узлу сети QNX пользоваться всеми ресурсами любого другого узла сети QNX. QNX поддерживает работу кластеров симметричной мультипроцессорной архитектуры. Все перечисленное обеспечивает чрезвычайную масштабируемость ОС PB QNX, покрывая потребности самого широкого спектра возможных целевых компьютерных архитектур.

Фото. 1. Графическая оболочка Photon Application Builder



Важным условием успеха операционной системы является наличие в ней развитой среды разработки. С этой точки зрения ОС QNX представляет собой одну из самых развитых ОС реального времени. Возможна разработка целевого ПО на хост-системе под управлением QNX, а также перекрестная схема разработки (cross-development), когда хост-система функционирует на отдельной рабочей станции платформы Windows или Sun.

Поскольку QNX оснащен интерфейсом POSIX, разработчик может использовать большое число стандартных инструментальных средств, включая бесплатные GNU GDB и GCC, используемые для разработки в ОС общего назначения — таких, например, как Linux. Более того, многие приложения Linux легко портируются в QNX.

Системы на базе QNX внедряются преимущественно там, где требуется «жесткое реальное время», однако подобное требование не всегда приоритетно. В этом случае целесообразным становится использование ОС Windows NT.

Интерфейсы на базе Windows NT

Основное достоинство систем на базе ОС Windows NT/2000 состоит в богатом выборе программных и аппаратных интерфейсов, которые может использовать разработчик системы. С одной стороны, это означает возможность легкой интеграции разрабатываемой системы с большим количеством уже готовых коммерческих программ для данной предметной области, работающих под управлением ОС Windows NT. С другой стороны,

для подавляющего большинства аппаратных средств, которые предполагает использовать разработчик (интеллектуальный датчик, промышленный контроллер и т.п.), вендором этих аппаратных средств осуществляется адекватная драйверная поддержка для Windows NT.

Кроме того, ресурсы крупнейшего разработчика ПО в мире — компании Microsoft — обеспечивают поддержку последних разработок в области компьютерных и коммуникационных технологий и даже устанавливают стандарты в этой области.

Положительным фактором является и то, что интерфейсы Microsoft Windows знакомы большинству специалистов-разработчиков прикладных систем.

Следует отметить, что хотя Windows NT/2000 не является ОС РВ, она, как многозадачная ОС, обладает некоторыми качествами, которые позволяют при известных условиях создать так называемую систему «мягкого реального времени». В подобных системах задержка в обработке информации не приводит к катастрофическим последствиям, а лишь снижает производительность и/или качество обслуживания.

Для приложений, требующих создания системы «жесткого реального времени», независимыми разработчиками предлагаются решения, модернизирующие Windows NT/2000, превращая ее в ОС РВ. Таковыми являются расширения реального времени INtime (фирмы TenAsys Corporation), RTOS-32 (On Time Informatik) и RTX (VenturCom). Однако их использование экономически оправдывается лишь в редких случаях — когда нельзя использовать обычную связку ОС РВ QNX-MS Windows NT, в которой передача данных происходит по сети Интранет по протоколу TCP/IP.

К системам «мягкого реального времени» относятся так называемые SCADA (системы сбора данных и диспетчерского управления), широко применяемые на предприятиях нефтегазовой отрасли. Поэтому автоматизация процессов с помощью систем SCADA является характерным применением ОС Windows NT, рассматриваемым ниже.

Чтобы понять, в каких случаях предпочтительнее использовать ту или иную операционную систему, рассмотрим типы компьютерных систем управления, используемые в АСУ ТП.

Условно их можно разделить на следующие классы:

- системы локального управления — программируемые логические контроллеры (ПЛК);
- человекомашинные интерфейсы (HMI);
- распределенные системы управления (DCS);
- системы сбора данных и диспетчерского управления (SCADA).

Приведенная градация условна. Многие системы совмещают функции, например, ПЛК и DCS, ПЛК и HMI. А системы SCADA практически всегда работают вместе с системами ПЛК.

Системы локального управления (ПЛК)

Системы локального управления — программируемые логические контроллеры (ПЛК) — представляют собой компьютерные системы повышенной надежности с минимальным интерфейсом для взаимодействия с оператором (обычно используется только диагностическая индикация). Основными функциями ПЛК являются ввод и вывод данных (аналоговых, цифровых, счет импульсов, сигналов пуска/остановы механизмов и устройств).

Помимо этого развитые ПЛК способны выполнять некоторые вспомогательные функции. Такие, например, как накопление данных в виде архива с отметками времени, связь с другими контроллерами и ПО верхнего уровня и т.д.

Фото 2. Компьютер в промышленном исполнении ЕС-1010



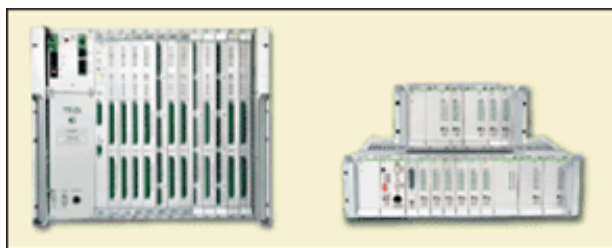
Накопленные в контроллере данные пересылаются в ПО верхнего уровня для анализа, архивации и визуализации.

ПЛК спроектированы как системы «жесткого реального времени», но часто тип используемой ОС РВ не раскрывается, поскольку эксплуатируется не коммерческая ОС РВ, а собственная разработка.

В последнее время широкое применение находят так называемые «открытые» контроллеры, представляющие собой PC-совместимые компьютерные системы в промышленном исполнении под управлением одной из известных коммерческих ОС РВ. Очень многие из них используют ОС QNX. Например, компьютеры ЕС-1010/1020 (**см. фото 2**) фирмы ICP Electronics позволяют создать «открытый контроллер», который легко дополнить функциями НМІ.

В России фирмой TREI GmbH (г. Пенза) производятся контроллеры серии TREI-5B (**см. фото 3**), работающие под управлением ОС РВ QNX. Эти универсальные «модульные» взрывобезопасные контроллеры широко применяются в нефтяной и газовой отраслях промышленности. В частности, их применяют на НПЗ (г. Павлодар, Казахстан, г. Рязань, г. Кириши, г. Туапсе), на узлах учета нефти («Приднепровские магистральные нефтепроводы» г. Кременчуг, Украина, «ТрансСибнефть», г. Омск и др.), в установках переработки, учета и хранения газового конденсата («Киришинефтеоргсинтез», Оренбургский ГПЗ, Сургутский завод стабилизации конденсата, Северо-Ставропольское подземное хранилище газов).

Фото 3. Контроллеры TREI-5B



Многие «открытые» контроллеры (в том числе TREI-5B, МФК) могут поставляться с инструментальной системой ISaGRAF фирмы AlterSys, которая относится к классу систем типа CASE (Computer Aided Software Engineering). Она обеспечивает полную поддержку всех языков стандарта IEC 61131-3 (Последовательных функциональных схем, Релейных диаграмм, Функциональных блоковых диаграмм, Список инструкций, Структурированный текст) и позволяет разрабатывать программное обеспечение для интеллектуальных PLC.

ISaGRAF включает в себя:

- систему разработки (ISaGRAF Workbench);
- систему исполнения (ISaGRAF Target).

ISaGRAF Workbench предназначен для разработки прикладных задач, исполняемых под управлением ядра ISaGRAF на системах исполнения, и устанавливается на IBM PC

совместимом компьютере под управлением MS Windows . Система разработки компилирует проект в системо-независимый код (Target Independent Code (TIC)). TIC код загружается в целевую машину для исполнения. Система исполнения либо загружается, либо прожигается в ПЗУ целевой машины. Она включает в себя ядро ISaGRAF и набор модулей связи. Стандартно поставляются системы исполнения для MS-DOS и Windows NT. Одной из наиболее популярных систем исполнения ISaGRAF являются реализации для ОС QNX и Linux.

Человекомашинные интерфейсы (HMI)

Человекомашинные интерфейсы обычно используются не как автономные системы, а в составе технологического оборудования, обеспечивая взаимодействие с ним рабочего или оператора. Таким образом, почти всегда главным объектом, с которым взаимодействует HMI, является система локального управления — ПЛК. Главная функция системы HMI — отображение текущего состояния оборудования (диагностика, настройка) и обеспечение ручного управления посредством ввода ключевых параметров. Развитый графический пользовательский интерфейс (использование цвета, анимации и т.п.) — основное достоинство HMI, непосредственно влияющее на производительность и восприимчивость оператора.

Человекомашинный интерфейс не должен быть обязательно системой «жесткого реального времени». Однако в некоторых случаях, когда система HMI выполняется в виде единой системы с ПЛК, она также функционирует как система реального времени. В качестве примера можно назвать систему управления газоперекачивающим агрегатом ЭГПА-235 с приводным двигателем СТД-12500, созданную тоже на базе контроллера TREI-5B.

Распределенные системы управления (DCS)

Распределенные системы управления — это система взаимодействующих между собой ПЛК. Алгоритм управления одного ПЛК из состава DCS может использовать данные других ПЛК. В совокупности система DCS представляет собой систему «жесткого реального времени». Связь между контроллерами должна тоже быть детерминированной, поэтому широко распространенная сеть Интернет для систем DCS неприменима. Создание заказной DCS осуществимо на базе системы открытых контроллеров с использованием ОС PV QNX и «родного» для QNX сетевого протокола FLEET. Задача визуализации в системе DCS не первоочередная и может быть внешней по отношению к ней.

Системы сбора данных и диспетчерского управления

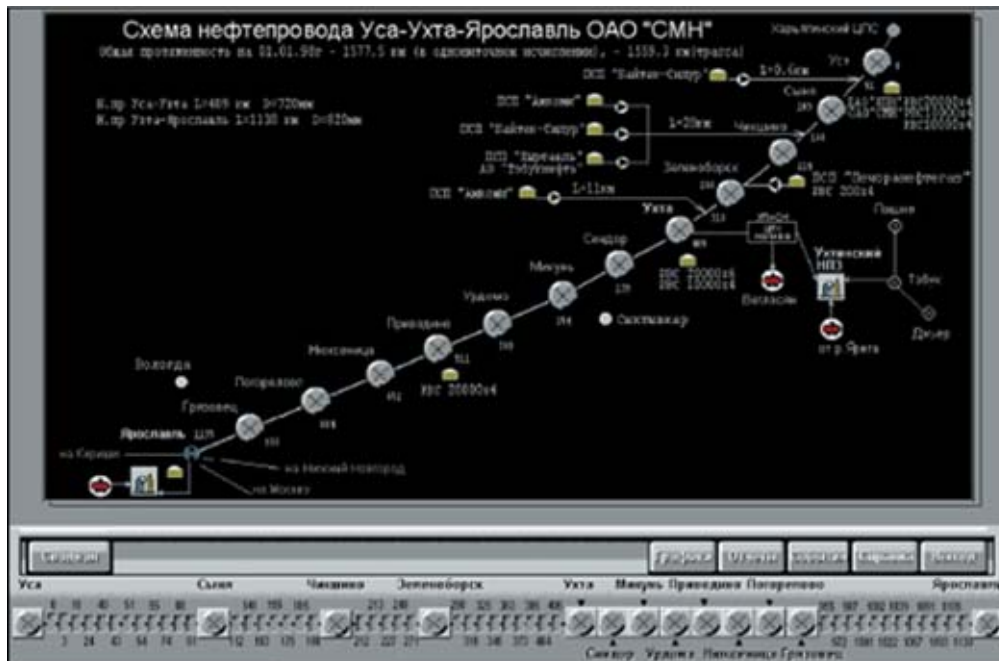
Системы сбора данных и диспетчерского управления (Supervisory Control And Data Acquisition — SCADA) — широко распространенный класс систем, используемых в промышленности. Подобные системы применяются на уровне отдельных участков, цехов и завода в целом.

Основными функциями SCADA-системы являются:

- прием данных от ПЛК;
- архивация данных с требуемым временным разрешением;
- визуализация данных в виде мнемосхем состояния объекта;
- онлайн-анализ поступающих данных в виде трендов, графиков и диаграмм; их сравнение с данными предыстории (из архива);
- генерация тревог, представляющих собой сообщения о событиях, которые требуют немедленной реакции операторов, обслуживающего персонала или руководства;
- архивация тревог для последующего анализа аварийных ситуаций;
- формирование текущих производственных заданий и передача диспетчерского управления в ПЛК;

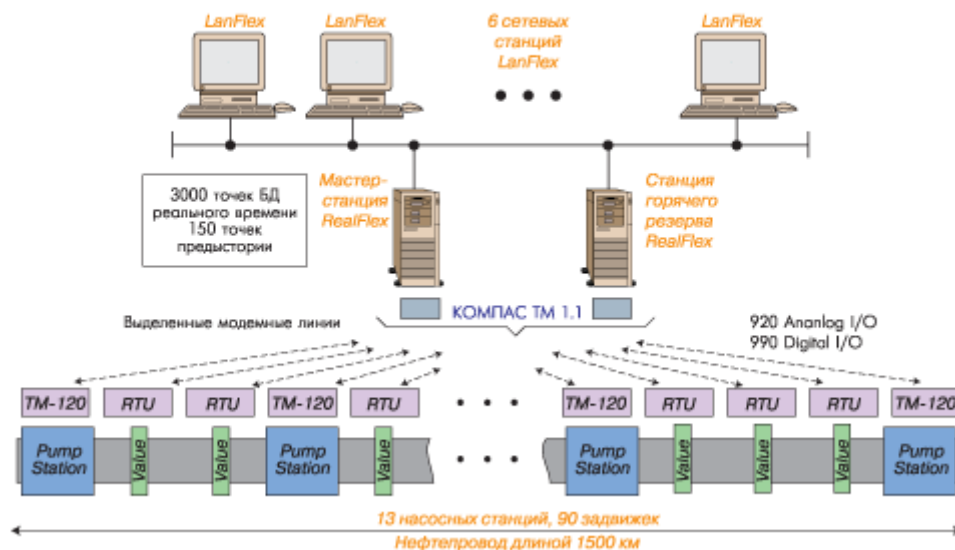
- генерация отчетов о работе оборудования, операционных бригад и др.;
- управление по расписанию;
- решение профилактических и диагностических задач.

Фото 4. Мнемосхема SCADA-системы RealFlex



Важной задачей SCADA в последнее время становится связь с общезаводской базой данных, через которую осуществляется информационно-финансовое управление (менеджмент) предприятия в целом. Таким образом, SCADA-системы должны одновременно выполнять много функций. SCADA-системы, построенные на базе ОС общего назначения, обычно неплохо справляются с этими задачами при относительно небольшом количестве контролируемых параметров в базе данных. Однако если их число превышает несколько десятков тысяч, «накладные временные расходы» ОС общего назначения становятся недопустимо большими и поступающие данные не успевают обрабатываться. Особенно заметно это становится в нештатных ситуациях, когда возникает большое количество тревог, в том числе «наведенных» за счет неверного сравнения параметров.

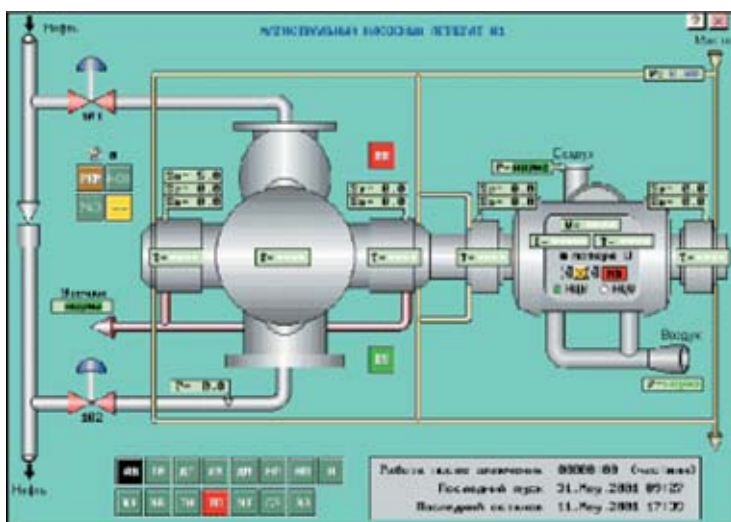
Рис. 2. Конфигурация АСУ ТП нефтепровода Уса-Ухта-Ярославль на базе SCADA пакета RealFlex



Благодаря

наличию в QNX сетевой системы реального времени часть обработки данных в реальном времени может осуществляться не только в контроллере, который обычно не обладает высокой производительностью, а и в системе верхнего уровня. Преимущество такого решения в том, что оно может совмещать в себе функциональность систем SCADA и DCS. Первой инструментальной системой для построения SCADA на базе ОС PV QNX был пакет RealFlex, первоначально разработанный для систем удаленного контроля за работой нефтедобывающих морских платформ. Затем появились Sitex, PCP Virgo и другие. С помощью пакета RealFlex создано большое количество приложений SCADA в нефтегазовых отраслях российской промышленности (см. фото 4, рис. 2).

Фото 5. Пример мнемосхемы в диспетчерской станции «Новоселово»



В качестве примеров можно назвать АСУ ТП производства бензола на предприятии «Салаватнефтеоргсинтез», диспетчерскую систему газоперекачивающей станции (разработчик «ВНИИИЭФ-ВолгоГаз», г. Саров), АСУ ТП Оренбургского ГПЗ и Оренбургского гелиевого завода, АСУ ТП магистрального нефтепровода Уса-Ухта-Ярославль и др.

После появления Windows NT и существенного снижения стоимости

высокопроизводительных персональных компьютеров более привлекательным для большинства разработчиков SCADA-систем стало богатство графики и универсальность интерфейсов платформы Windows.

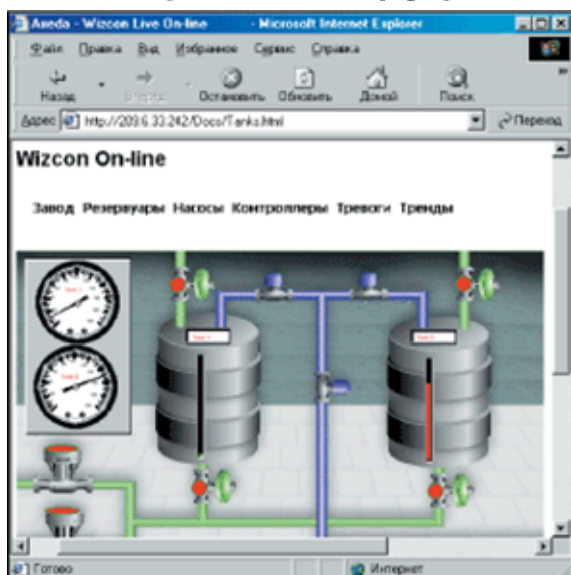
Поэтому с 2001 года развитие пакета RealFlex идет по пути интеграции с Windows, а разработчики пакета Sitex улучшают средства взаимодействия с оператором в среде QNX. Его развитая клиент-серверная архитектура позволила выделить серверную часть OPUS и дополнительно создать новую клиентскую часть Phocus на базе графической оболочки QNX Photon microGUI, практически не уступающей Windows в области графических возможностей. Пакет OPUS/Phocus/Sitex (см. фото 5) благодаря надежности и функциональности сразу нашел применение на отечественных предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Примерами использования Phocus/Sitex/OPUS служат АСУ ТП нефтеперекачивающих станций «Новоселово» (Орловская область) и «Унеча» (Брянская область), разработанные НПП «Спецэлектромеханика» (г. Брянск).

Выбор базовой ОС для SCADA-системы, да и самой SCADA часто зависит от размера объекта, количества сигналов данных, интенсивности их поступления, необходимости их сложной алгоритмической обработки.

Подчас одной системе не хватает производительности, чтобы решать все задачи, которые требуются приложению. В этом случае используют несколько компьютеров, каждый из которых берет на себя часть задач, а совместное функционирование обеспечивается связью по сети Интранет. Возникает вполне резонная идея на одной из систем под управлением ОС РВ QNX выполнять задачи, которые требуют большей производительности в обработке поступающих сигналов, а сложные задачи по визуализации данных выполнять на другой системе под управлением Windows NT/2000. Коммуникационная задача с использованием протокола TCP/IP уже давно решена с использованием стандартных драйверов в обеих ОС.

Фото 6. Мимосхема Wizcon, отображаемая в WEB-браузере



Такое решение было осуществлено на Ачинском НПЗ, где в качестве «низового» SCADA-пакета используется Phocus/OPUS под управлением QNX, а в качестве «верхнего» SCADA-пакета — Wizcon for Windows and Internet под управлением Windows NT. Чтобы понять преимущества такого решения, следует упомянуть о ключевой особенности пакета Wizcon.

Его архитектура с высокопроизводительной векторной графикой осуществляет быструю автоматическую конвертацию мнемосхем, трендов и отчетов в компактные и производительные Java-апплеты, которые могут быстро пересылаться через Интернет/Интранет. Благодаря этому те данные, которые необходимы многочисленным потребителям информации общезаводской SCADA-системы (менеджеры, бригады обслуживания, службы снабжения, сбыта и др.), могут быть легко получены через обычный Web-браузер (см. фото 6).

Wizcon эффективно взаимодействует с общезаводской базой данных, через которую осуществляется информационно-финансовое управление предприятием и может распределять эту информацию по сети Интернет/Интранет среди авторизованных пользователей с высоким уровнем защиты данных.

Системы на базе Wizcon for Windows and Internet предоставляют возможность существенно повысить информативность и оперативность данных, получаемых всеми участниками производственного процесса на предприятиях нефтегазовой отрасли.

Таким образом, подводя итог сказанному, можно отметить, что для оптимального решения задач, стоящих перед разработчиком приложений АСУ ТП в нефтегазовой отрасли, требуется сочетание различных программных пакетов, которые работают и под управлением ОС РВ и под управлением ОС общего назначения. Интеграция таких систем легко осуществима на базе стандартных протоколов TCP/IP, ставших фактическим стандартом сетей общезаводского назначения. Опыт интеграции систем QNX и Windows NT показывает высокую эффективность полученных решений.