

Ю.М. Лисецкий

Катастрофо-устойчивые решения.**Пример построения территориально распределенной кластерной системы**

Представлено построение катастрофо-устойчивой кластерной системы для системы автоматизации банка. Сформулирован набор требований к территориально распределенным кластерным системам соответствующей инфраструктуры. Приведена последовательность задач, решаемых в ходе их интеграции. Описан опыт реализации проекта для «Государственного экспортно-импортного банка Украины».

The construction of the catastrophe-steady cluster system is presented for the Bank's automation system. A set of requirements is formulated to the territorial distributed cluster systems and the corresponding infrastructure. A sequence of tasks being decided during their integration is presented. The experience of realization of the project for the «State export-import bank of Ukraine» is presented.

Представлено побудову катастрофо-стійкої кластерної системи для системи автоматизації банку. Сформульовано набір вимог до територіально розподілених кластерних систем відповідної інфраструктури. Наведено послідовність завдань, що вирішуються в ході їх інтеграції. Описано досвід реалізації проекту для «Державного експортно-імпортного банку України».

Введение. Развитие рынка серверов в значительной мере отражает тенденции изменения экономики в целом, что подтверждается активным количественным ростом этого сегмента в последнее время. Очевидны также и качественные изменения, которые можно обозначить как повышение пользовательского интереса к решениям класса *enterprise*, т.е. системам, приобретаемым для поддержки основных бизнес-задач и обеспечения автоматизации бизнес-процессов предприятия. Именно поэтому основным двигателем серверного рынка были корпоративные проекты для крупных и средних банков, операторов связи, провайдеров кабельного ТВ и сетей *metro-Ethernet*, розничных сетей оптовых компаний пищевой промышленности, предприятий горно-металлургического комплекса и машиностроения.

В современных условиях постоянно меняющейся бизнес-среды надежность относится к числу основных факторов, определяющих требования к организации ИТ-инфраструктуры [1]. Все чаще организации инвестируют средства в территориально и географически распределенные системы, архитектура которых предполагает отсутствие единой точки отказа, к каковым относятся и кластерные системы.

Создание катастрофо-устойчивой кластерной системы, соответствующей требованиям крупной организации к производительности и надежности, – сложнейшая задача, нуждающаяся в

глубокой экспертизе проектирования и эксплуатации сложных систем [2, 3].

Рассмотрим решение такой задачи на примере построения катастрофо-устойчивой кластерной системы для финансового учреждения.

Состояние проблемы

В 2000 году компания «ЭС ЭНД ТИ УКРАИНА» победила в тендере Всемирного банка на создание в «Государственном экспортно-импортном банке Украины» кластерной системы для Системы Автоматизации Банка (САБ). Сеть банка состоит из Центрального офиса (Головного банка), 30 региональных дирекций и более чем 90 отделений, расположенных на всей территории Украины. Банк имеет также корреспондентские отношения более чем с 850 банками-корреспондентами в разных странах мира.

Результатом реализации проекта стала разработанная и внедренная, территориально распределенная кластерная система, объединившая узлы, расположенные в зданиях банка на расстоянии 9 км один от другого.

Проект построения кластерной системы в рамках собственной инфраструктуры объединяет два взаимосвязанных, территориально разнесенных Вычислительных Центра (ВЦ). Территориальное разнесение ВЦ, представляющих собой основную архитектурную компоненту корпоративной информационной системы (ИС), обеспечивает непрерывность функционирования ключевых сервисов и служб.

Проект реализует технологию объединения распределенных серверных (вычислительных) ресурсов и ресурсов хранения данных с целью создания единой системы для САБ, обеспечивающей отказоустойчивое централизованное хранение и обработку информации при реализации запросов пользователей корпоративной ИС.

В течение нескольких лет происходило последовательное расширение этой системы. В 2007 году кластерная система достигла пика производительности, в связи с чем возникла необходимость ее модернизации с учетом новых задач, определяемых долгосрочной стратегией развития банка. Разработка проекта новой кластерной системы была возложена на компанию «ЭС ЭНД ТИ УКРАИНА», уже имевшую опыт проектирования и ввода в эксплуатацию как предыдущей системы, так и подобных систем для предприятий финансового, телекоммуникационного и промышленного секторов экономики.

Постановка задачи

Необходимо создать отказоустойчивую централизованную систему для обеспечения устойчивого функционирования САБ и обеспечить миграцию на новую платформу без остановки технологического процесса. Также необходимо сохранить в полном объеме функционирование существующего прикладного ПО и связанных с ним технологических процессов. Инфраструктура кластерной системы САБ должна соответствовать требованиям, предъявляемыми к ее функционированию по степени надежности и производительности. Создаваемая кластерная система САБ должна интегрироваться в инфраструктуру центрального ВЦ, имеющего распределенную архитектуру и состоящего из двух ВЦ, территориально разнесенных в пределах города. Собственная инфраструктура кластерного решения САБ должна обеспечивать работу централизованных сервисов: обработки информации; хранения информации; кластеризации; передачи данных; резервного копирования и восстановления информации САБ. Решение САБ должно функционировать в режимах интерактивной и пакетной обработки информации; обслуживать запросы пользовате-

лей центрального ВЦ корпоративной ИС. Проект должен сформировать инфраструктуру кластерной системы САБ по принципу необходимой достаточности. В рамках данного проекта под инфраструктурой кластерной системы САБ подразумевается комплекс интегрированных программно-аппаратных средств, обеспечивающий: операционную платформу, хранение данных, взаимодействие компонент при восстановлении и распределении нагрузки, резервное копирование и восстановление.

Опыт реализации проекта

Перед началом реализации проекта компания-интегратор разработала техническую документацию «Кластерные решения для систем автоматизации банков. Технические требования», на которую было получено авторское Свидетельство. В документе сформулированы технические требования к кластерным системам и методика их построения [4], на основе которых проведен статистический анализ работы системы за 2009 год, проанализирована интенсивность загрузки устройств ввода-вывода, систем хранения данных, динамика роста количества операций в секунду. Основываясь на результатах исследования, заказчику была предложена архитектура кластерной системы и конфигурация ее компонентов: серверов, систем хранения, сетевых коммутаторов и других устройств, вошедших в его состав. Логическая схема кластерной системы представлена на рисунке.

Предыдущая кластерная система была построена на основе оборудования *Sun Microsystems* и успешно функционировала, обеспечивая бесперебойную работу САБ в течение пяти лет. В связи с этим при выборе компании-производителя оборудования для новой кластерной системы преимущество было отдано *Sun Microsystems*. Кроме того, решение сохранить программно-аппаратную платформу кластерной системы существенно упрощало задачу миграции. Благодаря совместимости системного и прикладного программного обеспечения на платформе *SPARC*, возможные технические риски в процессе переноса системы на новый аппаратный комплекс были практически исключены. Архитектура новой кластерной системы со-

здавалась с учетом подходов, успешно апробированных в предыдущем решении, но она содержит ряд новых компонентов, повышающих его производительность и надежность. В предыдущей конфигурации кластер состоял из двух серверов, разнесенных на 9 км и соединенных оптическим каналом связи. В результате модернизации существующая схема организации системы была сохранена, а действующие серверы заменены современными *Sun Fire v490*, оснащенными четырьмя процессорами *UltraSPARC IV+* с частотой 1,8 ГГц и 32 МБ кэш-памяти. Кроме того, построен дополнительный независимый оптический канал связи, с помощью которого обеспечена полная отказоустойчивость вычислительной сети и сети передачи данных, связывающей две территориально распределенные площадки банка. Кластеризация в новом решении выполнена при помощи средств операционной системы *Solaris 10*. Возможности кластеризации на уровне СУБД обеспечивает *Oracle 9 Real Application Cluster*. В систему также был добавлен третий сервер идентичной конфигурации. В настоящее время он работает в режиме *stand-by* и используется для обеспечения защиты данных САБ, посредством технологий *Oracle Data Guard*. К тому моменту, когда нагрузка на основные узлы кластера достигнет максимума, третий сервер будет включен в состав *Real Application Cluster* и примет на себя часть нагрузки с первых двух узлов. В ходе модернизации внедрена новая система хранения данных, состоящая из двух дисковых массивов, ленточной библиотеки, объединенных сетью хранения данных (*SAN*) с дублированными компонентами и каналами связи. Система хранения построена на базе продуктов компании *Storage Tek*, вошедшей в 2006 году в состав *Sun Microsystems*. На основе анализа предполагаемого роста объема хранимых данных было принято решение использовать дисковые массивы *StorageTek 6140*, содержащие по 16 дисков емкостью 146 ГБ каждый. Для географического резервирования на каждой площадке установлен один массив, подключенный к двум контроллерам, оснащенным 2 ГБ памяти и четырьмя процессорами *Ultra-*

SPARC 1,8 ГГц, работающими в режиме резервирования «1+1». Такая схема подключения характеризуется отсутствием единой точки отказа и обеспечивает полную отказоустойчивость. Долгосрочное хранение данных обеспечивает ленточная библиотека *Sun StorEdge L500 (LTO)*, установленная на одной из площадок. Она использует четыре устройства *LTO* в режиме резервирования. Максимальная емкость библиотеки составляет 79 ТБ. Резервное копирование производится средствами *SAN* без привлечения ресурсов серверов кластера. Данные дисковых массивов передаются по оптическим каналам через коммутатор *SAN* непосредственно в библиотеку. Таким образом, достигается экономия ресурсов основной вычислительной сети. Резервное копирование проводится в ночное время, когда нагрузка на базу данных минимальна. Система позволяет осуществлять резервное копирование также в режиме реального времени.

В целом примененная методика при построении кластерной системы обеспечила успешную интеграцию технологий от четырех производителей: серверов и дисковых массивов (*Sun Microsystems*), сети передачи данных (*Brocade*), вычислительной сети (*Cisco*), высокодоступных систем обработки и защиты информации (*Oracle RAC, Oracle Data Guard*).

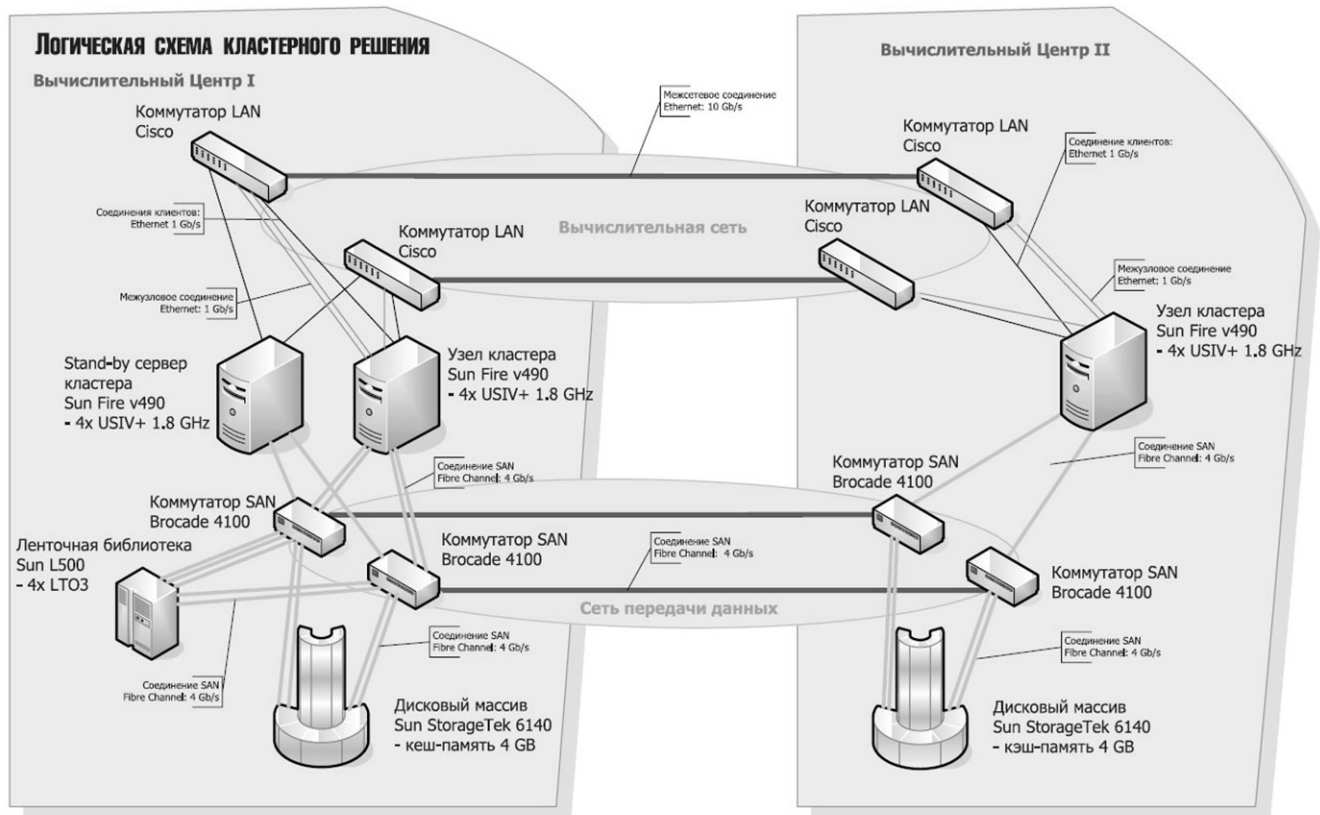
Результаты реализации проекта

Построена территориально распределенная кластерная система. Благодаря резервированию каналов связи значительно повышена надежность кластерной системы, а также качество обслуживания клиентов путем значительного сокращения времени реакции системы и продолжительности обязательных технологических процессов.

Построенная кластерная система позволяет дальнейшее наращивание мощности эволюционным путем.

Основные количественные параметры проекта:

- корпоративных пользователей – более 700
- общий объем хранения транзакционных данных – 1 ТБ
- транзакций в час – 352 000



Логическая схема кластерной системы для САБ «Государственного экспортно-импортного банка Украины»

- серверов – 3, в том числе, двухузловой кластер *Oracle RAC*
- агрегированная скорость сети передачи данных – 4 Гбит/с.

Архитектура данной территориально распределенной кластерной системы характеризуется отсутствием единой точки отказа на каждой площадке. Благодаря географическому резервированию система катастрофо-устойчива, что подразумевает полное сохранение работоспособности в случае выхода из строя всего оборудования на одной из площадок. При сбое в системе происходит автоматическое восстановление.

Одним из главных итогов внедрения стал рост производительности САБ, позволивший существенно повысить скорость выполнения транзакций. Это сократило время реакции системы на клиентские запросы. Также ускорились многие технологические процессы, такие как обработка платежей и «закрытие» операционного дня. Устранение задержек, связанных с перегрузкой системы во время составления квартальных отчетов, позволило банку отказаться

от работы в две смены в этот период. Внедренное решение обеспечит вычислительные потребности банка на ближайшие пять лет. Дальнейшее его масштабирование будет осуществляться добавлением новых узлов в кластерную систему и расширением дисковых массивов. Архитектура кластерной системы позволяет поэтапно расширять ее функциональность и производительность, что предоставляет заказчику возможность оптимально распределять затраты на развитие ИТ-инфраструктуры в соответствии с ростом потребностей бизнеса.

Заключение. В результате решения комплекса задач, возникающих при реализации проекта такой сложности [5], за семь месяцев была построена территориально распределенная кластерная система для САБ в «Государственном экспортно-импортном банке Украины»

На протяжении января–июля 2007 года «ЭС ЭНД ТИ УКРАИНА» поставила оборудование и оформила необходимые лицензии, построила новую скоростную оптическую магистраль в Киеве, соединяющую площадки банка, на кото-

рых установлена кластерная система, произвела все необходимые инфраструктурные инсталляции, включая соответствующее ПО и сервисы резервирования. Одним из основных критериев успешности проекта стала безостановочная миграция САБ банка на новую инфраструктурную платформу с одновременным полным выполнением требований к катастрофо-устойчивости – наличие резервирования каналов связи между площадками банка.

В ходе реализации проекта накоплен уникальный опыт по формированию и обоснованию набора требований, соответствующей им функциональной структуры кластерных систем, последовательности и состава выполняемых работ. Технологии и подходы к решению задачи построения инфраструктуры кластерной системы для САБ, используемые в данном проекте, универсализированы и формализованы в технической документации – «Кластерные решения для систем автоматизации банков. Технические требования», на которую получено Свидетельство о регистрации авторского права Го-

сударственного департамента интеллектуальной собственности Министерства образования и науки Украины, что дает возможность применять их при построении подобных систем для других банковских организаций и учреждений.

1. Гриценко В.И., Урсатьев А.А. Распределенные информационные системы широкого применения. Концепция. Опыт разработки и внедрения. – К.: Наук. думка, 2005. – 317 с.
2. Уайдл Д. Оптимальное проектирование. – М.: Мир, 1981. – 94 с.
3. Лисецкий Ю.М. Сложные системы // Программные продукты и системы. – 2005. – № 3. – С. 2–5.
4. Щонхор А.Е. Кластерне рішення для систем автоматизації банків. Технічні вимоги. Свід-во про реєстр. авт. права на твір № 18583 від 10.11.2006. МОН України. Держ. департ. інтел. власн.
5. Лисецкий Ю.М. Опыт построения корпоративной интегрированной информационной системы // Программные продукты и системы. – 2007. – № 2. – С. 26–29.

Поступила 12.10.2009
Тел. для справок: +38(044)-238-63-88 (Киев)
E-mail: Iurii.Lysetskyi@snt.ua
© Ю.М. Лисецкий, 2010



Окончание статьи Ю.Л. Шередеко и др.

25. Альтиуллер Г.С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. – Новосибирск: Наука, 1991. – 224 с.
26. Титов В.Н. Выбор целей в поисковой деятельности (методы анализа проблем и поиска решений в технике). – М.: Речной транспорт, 1991. – 125 с.
27. Джонс Дж. Методы проектирования. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
28. Bellman R.E., Zadeh L.A. Decision-Making in Fuzzy Environment // Management Science – 1970. – 17, N 4. – P. 141–164.

29. Одрин В.М., Шередеко Ю.Л. Морфологические методы решения проблемных задач как раздел технологии научного и технического творчества. IV. Получение структурированного набора классификационных признаков // УСиМ. – 1999. – № 1. – С. 65–78.

Поступила 22.12.2009
Тел. для справок: (044) 526-1154, 502-6302 (Киев)
© Ю.Л. Шередеко, В.И. Скурихин, З.А. Корчинская, 2010



Внимание !

**Оформление подписки для желающих
опубликовать статьи в нашем журнале обязательно.**

В розничную продажу журнал не поступает.

Подписной индекс 71008