



**МОСКОВСКАЯ
БИРЖА**

НА ОДНОМ ЯЗЫКЕ С ИННОВАЦИЯМИ: ПРОГРАММА ДИСКРЕТНОГО АУКЦИОНА МОЕХ

В рамках кейса участникам предстоит найти наиболее оптимальное решение для модели дискретного аукциона. Можно использовать любой язык программирования, программа должна работать на Windows 7 64bit, все вычисления должны производиться на одном компьютере. Участникам дается входной файл формата CSV с несортированными заявками. На выходе участники должны предоставить файл также в формате CSV с заключенными в ходе аукциона сделками.

СОДЕРЖАНИЕ

Команда Changellenge >> подготовила данный кейс исключительно для использования в образовательных целях. Авторы не намереваются иллюстрировать как эффективное, так и неэффективное решение управленческой проблемы. Некоторые имена в данном кейсе, а также другая идентификационная информация могли быть изменены с целью соблюдения конфиденциальности. Данные, представленные в кейсе, не обязательно являются верными или актуальными и также могли быть изменены с целью соблюдения коммерческой тайны.

Changellenge >> Capital ограничивает любую неправомерную форму воспроизведения, хранения или передачи кейса без письменного разрешения. Для того чтобы заказать копию, получить разрешение на распространение или если вы заметили, что данный кейс используется в целях, не указанных в данном пояснении, пожалуйста, свяжитесь с нами по адресу: info@changellenge.com.

01



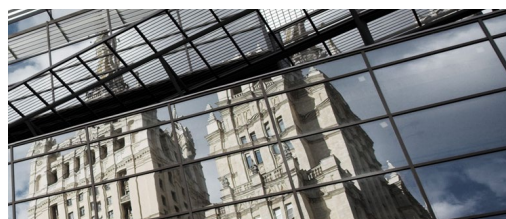
ВВЕДЕНИЕ

02



ЗАДАНИЕ ПО НАПИСАНИЮ МОДЕЛИ ДИСКРЕТНОГО АУКЦИОНА

03



О МОСКОВСКОЙ БИРЖЕ

04



МОЗГ И СЕРДЦЕ МОСКОВСКОЙ БИРЖИ

05



ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ МОСКОВСКОЙ БИРЖИ

01

ВВЕДЕНИЕ



ВВЕДЕНИЕ



Сергей завтракал в своей любимой кофейне на Тверской, неподалеку от офиса, перед сложным рабочим днем. Больше всего в своей работе он ценил возможность распоряжаться своим временем — это позволяло избегать утренней суеты московских улиц и кафе. Конечно, на Бирже, как и в любой финансовой организации, все было строго и регламентировано, но при этом главным показателем работы Сергея было не время, проведенное в стенах Биржи, а качество и устойчивость к нагрузкам программ и скриптов, написанных им и его командой разработчиков. От этого зависела работа всего фондового рынка и миллионы трейдинговых операций!

Каждый день сталкиваясь с все более сложными задачами, Сергей понимал, что его вдохновляет непосредственное участие в создании грандиозной и неповторимой системы. Именно на Бирже у него появилась возможность не просто узнать о самых современных технологиях, но и разрабатывать для них новое уникальное ПО. У Сергея уже имелся достаточный опыт работы в крупных технологических компаниях, но нигде до этого он не встречал такого сочетания самых современных технологий и интересных задач, зачастую требующих нестандартных

подходов, анализа альтернатив, проведения исследований возможных решений. Беря на себя столь ответственные функции, Сергей постоянно сталкивался с необходимостью искать компромисс между скоростью и функциональностью разрабатываемых продуктов.

Конечно, Сергей справлялся с задачами не в одиночку — в этом ему помогала команда опытных разработчиков. Многие из них стояли у истоков всех ныне действующих торговых систем Московской Биржи. Именно они привили Сергею множество полезных навыков, без которых он просто не мог обходиться в работе и которые старался передать своим молодым коллегам, — это чистота кода, качество алгоритма, поиск наилучших решений. Надо сказать, что его коллеги — еще одна причина, по которой Сергей ежедневно с энтузиазмом приходил в офис. Каждый из них был уникальным специалистом в своей области, все они были частью единого высокотехнологичного механизма — Московской Биржи. Совсем недавно закончив масштабный проект по внедрению новой функции для брокеров, Сергей и его друг Игорь из отдела IT-архитектуры вновь встречались с представителями бизнеса для обсуждения новых задач

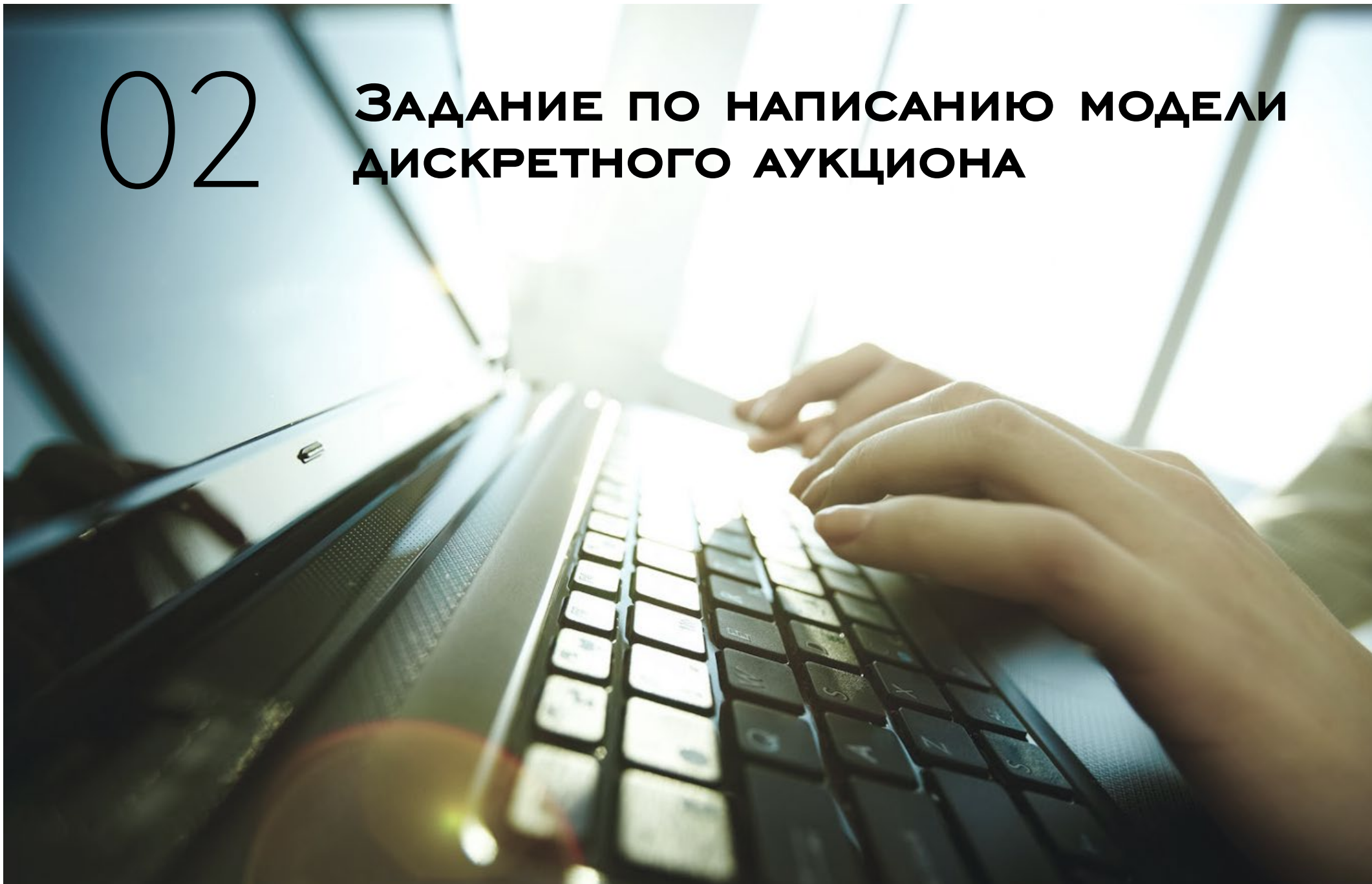
и плана релизов на ближайший месяц. Сергей и его команда постоянно тесно взаимодействовали с командой архитекторов и тестировщиков на разных этапах проектов.

Сергей допил кофе и отправился в офис. Сегодня ему предстояло заняться непростым делом — разработкой оптимального решения для модели дискретного аукциона.

Все торги Московской Биржи проходят в режиме непрерывного аукциона. Однако при резких скачках цены акций на фондовом рынке на 20 % в течение десяти минут Биржа оставляет за собой право ввести дискретный аукцион длительностью не более 30 минут. Дискретные аукционы предполагают сбор заявок на заключение сделок в течение определенного времени, после чего определяется единая цена, по которой заключаются сделки с максимальным объемом. На первый взгляд задача довольно несложная, но Сергей знал, что его очень сильно ограничивает, с одной стороны, максимизация сведенных заявок, а с другой — производительность ПО, ведь количество заявок при каждом новом дискретном аукционе может отличаться в тысячи раз, а времени на их обработку всегда одинаково мало.

02

ЗАДАНИЕ ПО НАПИСАНИЮ МОДЕЛИ ДИСКРЕТНОГО АУКЦИОНА



ЗАДАНИЕ ПО НАПИСАНИЮ МОДЕЛИ ДИСКРЕТНОГО АУКЦИОНА

Сергею предстоит найти и реализовать наиболее **оптимальное решение для модели дискретного аукциона**. В выборе языка написания кода его никто не ограничивает, однако программа должна работать на Windows 7 64bit, все вычисления должны производиться на одном компьютере. Программа должна работать максимально быстро, а также быть устойчивой к неверным входным данным. Итогом должен стать CSV-файл с результатом работы кода. Отдельно необходимо прислать и сам код для прочтения и оценки его тестировщиками, а также презентацию на восемь слайдов (включая два слайда с заголовком и кратким CV). В презентации необходимо описать свой подход к решению задачи, интерпретацию результатов, архитектуру решения, результаты тестирования и показатели производительности.

Этапы дискретного аукциона

В течение объявленного периода приема заявок участники дискретного аукциона имеют право вводить неограниченное число заявок на покупку и продажу акций. Прием и снятие заявок прекращаются по истечении периода приема заявок. По окончании периода приема заявок формируется книга заявок, принятых на аукционе. На основании книги заявок биржа определяет цену аукциона. После определения цены заявки на покупку и продажу сводятся, производя сделки. Объем сделки определяется минимальным объемом встречных заявок, а цена сделки равна цене аукциона. После сведения двух заявок в сделку заявка с меньшим объемом удаляется, а от заявки с большим объемом «откусывается» объем сделки. Остаток заявки возвращается в кни-

гу заявок, и аукцион повторяется. В аукционе участвуют только заявки, условию которых удовлетворяет цена аукциона. Заявки «жадных» участников (с лимитом цены на покупку ниже цены аукциона и лимитом цены на продажу выше цены аукциона) в сделку не сводятся. Для аукциона важно соблюдать порядок сведения заявок, поскольку часть из них может не свестись из-за отсутствия достаточного количества встречных заявок.

В приложении вы найдете CSV-файл с заявками (сводный реестр).

Формат строки:

[BS], [LM], <Volume>, <Price>

Первое поле — символ направления заявки, Buy или Sell.

Второе поле — тип заявки, Market или Limit.

Третье поле — целочисленное количество заявок.

Четвертое поле — целочисленная цена заявки для лимитных заявок. Для рыночных заявок не указывается или игнорируется.

Рыночные заявки — заявки, которые исполняются по цене аукциона.

Лимитные заявки — заявки, которые должны исполняться по цене не хуже чем указанная. Для покупки это означает «не выше чем указанная», а для продажи — «не ниже чем указанная».

Пример файла:

B,M,50
S,L,100,10
S,M,150
B,L,200,15
S,L,50,10
B,L,50,12

Файл может быть пустым, суммарные объемы покупки и продажи могут различаться. Заявки в файле нумеруются по порядку с единицы.

Задача — прочитать файл, вычислить цену аукциона и провести его. Результат аукциона вывести в файл.

Проведение аукциона по вычисленной цене

Заявки разбиваются на список покупок и продаж. В каждом списке заявки сортируются по типу (сначала рыночные, потом лимитные), затем по цене (для покупки — от большей к меньшей, для продажи — от меньшей к большей, рыночные по цене не сортируются) и далее по порядковому номеру в файле.

Для нашего примера получается:

1. B,M,50
4. B,L,200,15
6. B,L,50,12

3. S,M,150
2. S,L,100,10
5. S,L,50,10

После сортировки заявки начинают сводиться в сделки. Для этого требуется идти по спискам сделок и последовательно сопоставлять пары заявок «покупка — продажа». Объем сделки выбирается как минимальный объем заявки на покупку и продажу. После совершения сделок одна из заявок убирается из своего списка, вторая заявка остается с остатком объема, равным разности старого объема и объема заявки.



Для нашего примера выбрана цена аукциона 12.

1. B,M,50
4. B,L,200,15
6. B,L,50,12

3. S,M,150
2. S,L,100,10
5. S,L,50,10

1. B,M,50 с 3. S,M,150 — получается сделка 1–3 с объемом 50. Заявка 1 полностью исполнилась, заявка 3 уменьшается до $150 - 50 = 100$.

4. B,L,200,15
6. B,L,50,12

3. S,M,100
2. S,L,100,10
5. S,L,50,10

4. B,L,200,15 с 3. S,M,100 — получается сделка 4–3 с объемом 100. Заявка 4 уменьшает объем до $200 - 100 = 100$, а заявка 3 исполняется полностью.

4. B,L,100,15
6. B,L,50,12

2. S,L,100,10
5. S,L,50,10

4. B,L,100,15 с 2. S,L,100,10 — сделка 4–2 с объемом 100. Обе заявки исполняются полностью.

6. B,L,50,12

5. S,L,50,10

6. B,L,50,12 с 5. S,L,50,10 — сделка 6–5 с объемом 50. Обе заявки исполняются полностью.

Определение цены аукциона

Требуется найти такую целочисленную цену аукциона, чтобы стоимость сделок (стоимость = цена \times объем) была максимальной. Цена аукциона должна выбираться в пределах от минимальной до максимальной цены, заявленной участниками в лимитных заявках. Если файл пустой, в файле только рыночные заявки или нет пересечения по ценам (все

цены покупок ниже цен продажи), аукцион считается неисполненным.

Файл с результатами

На выходе программа должна создать CSV-файл с результатами аукциона. Для успешного аукциона в первой строке указывается OK, <Price>, <Value> (строка OK, цена аукциона и общий объем аукциона в деньгах), в остальных строках — <BuyOrderNo>, <SellOrderNo>, <Volume>, <Value> (номер заявки покупки, номер заявки продажи, объем, общий объем в деньгах).

Если аукцион неуспешен, выдается одна строка с текстом FAILED.

Пример файла вывода:

OK, 12, 3600
1,3,50,600
4,3,100,1200
4,2,100,1200
6,5,50,600

03 О МОСКОВСКОЙ БИРЖЕ



О МОСКОВСКОЙ БИРЖЕ

Московская Биржа — крупнейший в России и Восточной Европе биржевой холдинг, образованный 19 декабря 2011 года в результате слияния биржевых групп ММВБ (основана в 1992 году) и РТС (основана в 1995 году). Московская Биржа входит в двадцатку ведущих мировых площадок по объему торгов ценными бумагами, суммарной капитализации торгуемых акций и в десятку крупнейших бирж производных финансовых инструментов.

Сегодня Московская Биржа — это высокотехнологичный и универсальный холдинг, в состав которого входят около двух десятков компаний¹, оказывающих трейдинговые и посттрейдинговые услуги в соответствии с высочайшими мировыми стандартами. Холдинг представляет собой уникальную вертикально-интегрированную биржевую структуру, предоставляющую участникам финансового рынка полный перечень услуг в области торговли, клиринга, расчетов по сделкам, депозитарных и информационных услуг.

Компании, входящие в состав группы ОАО «Московская Биржа», объединены не только общим названием, но и тесно связанными интегрированными процессами. Организаторами торгов в рамках группы являются ОАО «Московская Биржа» и ЗАО «ФБ ММВБ».

В состав холдинга входит центральный депозитарий (НКО ЗАО НРД), а также крупнейший клиринговый центр — ЗАО АКБ «Национальный клиринговый центр». Региональные филиалы Московской Биржи располагаются в шести городах: Санкт-Петербурге, Новосибирске, Екатеринбурге, Нижнем Новгороде, Ростове-на-Дону и Самаре. Все компании, входящие в состав группы, делают Московскую Биржу крупнейшей универсальной биржей России, СНГ и Восточной Европы.

Московскую Биржу трудно назвать простой компанией. Она занимает особое положение даже среди крупнейших международных бирж, в том числе в связи со своей ролью в развитии финансового рынка в России. Первостепенными глобальными задачами, стоящими перед всей группой компаний «Московская Биржа», являются обеспечение качественного ценообразования на финансовых рынках, предоставление эффективных посттрейдинговых решений, обеспечение инфраструктуры для реализации государственной финансовой политики и активное участие в процессе проведения регуляторной реформы.

Московская Биржа успешно сочетает в себе сразу две функции: торговую и клиринговую, в то время как в стандартной мировой практике услуги по риск-менеджменту

и клирингу часто предоставляются сторонними организациями — крупными клиринговыми домами. Торги на бирже организованы в электронной форме на базе современной торговой системы, к которой подключены региональные торговые площадки и удаленные терминалы. В состав участников торгов фондовой биржи ММВБ входят 699 организаций — профессиональных участников рынка ценных бумаг, клиентами которых являются порядка 970 тыс. инвесторов — юридических и физических лиц, в том числе нерезидентов.

В то время как большинство мировых площадок торгует лишь одним или двумя классами инструментов, продуктовая линейка Московской Биржи гораздо шире и включает в себя акции, облигации, паи, биржевой инвестиционный фонд, фьючерсы, опционы, валюту, сделки РЕПО и даже драгоценные металлы. Сегодня Московская Биржа проводит сделки на фондовом, срочном, валютном, денежном и товарном рынках. Также биржа осуществляет деятельность на денежном, товарном рынках и рынке стандартизированных ПФИ². Несмотря на кажущуюся разнородность, все эти рынки тесно связаны и поддерживаются высокотехнологичными инновационными решениями.

¹ <http://moex.com/s29>

² ПФИ — производные финансовые инструменты

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ МОСКОВСКОЙ БИРЖИ

С точки зрения технологических процессов и системных разработок Московская Биржа одна из самых сложных в мире. Это связано с тем, что ее торгово-клиринговая система сочетает в себе сразу три функции: торговую, клиринговую и функцию расчета рисков. В мировой практике эти функции, как правило, отделены друг от друга. Основной торговой функцией биржи является matching заявок на покупку и продажу — сведение продавца и покупателя. Риск-менеджмент — это проверка в реальном времени каждой заявки на наличие средств обеспечения, корректности ее параметров и других параметров в зависимости от рынка. В отличие от компаний-трейдеров и инвестиционных банков главная задача биржи состоит не в покупке и продаже активов, а в технологической поддержке всех финансовых институтов — участников торгов. Биржа не просто финансовая организация, а высокотехнологичная компания, объединяющая в себе множество технологически сложных компонентов. Предторговая проверка заявки — уникальная функция торгово-клиринговой платформы Московской Биржи.

В современном высокотехнологичном мире финансов для того, чтобы начать торговать на бирже, инвестору достаточно заключить договор на обслуживание с компанией-брокером, предоставляющей доступ на биржу. К такому формату отношений со своими клиентами биржа пришла в 1998–1999 годах. Тогда была разработана и внедрена первая схема удаленного доступа к бирже. Именно в этот период появился интернет-трейдинг, который мгновенно сделал биржевую торговлю доступной любой категории инвесторов.

Сегодня на бирже параллельно существуют три торговые площадки с разными IT-системами: фондовая, валютная (включая драгметаллы) и срочная. Торги акциями проводятся на фондовом рынке Московской Биржи по технологической схеме: частичное предварительное депонирование средств³ и расчеты через два дня после заключения сделки. Торги другими ценными бумагами осуществляются при 100%-ном предварительном депонировании и расчетах T+0. Облигации федерального значения торгуются и в режиме T+2, и в режиме T+0. Производные финансовые инструменты, такие как фьючерсы и опционы на акции, индексы, валютные пары, торгуются на срочном рынке. Спотовые сделки и сделки своп с иностранной валютой заключаются на валютном рынке. Его участникам доступны пары доллар/рубль, евро/доллар, евро/рубль, китайский юань/рубль, фунт стерлингов/рубль, гонконгский доллар/рубль, а также белорусский рубль, украинская гривна и казахский тенге.

На денежном рынке заключаются сделки РЕПО с акциями и облигациями, депозитарными расписками, еврооблигациями, а также проводятся депозитные и кредитные операции Банка России, депозитные аукци-

оны Внешэкономбанка, депозитные операции Федерального казначейства и ПФР, депозитные аукционы Агентства кредитных гарантий. На рынке РЕПО участникам доступны следующие виды сделок: прямое РЕПО с Банком России, междилерское РЕПО и РЕПО с центральным контрагентом, функции которого выполняет НКЦ. На базе торговой платформы валютного рынка проводятся торги золотом и серебром. Все биржевые рынки Московской Биржи доступны как юридическим, так и физическим лицам, резидентам как Российской Федерации, так и иностранных государств по схеме прямого доступа на рынок — DMA (Direct Market Access). Суммарно биржа функционирует 37 часов в сутки: 9 часов работает фондовый рынок, по 14 часов — валютный и рынок производных финансовых инструментов (срочный).

Таким образом, клиентам Московской Биржи доступна современная и высокотехнологичная инфраструктура по торговле акциями, облигациями, валютой, инвестиционными паями, биржевыми фондами ETF, товарами (зерном, золотом, серебром), производными финансовыми инструментами, в том числе внебиржевыми деривативами.

Любая из вышеперечисленных операций сегодня совершается в электронном виде.



НРД (Национальный расчетный депозитарий) — учет прав на ценные бумаги, хранение бумаг.

НКЦ (Национальный клиринговый центр) — клиринг⁴ по итогам торгов, а также центральный контрагент (central counterparty) на биржевых рынках.

³ Депонирование — передача на хранение в кредитные учреждения денежных сумм и ценных бумаг

⁴ Клиринг — проведение расчетов по итогам всех сделок после окончания торговой сессии и зачисление финансового результата или активов на счета клиентов

04

МОЗГ И СЕРДЦЕ МОСКОВСКОЙ БИРЖИ



МОЗГ И СЕРДЦЕ МОСКОВСКОЙ БИРЖИ

Московская Биржа имеет самую уникальную по сложности IT-архитектуру на территории всей Восточной Европы и отличается крайне высокой технологичностью. Это обуславливается требованием участников торгов к надежности и функциональности торговых площадок. Регулятор, Центральный банк России, может выставить штраф за любой сбой или просрочку запуска торговых или клиринговых процессов. Счет идет на каждую микросекунду! Перед IT-командой Биржи стоят передовые задачи с точки зрения устойчивости и производительности. На Бирже регулярно проводятся исследования нового ПО, «железа» и их совместимости. Много усилий вкладывается в систему автоматического тестирования.

Московская Биржа имеет горячие резервы, теплый и географический резерв, что делает ее подготовленной к различным форс-мажорным обстоятельствам. Также на бирже действует специальная группа сервисной поддержки, обеспечивающая бесперебойную работу торговых площадок 24 часа в сутки.

Информационные технологии Биржи объединили множество специалистов различного профиля — программных инженеров, которые ежедневно взаимодействуют друг с другом, выполняя те или иные IT-проекты. Проектная модель работы и гибкость в выборе направления позволяют сотрудникам испробовать все сферы деятельности, став специалистом широкого профиля или же, наоборот, гуру в конкретной узкой области и функционале. В зависимости от своих компетенций, навыков и стремлений программный инженер может выбрать одно из направлений работы на Бирже, таких как разработка

архитектуры, разработка ПО, тестирование или бизнес-аналитика.

Архитекторы Московской Биржи видят все процессы глобально, они всегда знают, что с чем и как связано, какие технологии и языки программирования используются в той или иной части системы Биржи. Именно IT-архитектор распределяет технические задания по различным группам разработчиков внутри Биржи.

Разработчики ПО занимаются интеграцией самого современного оборудования в инфраструктуру Биржи, разрабатывают уникальное ПО для торгов, внедряя новый функционал и постоянно совершенствуя существующие разработки. Каждый новый разработчик обучается внутрикорпоративным стандартам чистоты кода. Несмотря на разработку на разных языках (в основном это Java, C++, C#), на Бирже соблюдаются принципы преемственности кода — так, чтобы при передаче кода одним разработчиком другому требовались минимальные усилия на адаптацию к нему.

Тестирование систем и модулей для Биржи не менее сложная задача, чем разработка ПО, поэтому у тестировщиков выработались собственные внутренние стандарты оценки новых продуктов, обеспечивающие глубокое и всестороннее испытание.

Еще одно интересное направление — бизнес-аналитика. Специалисты в данной области работают на стыке между бизнесом и IT-инфраструктурой. Зная технологические возможности, с одной стороны, и получая запросы клиентов — с другой, бизнес-аналитик находит компромисс и организует весь процесс создания нового инструмента, начиная с устного описания желаний

клиента и заканчивая техническим заданием разработчикам ПО.

Модель процесса разработки на Московской Бирже построена на основе общеизвестной каскадной модели. Несмотря на некоторые недостатки этой модели, она оптимальна для Биржи, где внедрение всего функционала реализуется последовательно, с тщательным тестированием результатов предыдущего этапа, ведь малейшая ошибка или неточность может привести к катастрофическому сбою, от которого пострадают десятки тысяч пользователей. На Московской Бирже недопустимо использование промежуточных пробных версий в реальных торгах.

Московская Биржа — огромный конгломерат сетей со сложной архитектурой. На текущий момент программно-аппаратный комплекс биржи распределен между двумя дата-центрами: основной М1 расположен на Варшавском шоссе, а резервный — в здании Биржи в Кисловском переулке.

К 2016 году Московская Биржа планирует завершить перенос основных вычислительных мощностей в ЦОД DataSpace1, который станет основным дата-центром Биржи. На первом этапе в 2015 году на базе ЦОД DataSpace1 запланировано создание резервного центра обработки данных Биржи. ЦОД DataSpace1 имеет сертификат Tier III Operational Sustainability-Gold от Uptime Institute — всемирно известного центра сертификации. Кроме того, DataSpace1 стал первым центром обработки данных в России, награжденным сертификатами Tier III Design Documentation и Tier III Constructed Facility.

СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ К МОСКОВСКОЙ БИРЖЕ

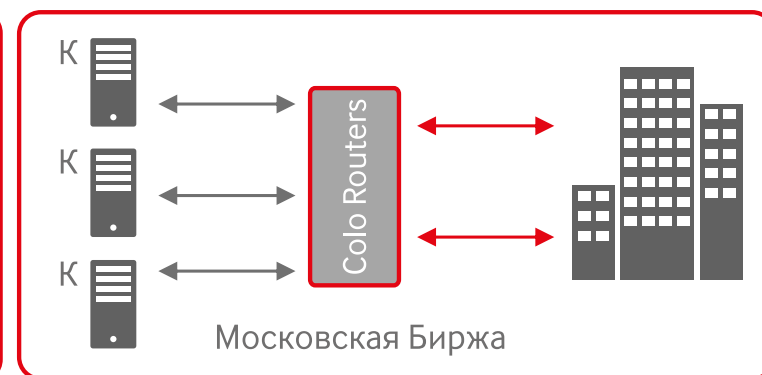
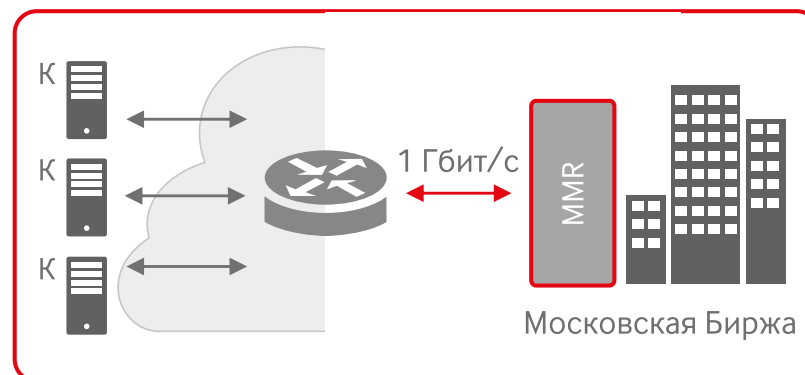
Для обмена данными между ЦОД-М1 и клиентами необходимо надежное соединение. Однако у всех клиентов разные возможности и нужды для подключения. Московская Биржа предлагает несколько оптимальных и доступных схем подключения. Самые распространенные — универсальная и коллокационная схемы.

Универсальная схема подключения — это выделенный канал с полнофункциональным доступом ко всем рынкам Биржи. Схема требует установки маршрутизатора

на стороне клиента с передачей управления Бирже. Семь авторизованных операторов связи специально для биржи организовали частные сети (L3 VPN), к которым вместе с участниками подключены основной и резервный дата-центры.

Коллокация — размещение собственного оборудования в зоне колокации Московской Биржи в ЦОД М1 с прямым подключением к сети Биржи. Услуги Co-location, или размещение оборудования в центрах обработки данных (ЦОД) Московской Биржи, преду-

сматривают самый быстрый доступ к рынкам Биржи, обеспечивая высокую надежность, доступность и безопасность подключения. Вы размещаете свои приложения в том же ЦОД, где стоит ядро торговой системы, что обеспечивает лучшее время исполнения заявок и самые быстрые котировки. На коллокации, как правило, находятся серверы высокочастотных трейдеров (HFT — high frequency trading, они же ГТА — гиперактивные торговые автоматы), для которых важно получение/отправка данных на максимальной скорости и с минимальным разбросом.



ТОРГОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ МОСКОВСКОЙ БИРЖИ

В работе биржевой торговой площадки важны три параметра: производительность (количество транзакций, выполняемых в секунду), задержка в реакции на событие (latency, например, время между приходом заявки и время ее постановки в книгу заявок) и постоянство скорости реакции (система должна реагировать с более-менее постоянной задержкой). Например, latency у Лондонской биржи (LSE) составляет 150 мкс, а у Франкфуртской биржи (Deutsche Boerse) на обработку заявки уходит 150–200 мкс. Но скорость — не единственное требование к биржевым системам. Иногда погоня за скоростью приводит к ошибкам, расплачиваться за которые предстоит клиентам, а это недопустимый риск. Поэтому другое принципиальное требование к биржевым системам — надежность, над чем IT-специалисты Московской Биржи работают ежедневно.

Три торговые площадки (фондовая, валютная и срочная) строятся на двух платформах: ASTS и SPECTRA.

Торгово-клиринговая система SPECTRA

Название «SPECTRA» было предложено коллективом разработчиков. Спектр, с одной стороны, символизирует разделение и разветвление задач, с другой — высокую скорость.

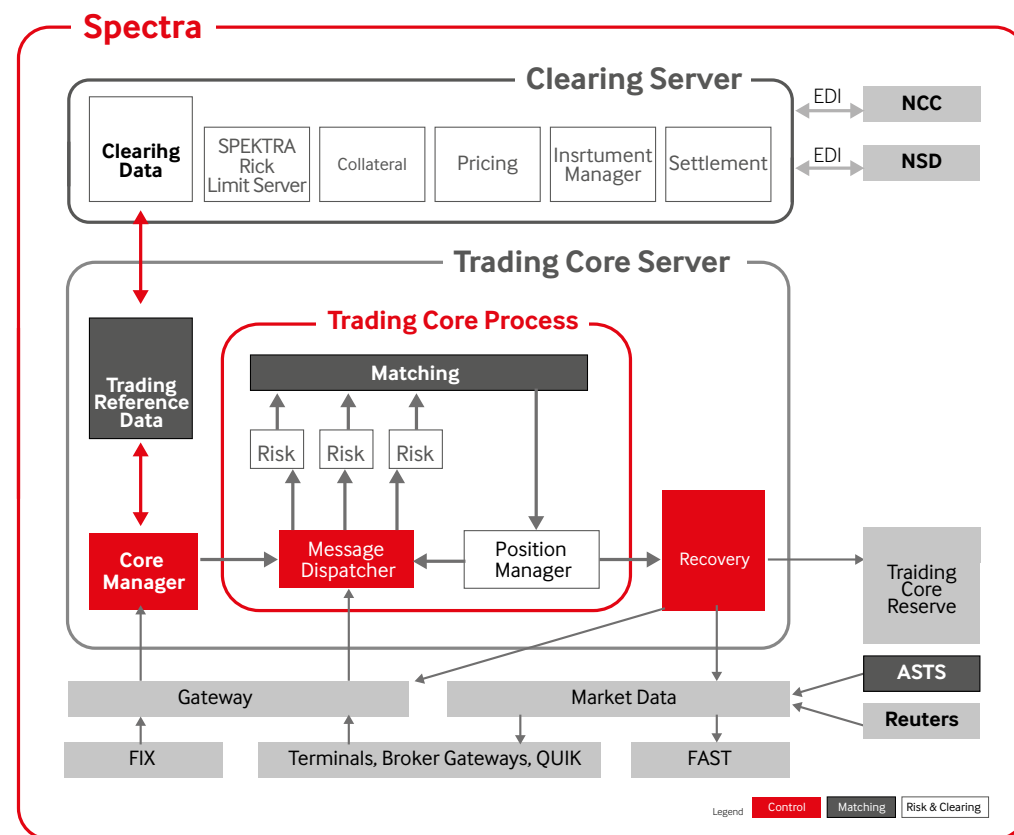
На ее основе работает срочный рынок (рынок фьючерсов и опционов). Это полностью внутренняя разработка, корни которой восходят к первой торговой системе Санкт-Петербургской Биржи в 1994 году, занимавшейся организацией торгов фьючерсами. В середине 90-х годов в России функционировало несколько deriva-

тивных бирж. Однако в кризисный 1998 год многие площадки оказались не приспособленными к реалиям рынка деривативных инструментов, вследствие чего прекратили свою деятельность.

Санкт-Петербургская Биржа одна из немногих избежала дефолта в кризис благодаря архитектурной особенности торговой системы — в ней автоматически рассчитывались риски до матчага заявок. Позднее, при объединении с Биржей РТС, торговая система была переведена в Москву, где продолжилась ее доработка и внедрение на ее базе новых торговых инструментов. Система выдержала первую боевую проверку, когда на

бирже появился прорывной продукт — фьючерс на индекс, что привело к массовому увеличению количества операций и заявок. Широкий маркетинговый охват и вовлечение физических лиц сделали продукт успешным и популярным, в итоге резко увеличив нагрузку на основное ядро системы.

Архитектура системы была неизменна в течение шести лет, вплоть до 2007 года, расширяясь только экстенсивным способом, наращивая все больше нового функционала. В 2007 году стало ясно, что дальнейшее совершенствование системы невозможно без глобальных изменений.





На тот момент архитектура была основана на возможностях базы данных и написана на SQL Server. С одной стороны, клиенты биржи — участники торгов хотели получать новые инструменты, при этом увеличивая скорость проведения транзакций, с другой стороны, в инфраструктуру торгов с их стороны были вложены миллионы долларов. Перед IT-командой биржи встал вопрос о том, как заменить вычисления в SQL Server на in-тетогу вычисления, при этом не затронув клиентский интерфейс. Было принято решение о переписывании системы по частям на компилируемые языки для хранения данных в памяти, что позволило перейти на обработку данных на лету.

К 2009 году технологическое развитие платформы для срочного рынка стало невозможным без изменения пользовательского программного обеспечения. Начался проект по модернизации торговой системы — самый большой проект для клиентов Московской Биржи за все время ее существования. Нужно было внедрить новый API, и с этим помогли разработчики программного обеспечения и технических решений для брокеров.

За год возможности биржи по обработке заявок возросли практически в 10 раз — с 30 до 2500 заявок в секунду. Несмотря на такой резкий скачок, производительность торговой системы для срочного рынка была далека от западных торговых систем. Latency Московской Биржи измерялась десятками миллисекунд, в то время как западные

биржи оперировали значениями меньше миллисекунды. Торговые системы во всем мире шли по пути упрощения основного ядра, до сих пор во многих системах ядро выполняет только матчинговые операции.

Опираясь на свой опыт, IT-команда Московской Биржи, состоящая из опытных специалистов, переживших оба кризиса (1998 и 2008 года), решила не отказываться от встроенной в ядро оценки рисков. Встроенная система риск-менеджмента Московской Биржи сразу же после поступления заявки от клиента, еще до сведения с другой заявкой, проверяет его платежеспособность. Такая модель проверки рисков дает клиентам возможность торговать до последнего рубля, но не остаться банкротами и не уйти в минус после клиринговых расчетов. В итоге было принято решение о полной перестройке центральной части системы, при этом сохранив оценку рисков, используя сложный алгоритм расчетов.

После 1,5 лет разработки в конце 2012 года состоялся релиз ныне действующей торгово-клиринговой системы SPECTRA. Новая система получила модульную архитектуру, единую высокоскоростную шину передачи данных и встроенную систему риск-менеджмента. Архитектура SPECTRA улучшила быструю онлайн-проверку рисков для сложных деривативных инструментов. До внедрения новой системы каждая заявка отдельно про-

ходила полный цикл проверки и матчинга, прежде чем начиналась обработка следующей заявки. Распараллеливание обработки заявок в ядре позволило обрабатывать несколько заявок в один момент времени, но на разных стадиях, что резко улучшило статистические характеристики: количество обрабатываемых заявок выросло с 2500 до 36 000 заявок в секунду при средней latency 400 микросекунд.

В среднем в день через систему проходит около 30 млн операций. Также появилась возможность интеграции со сторонними матчинговыми ядрами и системами управления риском. Свежая архитектура системы позволяет внедрять новые торговые инструменты буквально в течение часа! В июле 2014 года был оптимизирован процесс матчинга заявок и выделена отдельная ветка репликации данных с ускоренной раздачей, что позволило увеличить производительность ядра ТКС SPECTRA до 52 000 транзакций в секунду и стабилизировать latency RTT заявки.

В планах Московской Биржи — переход на более быстрые межмодульные соединения, которые появляются на рынке. Одно лишь наличие самых современных технологий не обеспечивает максимальной производительности. Для использования самого современного оборудования требуется умение писать грамотный софт, который будет работать быстро и задействует весь потенциал «железа».

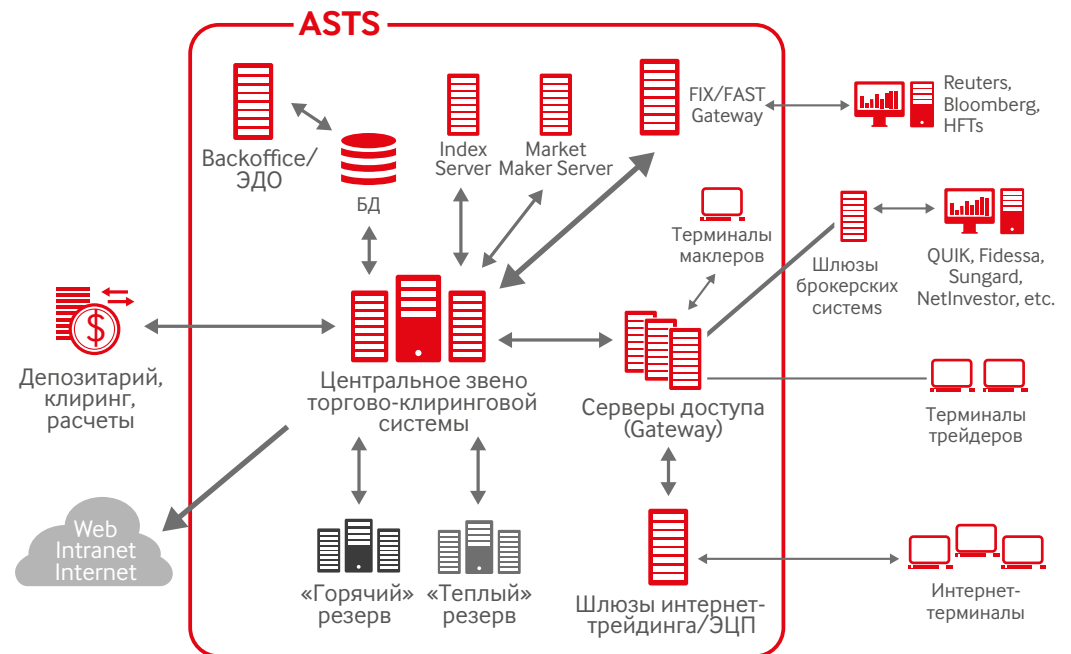
Торговая платформа ASTS (automated securities trading system) используется на фондовом, валютном, денежном (операции РЕПО и депозитно-кредитные операции) и товарном рынках. Своими корнями она уходит в систему, созданную австралийской компанией FSDC (вскоре влившейся в австралийскую Compushare, затем поглощенную шведской OMX, впоследствии объединившейся с NASDAQ). Соответственно, до 2012 года система была лицензирована NASDAQ-OMX.

В 2013 году лицензия была выкуплена Московской Биржей. За 20 лет с момента установки системы она очень существенно перерабатывалась, причем в плане не только внедрения новых возможностей, но и внесения изменений в ее архитектуру. Одной из особенностей системы стало появление схемы с размещением удаленных серверов доступа (Gateway), позволившей уже в конце 90-х годов обеспечить возможность полноценного участия в торгах клиентов Биржи из разных регионов страны — от Санкт-Петербурга до Владивостока. Затем возник интернет-трейдинг и различные протоколы и схемы доступа. Внедрены системы «теплого» и «горячего» резервирования. У платформы появились десятки вспомогательных модулей, среди которых система расчетов индексов, включая известный всем индекс ММВБ.

Платформа ASTS обрабатывает до 15–20 тыс. транзакций в секунду при диапазоне сред-

ней задержки 300–350 мкс. Менее чем через 100 мкс после получения заявки на сервере доступа (или на входном сетевом коммутаторе техцентра биржи) заявка будет доставлена до центрального звена торговой системы. Далее начнется ее проверка на обеспеченность (риск-параметры) и регистрация в книге заявок, включая возможное заключение сделок. Сообщение клиенту, поставившему заявку, о завершении ее обработки и результате обработки будет отправлено в среднем через 300–350 мкс после получения заявки. Общий объем операций на ASTS доходит до 75 млн в день.

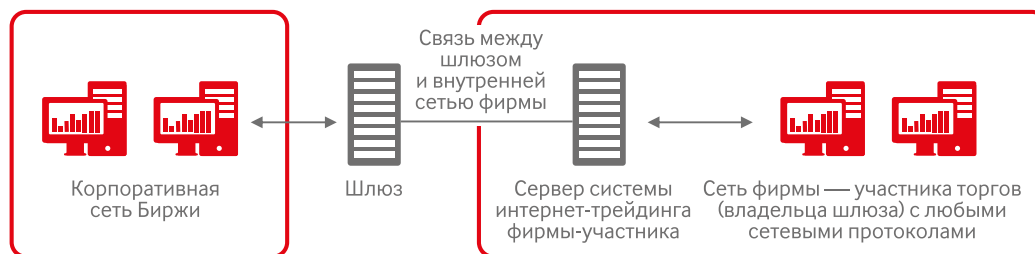
Платформа ASTS сильно выросла с тех пор, как ее купили у NASDAQ, — число строк исходного кода ядра увеличилось примерно в 15 раз. Ядро системы написано на языке C и работает на ОС RedHat Enterprise с real-time ядром. Изначально же система была под HP-UX, масштабные проекты по переходу на 64-битную архитектуру и Linux завершились в 2011 году. Стоит отметить, что NASDAQ тоже активно дорабатывал этот код и сейчас продает биржевую систему X-stream, созданную на его основе. Схематично текущая архитектура программного комплекса ASTS выглядит следующим образом:



ШЛЮЗЫ МОСКОВСКОЙ БИРЖИ

Шлюз Plaza II — это программное обеспечение для обмена данными между серверной частью ПО и сертифицированной брокерской системой интернет-трейдинга по протоколу Plaza II.

Шлюз в торговую систему Биржи реализуется на базе компьютера, который должен быть подключен как к корпоративной сети Биржи, так и к сети пользователя. Шлюз может быть установлен либо в офисе участника, либо на территории Биржи, в случае если участник разместил оборудование в одном из дата-центров биржи. В качестве сетевого протокола для связи с корпоративной сетью Биржи используется TCP/IP. Ниже приведен пример конфигурации технических средств на стыке корпоративной сети Биржи и сети участника торгов, использующего шлюз:



FIX- и FAST-шлюзы обеспечивают прямой доступ ко всем региональным и мировым рынкам, который необходим для эффективной торговой и брокерской деятельности.

Шлюзы гарантируют бесперебойное распространение и обмен рыночными данными в режиме реального времени с минимальными задержками. FIX/FAST-технологии являются открытыми международными стандартами обмена и распространения финансовой информации, что делает подключение к серверам биржи по FIX/FAST-протоколам доступным широкому кругу участников рынка по всему миру.

FIX-шлюз — это канал передачи информации, предназначенный для обмена данными между участниками торгов. Обмен данными осуществляется с использованием протокола FIX (Financial Information eXchange Protocol). Высокая надежность соединения и производительность обработки данных достигается за счет параллельного под-

пользователям шлюза доступна мгновенная проверка соответствия данных в автоматическом режиме: система автоматически проверяет правильность заполнения ордера и возвращает неликвидные заявки отправителю с уведомлением о статусе.

FAST-шлюз — это канал передачи информации, предназначенный для распространения широкого спектра рыночных данных между участниками торгов информационными агентствами и другими контрагентами в режиме реального времени. Обмен данными осуществляется с использованием протокола FAST (FIX Adapted for Streaming), который является международным стандартом обмена информацией. Шлюз позволяет доставлять любые объемы рыночной информации в режиме реального времени с минимальными задержками — более 1 млн котировок в секунду.

В 2014 году Московская Биржа запустила для участников фондового и валютного рынков вторую линию системы распространения биржевой информации FAST UDP multicast marketdata. Наличие дублирующего сервиса позволило клиентам получать публикуемую Биржей информацию с помощью двух работающих параллельно потоков данных либо переключиться на вторую линию при возникновении неполадок на основной.

05

ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ МОСКОВСКОЙ БИРЖИ



ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ МОСКОВСКОЙ БИРЖИ

В условиях высокой активности клиентов ключевая задача биржи — обеспечение непрерывности торгов и максимальной отказоустойчивости систем. Совместно с участниками рынка на регулярной основе проводится нагрузочное тестирование. Нагрузочное тестирование — это возможность как для биржи, так и для участников рынка определить предельно допустимые нагрузки на действующую технологическую инфраструктуру. Основные компоненты инфраструктуры — программно-аппаратное обеспечение, каналы связи, архитектурные решения, процессы управления, поддержки и модернизации. В случаях аномальных нагрузок вместе с участниками торгов Московская Биржа должна иметь достаточный запас производительности торговой системы и пропускной способности каналов связи. Поэтому целью тестирования является моделирование пиковых нагрузок, превышающих средние рыночные показатели в 2–3 раза.

Нагрузка при тестировании создается собственными роботизированными системами, реализованными специально для тестирования торговых платформ биржи. Эти симуляторы умеют создавать профиль нагрузки, соответствующий реальным торгам как по соотношению поставленных и снятых заявок, так и по колебаниям ценового коридора и другим рыночным параметрам. В реальности более 90 % заявок снимается самими клиентами в течение миллисекунд, однако нагрузка на систему от заявки, которая не приводит к сделке, остается.

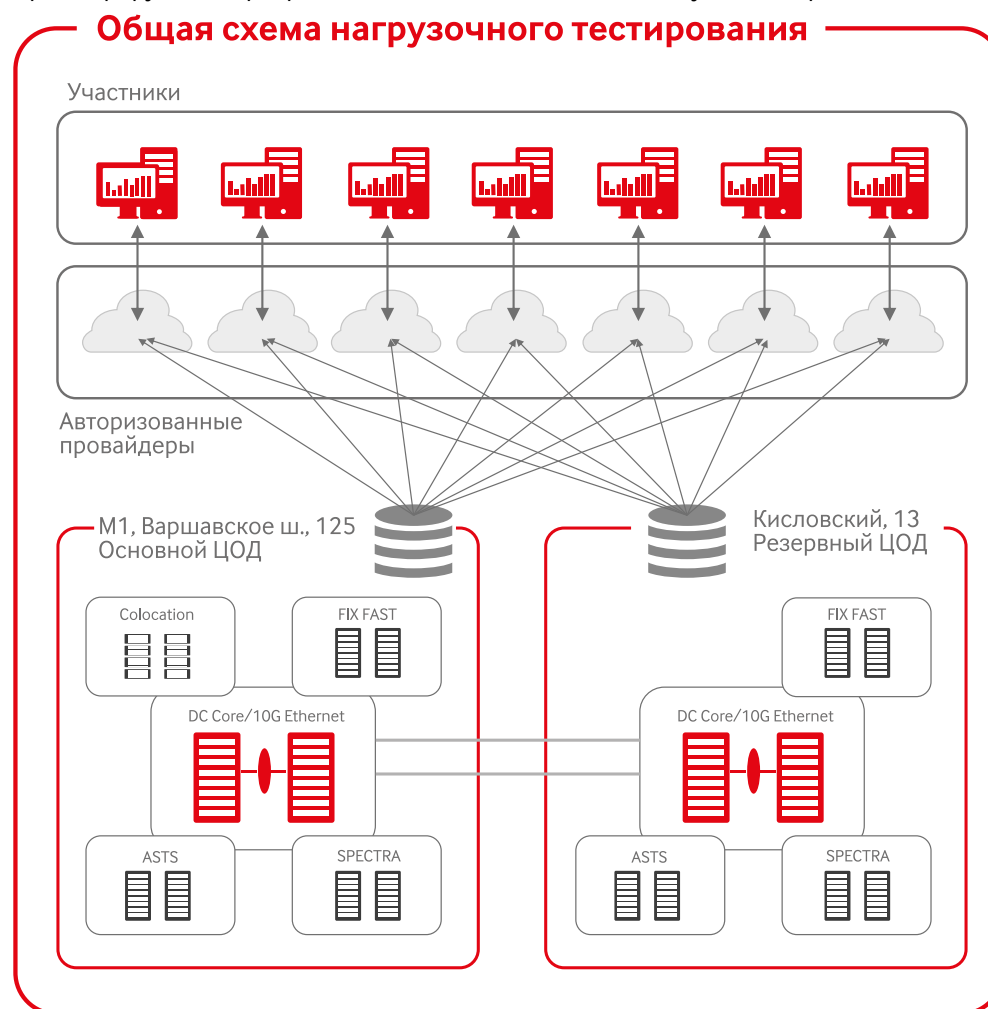
Аналогичные автоматы готовят к тестированию брокеры и вендоры торгового программного обеспечения. В 2014 году соот-

ношение нагрузки составило 50 на 50 между биржей и участниками торгов. Всего в тестировании приняло участие более 70 профессиональных участников рынка и вендоров.

Перед началом тестирования к торговым платформам подключаются все серверы доступа. По мере увеличения нагрузки в тесте регистрируются серверы, не способные

с ней справиться. В тестировании симулируется переключение на резервные системы и каналы связи, что также важно для участников торгов. Они могут отработать данные процедуры и при необходимости локализовать узкие места на своей стороне.

Общая схема нагрузочного тестирования выглядит следующим образом:



На этих участках измеряются основные показатели:

Утилизация локальных сетей — утилизация процессора на сетевом устройстве. Измеряется с целью проверки пропускной способности локальной сети Московской Биржи. Трафик должен свободно ходить от одной точки до другой. В торговой сети все подключения на 10 Гбит/с.

CPU utilization — уровень загруженности сетевых устройств, который для их нормальной работы не должен превышать 60–70 %. В случае его превышения коммутатор перестает справляться с объемом трафика, что приводит к потерям пакетов.

Latency — время между получением сетевого сообщения с приказом на постановку/снятие/изменение заявки на каком-либо коммутаторе на пути между сервером доступа и клиентом и получением ответа на приказ. Измерения на разных коммутаторах позволяют оценить все составляющие задержек, включая каналы связи и программные компоненты комплекса

Jitter — статистический разброс значений задержки (latency). Постоянство latency — важный для всех категорий клиентов показатель. Как правило, измеряется максимальное время отклика для лучших 50 (медиана), 80, 90 и 99 % приказов. Соотношение этих величин дает хорошее представление о разбросе значений задержек.

Московская Биржа использует современный инструментарий для тестирования, например Network Node Management от HP, с помощью которого измеряется утилизация каналов связи, а также внутренние средства логирования событий с микросекундной точностью в ПО Биржи и tcpdump. В 2014 го-

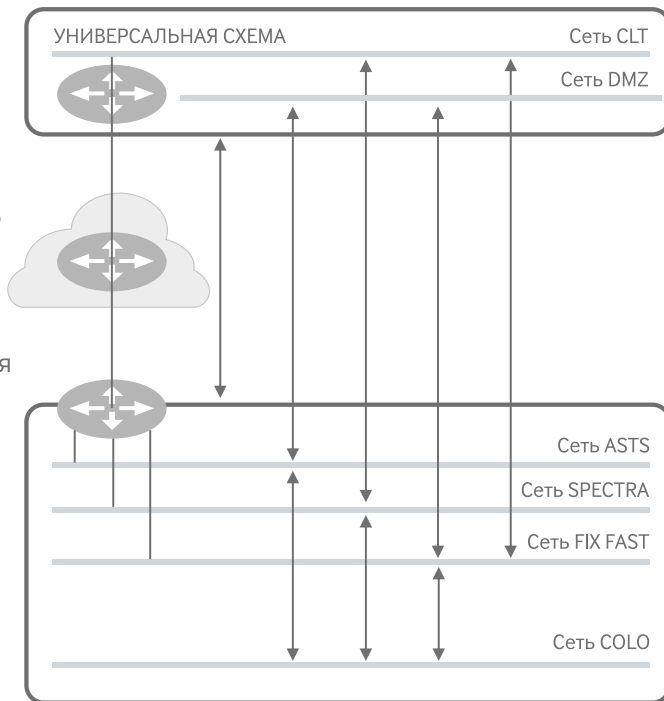
ду впервые были использованы возможности прецизионной измерительной системы Corvil для контроля параметров latency и jitter в зоне коллокации, чувствительной к микросекундным задержкам. Эта система используется в том числе такими крупнейшими биржами мира, как NASDAQ и NYSE.

Точки измерения в сети

Участник

Провайдер

Московская
Биржа



The key metrics:

- latency
- jitter
- CPU utilization
- link utilization



Changellenge

Кейс написан и опубликован
Changellenge >> – ведущей
организацией по кейсам в России.

www.changellenge.com
info@changellenge.com
vk.com/changellengeglobal
facebook.com/changellenge



**МОСКОВСКАЯ
БИРЖА**

Кейс создан по заказу
Московской Биржи

www.moex.com