

Применение симуляторов рынка ценных бумаг для тестирования систем агрегации и распределения информации о котировках (Ticker Plant)

Ольга Буянова¹, Алёна Булда¹, Алексей Зверев²

¹ ООО «Инновационные Трейдинговые Системы», Россия, 156013, г. Кострома, ул. Ленина, 20

Olga.Buyanova@exactpro.com, Alyona.Bulda@exactpro.com

² Exactpro Systems LLC, 4040 Civic Center Drive, Suite 200, San Rafael, CA 94903, USA
Alexey.Zverev@exactpro.com

Аннотация. Системы агрегации и распределения информации о котировках широко применяются в современном трейдинге. Они позволяют собирать в реальном времени котировки с нескольких рынков, представлять данные о них в едином формате и распространять их в электронном виде в зависимости от запросов и целей внешних клиентов, трейдеров. В данной статье рассмотрена возможность применения симуляторов рынка к тестированию таких систем. Проведён анализ основных тестовых сценариев для систем распределения информации о котировках. Выделен набор основных функциональных и нефункциональных сценариев тестирования, необходимых для контроля качества распределения информации о котировках. Произведена сравнительная оценка симуляторов рынка и реальных тестовых площадок.
Ключевые слова: система агрегации и распределения информации о котировках (Ticker Plant, Market Data), биржа, тестовая платформа, симулятор рынка, функциональное тестирование, нефункциональное тестирование.

1 Введение

Современный электронный трейдинг невозможно представить себе без актуальных сведений о финансовых инструментах, заявках и сделках на них. Высоконагруженные биржевые и брокерские системы предоставляют рыночные данные о торгуемых на них финансовых инструментах через собственные специальные компоненты, называемые каналами распространения рыночных данных (или Market Data Feeds). Каждый финансовый инструмент - это значительное количество информации, генерирующейся ежесекундно, поэтому способность распространять весь поток рыночных данных и скорость распространения информации о котировках и финансовых сделках для каждого

финансового инструмента являются основными характеристиками для такого рода компонентов высоконагруженных систем.

1.1 Рыночная информация (Market Data) и ее основные представления

Обычно рыночная информация включает в себя следующий набор параметров, специфичных для определённого финансового инструмента: краткое название инструмента (ticker symbol), цена последней сделки (last trade price), текущие лучшие цены спроса и предложения (Best Bid & Offer), идентификационный номер инструмента (ISIN), биржа, на которой произошла сделка (exchange code), время последней сделки (Trade Time), цена сделки при закрытии торговой сессии на инструменте (Close Price). В зависимости от сложности высоконагруженных биржевых систем, рыночная информация о котировках может обрабатываться внутренними компонентами электронных бирж и обогащаться дополнительной информацией: например, об общем объёме сделок в течение биржевого дня (Turnover), о средневзвешенной цене по общему объёму и количеству сделок (VWAP), а так же более детальной информацией об акции или деривативе – справочные данные, такие как параметры трейдеров, рынка, торговых сессий, инструментов (или Reference Data). Справочные данные (Reference Data или Static Data) представляют собой информацию об инструменте, которая не меняется в режиме реального времени: например, международный идентификационный код ценной бумаги (ISIN), цена сделки при закрытии трейдинговой сессии за предыдущий день (Close Price), валюта, в которой данный финансовый инструмент торгуется на бирже (Currency), параметры так называемых «прерывателей торгов», которые чаще указываются в процентных соотношениях к цене последней сделки (Dynamic or Static Circuit Breaker Tolerances (%)), и так далее[1].

Для предоставления перечисленной выше информации существует ряд стандартных протоколов распространения котировок (например, FIX/FAST [2]), так называемых протоколов распространения котировок с фиксированной длиной сообщений (например,ITCH [3]), или кодированные протоколы передачи данных (например, HTTPS (HyperText Transfer Protocol Secure) [4] [5]).

Многие электронные биржи распространяют информацию о котировках как через стандартные протоколы, так и через специальные. Трейдеры часто не могут позволить себе дорогостоящую разработку программ, которые бы собирали необходимую им для работы информацию о котировках. Таким образом, возникает необходимость создания систем сбора и агрегации рыночных данных с различных бирж и по различным финансовым протоколам передачи данных.

1.2 Система агрегации информации (Ticker Plant) и ее основные функции

Ticker Plant - это система агрегации информации о котировках с различных электронных торговых площадок (или бирж) и её распределения. Данная система предоставляет рыночные данные трейдерам в нормализованном или унифицированном виде [6]. Зачастую Ticker Plant рассчитывает дополнительные параметры на основе предоставленных рыночных данных, то есть обогащает статистическую информацию об акциях и деривативах. Кроме того, для таких систем характерна способность объединять однородные величины распространяемых котировок: ценовые уровни (Price Levels), предоставление котировок согласно запросам клиентов (например, широко распространены такие сервисы, как Level 1, Level 2, Index, T&S, News) в режиме реального времени, а так же хранение переданной рыночной информации.

Указанные выше типы сервисов по предоставлению рыночной информации достаточно распространены в электронной торговле финансовыми инструментами. Рассмотрим каждый из них подробнее:

- Level1 - информация о последних Bid/Ask, OHLC (Open, High, Low, Close), Volume;
- Level2 - информация о Level1 + Order Book (5-10 уровней глубины торговой книжки, Bid/Ask Px&Qty). Level2 может содержать атрибутированные или анонимные заявки), и использовать модели MBO (Market by Order, т.е. индивидуальное отображение всех заявок в пределах отдельно взятого ценового уровня) и MBP (Market by Price, т.е. агрегированное отображение заявок в пределах отдельно взятого ценового уровня). [7];
- Level2 - Total View - более полная информация по сравнению с Level2;
- News - последние новости о компании [8];
- Index - данные об индексах [9].

Схематичное представление системы агрегации и распределения информации о котировках (Ticker Plant) показано на рисунке 1.



Рис. 1. Схема системы Ticker Plant.

2 Основные требования к системе агрегации и распределения информации о котировках (Ticker Plant)

Исходя из описания системы агрегации и распределения информации о котировках (Ticker Plant) и основных её характеристик, выделенных выше, мы определяем набор требований, которым такая система должна соответствовать. При тестировании такой системы мы будем обращаться к этому набору характеристик. Для того, чтобы было удобно оценивать каждую характеристику, мы распределили их на функциональные и нефункциональные.

Итак, система агрегации и распределения информации о котировках (Ticker Plant) должна решать следующие задачи:

- с функциональной точки зрения:

1. собирать рыночную информацию о котировках из нескольких источников (поставщиков рыночной информации: бирж, банков);
2. обрабатывать справочные данные (reference data), предоставляемые биржами;
3. обрабатывать информацию о котировках, предоставляемую по различным протоколам передачи данных, в режиме реального времени;
4. преобразовывать полученную информацию в один формат;
5. агрегировать данные о котировках согласно различным методам, описанным выше;

6. обрабатывать эти данные с целью расширить функциональность системы: например, предоставлять статистику (VWAP, Turnover, Trade High/Low, 52 week Trade High/Low);

7. предоставлять данные согласно запросам клиентов: Level1, Level2, T&S, News, Index, Option chains и другое;

8. предоставлять записанную историческую информацию о котировках.

• с нефункциональной точки зрения:

1. быструю обработку потоков информации о котировках, поступающей в режиме реального времени от электронных бирж;

2. быструю обработку запросов, поступающих от клиентов и предоставление данных о котировках в зависимости от вида запроса клиента (например, отдельно на торгуемый инструмент, или на группу инструментов, или на весь рынок);

3. бесперебойную работоспособность системы;

4. управляемость системой (operability);

5. возможность мониторинга систем (наличие приложений, с помощью которых можно наблюдать за системой или управлять её компонентами);

6. пропускную способность (throughput);

7. временную задержку (latency);

8. отказоустойчивость (fault tolerance).

Определив набор функциональных и нефункциональных характеристик системы агрегации и распределения информации о котировках (Ticker Plant), нам необходимо понять, как будет проходить процесс тестирования отдельно взятой характеристики. Очевидными становятся два пути тестирования такого рода систем.

Первый - это тестирование с реальными тестовыми площадками (CDS - customer development service [10]). Обычно биржи предоставляют своим клиентам тестовые окружения (test environments), аналогичные реальной электронной трейдинговой платформе. Чаще всего это делается с целью пройти сертификационный процесс или предоставить клиентам возможность для отладки своего клиентского программного обеспечения.

И второй - это тестирование с помощью симуляторов трейдинговых платформ, разработанных на основе данных о бирже, находящихся в публичном доступе.

3 «Тестовая» биржа: описание и основные возможности

“Тестовая” биржа - это своего рода полная копия реальной трейдинговой биржи [11]. Такой аналог трейдинговой биржи должен наиболее полно представлять реальную электронную платформу. Тестовые биржи

предоставляются клиентам, которым необходимо отладить разработанное ими трейдинговое и информационное программное обеспечение [12]. Заявки и сделки в таких тестовых биржах генерируются как следствие взаимодействия самих клиентов, тестирующих собственное программное обеспечение, друг с другом.

В идеале тестовая биржа состоит из тех же компонентов и частей, что и реальная биржевая система[13]. Торговые сессии, основные параметры торгуемых инструментов, правила трейдинга, графические приложения для управления настройками справочных данных (reference data) и т.д - все эти характеристики полностью аналогичны компонентам реальной системы. Поэтому такое тестовое окружение (test environment) позволяет проверять программное обеспечение, заведомо ориентируясь на аналогичные настройки в реальной системе.

Ниже приведена схема тестирования Ticker Plant с применением тестовой биржи.

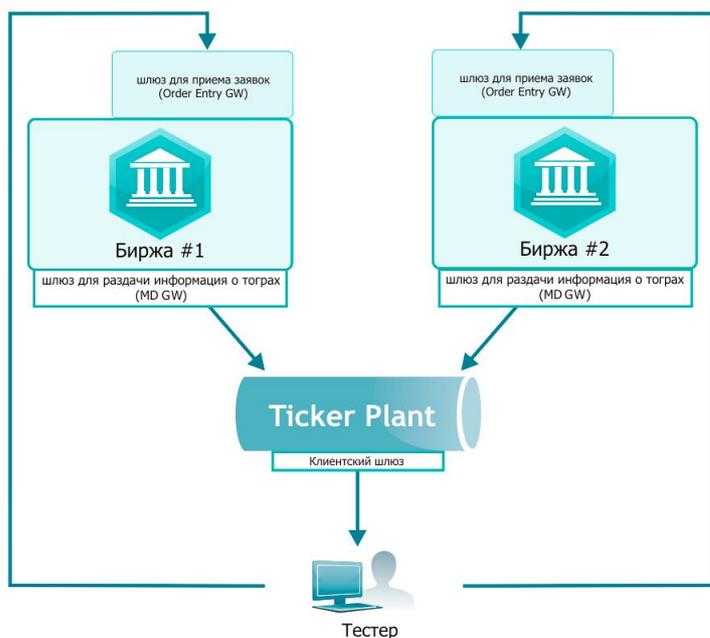


Рис.2 Тестирование Ticker Plant с помощью тестовой биржи

4 Симулятор рынка ценных бумаг: описание и основные возможности

Симулятор рынка ценных бумаг (или биржевой симулятор) - это интерактивная программа, разработанная для имитации возможностей и свойств реальных моделей рынка[14]. Симулятор рынка должен уметь эмулировать реальные действия, происходящие на бирже: сам трейдинг (размещение заявок, генерацию сделок, изменения статусов инструментов и т.д), симуляцию мониторинга за ходом торгов на рынке и внесение изменений (market operations: отмена/изменение заявок и сделок, остановка торгов, и т.д.), режим работы рынка (переход рынка из одного статуса в другой - открытие рынка (Market Open), аукционы (Opening/Closing/ Periodic Auction Calls), вычисления цен аукционов и публикация цены закрытия, закрытие рынка и т.д. Биржевой симулятор рынка содержит API, аналогичный реальной бирже, с элементами контроля отсылаемых ответов клиенту[15]. Такие симуляторы рынков позволяют иметь более полный контроль над генерируемыми событиями для системы агрегации и распределения информации о котировках (Ticker Plant)[16], таким образом увеличивая покрытие тестирования системы. С помощью симуляторов можно создать необходимую нагрузку, сравнимую с потоками данных, свойственным реальным высоконагруженным биржевым и брокерским системам.

Далее представлена схема верификации системы Ticker Plant при помощи симулятора.

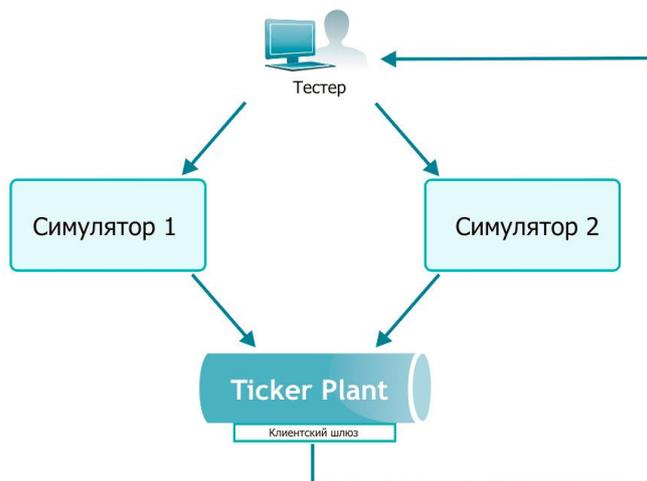


Рис.3 Схема тестирования Ticker Plant с применением симулятора

5 Составление библиотеки сценариев и тестов для верификации корректности работы системы агрегации и распределения информации о котировках (Ticker Plant)

Исходя из основных требований к системе Ticker Plant, мы разработали библиотеку сценариев тестирования, которыми можно проверить работоспособность такой системы. В таблице 1 приведены области тестирования системы Ticker Plant и дано их краткое описание. Таблица также показывает оценочную шкалу областей тестирования по приоритетам. Например, если напротив той или иной области указан приоритет 1, это означает, что при возникновении ошибок в этой области тестируемая система Ticker Plant не сможет полноценно выполнять свою основную задачу. Приоритет 3 означает, что при наличии ошибок в этой области, система может выполнять свою основную задачу, но с некоторыми отклонениями.

Табл. 1. Области тестирования Ticker Plant.

№	Область тестирования	Описание	Приоритет (1 - 3)
1	Техническое подключение к биржам - поток данных о котировках и сделках в режиме реального времени (streaming quotes - real time) <ul style="list-style-type: none">▪ UDP (User Datagram Protocol)▪ TCP/IP (Transmission Control Protocol (TCP) и Internet Protocol (IP))▪ HTTPS (HyperText Transfer Protocol Secure)	<ul style="list-style-type: none">- возможности подключения к основным каналам (primary channel);- подключение к запасным каналам (secondary channels);- отказоустойчивость (fault tolerance);- тестирование аварийного восстановления данных (disaster recovery)	1

№	Область тестирования	Описание	Приоритет (1 - 3)
2	Техническое подключение к биржам - каналы восстановления данных (Replay/Recovery channels)	<ul style="list-style-type: none"> - возможности подключения к основным каналам (primary channel); - подключение к запасным каналам (secondary channels); - отказоустойчивость (fault tolerance); - тестирование аварийного восстановления данных (disaster recovery) 	1
3	Тестирование интерфейса протокола от биржи к системе Ticker Plant (real time + replay/recovery)	<ul style="list-style-type: none"> - проверка административных сообщений, инициируемых Ticker Plant (Administrative messages: Login Request, Replay Request, Snapshot Request, Logout Request); - проверка административных сообщений, инициируемых каналом (Administrative messages): Heartbeat, Login Response, Replay Response, Snapshot Response, Snapshot Complete); - проверка сообщений приложения (Application messages: Time, System Event, Symbol Directory, Symbol Status, Add Order, Add Attributed Order, Order Deleted, Order Modified, Order Book Clear, Order Executed, Order Executed with Price/Size, Trade, Auction Trade, Off-Book Trade, Trade Break, Auction Info, Statistics); - проверка обязательных полей (mandatory tags/values) и значений; - проверка необязательных полей и значений (optional tags/values); - проверка всевозможных вариантов и сочетаний значений тагов (Order Type, TIF и т.д); - проверка негативных значений (неподдерживаемые значения, отрицательные значения, специальные символы, и т.д) 	1
4	Восстановление потери небольшого количества данных (Replay channel)	<ul style="list-style-type: none"> - возможности подключения к основному каналу (primary channel); - подключение к запасным каналам (secondary channels); - проверка последовательности полученных данных; 	1

№	Область тестирования	Описание	Приоритет (1 - 3)
		<ul style="list-style-type: none"> - проверка полученных данных на правильность; - проверка объёма буферизации данных 	
5	Восстановление потери большого количества данных (Recovery channel)	<ul style="list-style-type: none"> - возможности подключения к основному каналу (primary channel); - подключение к запасным каналам (secondary channels); - проверка последовательности полученных данных; - проверка полученных данных на правильность; - проверка объёма переданных данных 	1
6	Проверка справочных данных (Reference Data)	<ul style="list-style-type: none"> - возможность загрузить данные о финансовых инструментах, предоставляемых биржей; - правильность обработки данных; - использование справочных данных для подсчета различных показателей 	1
7	Тестирование поведения системы Ticker Plant при отказе компонентов биржи (Failover при потоке данных с биржи)	<ul style="list-style-type: none"> - восстановление данных после отказа основного и/или запасного каналов; - возможность переключения; - правильная последовательность сообщений; - возможность дальнейшей обработки данных после восстановления 	1
8	Тестирование при отказе компонентов системы Ticker Plant (Failover при потоке данных из системы Ticker Plant)	<ul style="list-style-type: none"> - проверка работоспособности компонентов системы Ticker Plant при отказе основного/запасного каналов; - правильная последовательность сообщений; - возможность дальнейшей обработки данных после восстановления 	2
9	Тестирование полного трейдингового дня (цикла) работы системы Ticker Plant (DLC – Daily Life Cycle)	<ul style="list-style-type: none"> - проверка правильной последовательности старта компонентов системы Ticker Plant; - проверка правильной последовательности выключения компонентов системы Ticker Plant 	1

№	Область тестирования	Описание	Приоритет (1 - 3)
10	Тестирование полного трейдингового дня (цикла) на бирже (DLC – Daily Life Cycle)	<ul style="list-style-type: none"> - правильность последовательности входящих сообщений в течение дня; - добавление нового инструмента, изменение его параметров, удаление; - изменение статусов инструментов; - переход заявок из одной трейдинговой фазы в другую; - переход заявок из одного дня в другой 	1
11	Проверка всевозможных торговых статусов рынка	<ul style="list-style-type: none"> - проверка на присутствие данных видов статусов внутри системы Ticker Plant: например, Halt, Opening auction call, Pre-mandatory quote period, Continuous trading, End trade reporting, Closing auction call; - проверка обрабатывания переходов из одного статуса инструментов в другое; - проверка правильности обработки сообщений при массовой смене статусов на финансовых инструментах 	1
12	Измерение ширины потребляемого канала передачи данных по сети (Bandwidth)	- проводятся нагрузочные тесты для измерения объема передаваемых данных в единицу времени	1
13	Измерение пропускной способности каналов в единицу времени (Throughput)	- проводятся нагрузочные тесты для подсчета среднего количества гарантировано доставленных сообщений через каналы передачи данных	1
14	Измерение задержек (латентности (Latency) системы)	- проверка компонентов системы на задержку передачи данных во времени	1
15	Проверка нагрузочной способности системы (Capacity) - нагрузка входным потоком данных	- проверка на работоспособность системы Ticker Plant при большом входном потоке данных	2
16	Проверка нагрузочной способности системы (Capacity) - нагрузка	- проверка на обработку системой Ticker Plant большого количества запросов	2

№	Область тестирования	Описание	Приоритет (1 - 3)
	с клиентской стороны системы Ticker Plant		
17	Проверка системы Ticker Plant при неправильных запросах клиентов и ответная реакция на них для Replay/Recovery каналов	<ul style="list-style-type: none"> - попытки подключения клиента (CompID) с недостаточным количеством прав; - попытки подключения с несуществующим пользователем; - проверки максимального количества подключений; - проверки максимального количества запросов 	1
18	Проверка правильности обработки системой Ticker Plant некорректных сообщений от биржи	<ul style="list-style-type: none"> - отклик на несуществующие сообщения (messages types); - неправильное количество тагов; - неправильный порядок тагов; - неправильная контрольная сумма (checksum) 	2
19	Проверка корректности работы системы в целом - от трейдингового клиента до системы Ticker Plant (E2E тестирование)	<ul style="list-style-type: none"> - добавление заявок; - изменение заявок; - удаление заявок; - добавление агрессивных заявок (приводящих к сделке) 	1
20	Сложные сценарии на функциональность самой биржи	<ul style="list-style-type: none"> - проверка на то, как система обрабатывает очередность событий (например, многоуровневые сделки с айсберг заявками); - вычисления цены аукциона; - поведение Stop /Stop Limit ордеров в зависимости от фазы трейдингового дня; - проверка поведения GTC ордеров в течение нескольких дней 	2
21	Реконсильационное тестирование	<ul style="list-style-type: none"> - проверка при сравнении потоков, идущих к системе и от системы (детальная проверка на то, что каждое событие, поступившее на вход системы, обработалось и отобразилось на выходном потоке) 	1

№	Область тестирования	Описание	Приоритет (1 - 3)
22	Тестирование MBO (market by order) и MBP (market by price) сервисов	- функциональна проверка сервисов, предоставляемых системой Ticker Plant	1
23	Проверки расчёта индексов	- проверка правильности расчетов индексов в зависимости от потока сделок	2
24	Правильность расчёта статистических данных	- проверка расчёта VWAP, Turnover, Trade High Low, 52 week Trade High Low и т.д.	2
25	Работа с историческими данными	- сбор исторических данных; - сортировка в зависимости от типа данных; - выдача результатов согласно запросам клиентов; - возможность проигрывать записанные исторические данные	2
26	Проверка получения и передачи новостных каналов от бирж	- тестирование новостей (News); - тестирование оповещений клиентов (Announcements)	3
27	Проверка действия биржевого оператора	- отмена сделок; - изменение параметров сделки	2
28	Проверка сложных запросов клиента	- выдача данных для деривативного инструмента (опционные цепочки - option chains) на запрашиваемый базовый инструмент	2
29	Мониторинг системы	- проверка приложений, с помощью которых можно наблюдать за системой или управлять её компонентами	1

6 Методика анализа покрытия тестирования системы агрегации и распределения информации о котировках (Ticker Plant) при помощи инструментов для тестирования

Для того, чтобы оценить и проанализировать, насколько полно инструменты тестирования покрывают области функциональности системы Ticker Plant, которую необходимо протестировать, нами была разработана специальная методика. Она основывается на переборе сценариев в процентном отношении к всевозможным сценариям, относящимся к той или иной области. Основываясь на опыте тестирования, полученном в компании Exactpro Systems [17], была определена приоритетность областей системы Ticker Plant, обозначенной в правой колонке таблицы 1.

Следующий раздел рассказывает об опыте применения данной методики покрытия тестами для оценки полноты тестирования системы Ticker Plant, как с помощью реальных тестовых площадок, так и с помощью биржевых симуляторов.

6.1 Сравнительная характеристика оценочных данных при тестировании системы агрегации и распределения информации о котировках Ticker Plant с помощью реальной тестовой биржи и симулятора

В таблице 2 приведены сравнительные характеристики, включающие в себя оценочные данные, полученные в ходе тестирования системы Ticker Plant с помощью реальной тестовой биржи и симулятора, а так же детальное объяснение полученных данных.

Табл. 2. Сравнительные характеристики данных для тестовой биржи и симулятора.

№	Область тестирования	Покрытие функциональности при тестировании с помощью реальной тестовой биржей (%)	Покрытие функциональности при тестировании с помощью симулятора (%)	Детализация оценочных данных
1	Техническое подключение к биржам - поток данных о котировках и торгах в режиме реального времени	100	40	При данной оценке мы исходим из того что симулятор биржи, по своему определению, не способен полноценно воспроизвести все технические детали

№	Область тестирования	Покрытие функциональности при тестировании с помощью реальной тестовой биржей (%)	Покрытие функциональности при тестировании с помощью симулятора (%)	Детализация оценочных данных
	(streaming quotes - real time) <ul style="list-style-type: none"> ▪ UDP (User Datagram Protocol); ▪ TCP/IP (Transmission Control Protocol (TCP) и Internet Protocol (IP)); ▪ HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) 			соединения с биржей. Мы оцениваем, что если есть стандартная спецификация, то эмулировать шлюз можно примерно на 40%, исходя из набора тестовых сценариев на соединение с биржей
2	Техническое подключение к биржам - каналы восстановления данных (Replay/Recovery channels)	100	40	При данной оценке мы исходим из того, что симулятор не может воспроизвести всех технических деталей соединения с биржей. Мы оцениваем, что если есть стандартная спецификация, то эмулировать шлюз можно примерно с 40% -м покрытием сценариев.
3	Тестирование интерфейса протокола от биржи к системе Ticker Plant (real time + replay/recovery)	100	100	Данная функциональность (тестирование внешнего шлюза) изолирована от биржи, поэтому мы считаем, что использование симулятора и тестовой биржи обеспечивают одинаковое покрытие набора тестовых сценариев.

№	Область тестирования	Покрытие функциональности при тестировании с помощью реальной тестовой биржей (%)	Покрытие функциональности при тестировании с помощью симулятора (%)	Детализация оценочных данных
4	Восстановление потери небольшого количества данных (Replay channel)	100	100	Данная функциональность (тестирование внешнего шлюза) изолирована от биржи, поэтому мы считаем, что использование симулятора и тестовой биржи обеспечивают одинаковое покрытие набора тестовых сценариев.
5	Восстановление потери большого количества данных (Recovery channel)	75	100	Несмотря на то, что данная функциональность изолирована от биржи, ее проверка требует значительного потока кортировок с биржи. Исходя из нашего опыта, такое возможно не всегда с тестовой биржей, и есть ряд значительных ограничений. Поток данных с тестовых площадок обычно соответствует ожиданиям, однако его практически невозможно контролировать, чего не скажешь о симуляторе, контроль над которым находится в руках

№	Область тестирования	Покрытие функциональности при тестировании с помощью реальной тестовой биржей (%)	Покрытие функциональности при тестировании с помощью симулятора (%)	Детализация оценочных данных
				тестировщиков.
6	Проверка справочных данных (Reference Data)	100	5	Данное тестирование сосредоточено на верификации настроек системы, настроек финансовых инструментов и т.д. Необходимо тестировать в связке с реальными рынками.
7	Тестирование поведения системы Ticker Plant при отказе компонентов биржи (Failover при потоке данных с биржи)	100	10	Тестирование с симулятором в данном случае возможно, но значительная часть тестов проверяет соединение между Ticker Plant и биржами. При данной оценке мы исходим из того, что симулятор не может воспроизвести всех технических деталей соединения с биржей. При наличии стандартной спецификации, эмулирование шлюза возможно с 40% -м покрытием сценариев.
8	Тестирование при отказе компонентов системы Ticker Plant (Failover при потоке данных из системы Ticker	100	40	Возможно тестирование с симулятором, но значительная часть тестов верифицирует соединение между Ticker Plant и рынками. При

№	Область тестирования	Покрытие функциональности при тестировании с помощью реальной тестовой биржей (%)	Покрытие функциональности при тестировании с помощью симулятора (%)	Детализация оценочных данных
	Plant)			данной оценке мы исходим из того, что симулятор априори не может воспроизвести всех технических деталей соединения с биржей. Мы оцениваем, что если есть стандартная спецификация, то эмулировать шлюз можно примерно с 40% -м покрытием.
9	Тестирование полного трейдингового дня (цикла) работы системы Ticker Plant (DLC – Daily Life Cycle)	40	100	Всвязи с большими ограничениями в управлении торговым днем на тестовых площадках, симулятор предоставляет больше возможностей при воспроизведении подобных сценариев тестирования.
10	Тестирование полного трейдингового дня (цикла) на бирже (DLC – Daily Life Cycle)	100	40	Не смотря на то, что предыдущее обоснование применимо и в данном случае, в данном сценарии больший вес имеет понятие того, что входящие сообщения создаются при помощи тестового рынка, согласно настройкам справочных данных (Reference Data) самой биржи. При данной оценке мы

№	Область тестирования	Покрытие функциональности при тестировании с помощью реальной тестовой биржей (%)	Покрытие функциональности при тестировании с помощью симулятора (%)	Детализация оценочных данных
				исходим из того, что симулятор априори не может воспроизвести всех технических деталей соединения с полного трейдингового дня (цикла) работы системы (DLC). Поэтому оценка покрытия составляет лишь 40%.
11	Проверка всевозможных торговых статусов рынка	50	100	В связи с ограничениями в управлении торговым днем на тестовых площадках, симулятор предоставляет больше возможностей при воспроизведении подобных сценариев.
12	Измерение ширины потребляемого канала передачи данных по сети (Bandwidth)	75	100	Тестирование с симулятором возможно; для тестовых площадок имеется значительная зависимость от аппаратных средств и настроек их производительности. В данном случае симулятор имеет преимущество.
13	Измерение пропускной способности каналов в единицу времени	75	100	Тестирование с симулятором возможно; для тестовых площадок имеется значительная

№	Область тестирования	Покрытие функциональности при тестировании с помощью реальной тестовой биржей (%)	Покрытие функциональности при тестировании с помощью симулятора (%)	Детализация оценочных данных
	(Throughput)			зависимость от аппаратных средств и настроек их производительности. В данном случае симулятор имеет преимущество.
14	Измерение задержек (латентности (Latency) системы)	75	100	Тестирование с симулятором возможно; для тестовых площадок имеется значительная зависимость от аппаратных средств и настроек их производительности. В данном случае симулятор имеет преимущество.
15	Проверка нагрузочной способности системы (Capacity) - нагрузка входным потоком данных	75	100	Тестирование с симулятором возможно; для тестовых площадок имеется значительная зависимость от аппаратных средств и настроек их производительности. В данном случае симулятор имеет преимущество.
16	Проверка нагрузочной способности системы (Capacity) - нагрузка с клиентской стороны системы Ticker Plant	75	100	Тестирование с симулятором возможно; для тестовых площадок имеется значительная зависимость от аппаратных средств и настроек их производительности. В данном случае симулятор имеет

№	Область тестирования	Покрытие функциональности при тестировании с помощью реальной тестовой биржей (%)	Покрытие функциональности при тестировании с помощью симулятора (%)	Детализация оценочных данных
				преимущество.
17	Проверка системы Ticker Plant при неправильных запросах клиентов и ответная реакция на них для Replay/Recovery каналов	100	100	Данная функциональность (тестирование внешнего шлюза) изолирована от биржи, поэтому мы считаем, что использование симулятора и тестовой биржи обеспечивают одинаковое покрытие.
18	Проверка правильности обработки системой Ticker Plant некорректных сообщений от биржи	25	100	В данном случае симулятор может отправлять на вход Ticker Plant достаточно гибкий набор негативных сценариев тестирования, что обеспечивает большее покрытие. Однако, с другой стороны, абсолютное число сценариев, с технической точки зрения, имея при этом только спецификацию биржи, невозможно воспроизвести.
19	Проверка корректности работы системы в целом - от трейдингового клиента до системы Ticker Plant (E2E тестирование)	90	85	Данное тестирование представляет собой набор всех трейдинговых сценариев тестирования. Это можно обеспечить как симулятором, так и тестовой площадкой. Поэтому

№	Область тестирования	Покрытие функциональности при тестировании с помощью реальной тестовой биржей (%)	Покрытие функциональности при тестировании с помощью симулятора (%)	Детализация оценочных данных
				оценочная характеристика примерно одинаковая.
20	Сложные сценарии на функциональность самой биржи	50	100	Оба подхода предоставляют равные возможности при эмуляции сложных сценариев. Поскольку симулятор подконтролен тестирующим, он дает больше возможностей при эмуляции по настоящему нетривиальных событий.
21	Реконсильционное тестирование	100	50	В данном тесте происходит сравнение потока данных из биржи и из Ticker Plant. Тестирование с реальной тестовой площадкой предпочтительнее и является более правильным, поскольку она по умолчанию является независимым источником котировок.
22	Тестирование MBO (market by order) и MBP (market by price) сервисов	100	100	Данная функциональность (тестирование внешнего шлюза) изолирована от биржи, поэтому мы считаем, что использование

№	Область тестирования	Покрытие функциональности при тестировании с помощью реальной тестовой биржей (%)	Покрытие функциональности при тестировании с помощью симулятора (%)	Детализация оценочных данных
				симулятора и тестовой биржи обеспечивают одинаковое покрытие.
23	Проверки расчета индексов	50	100	Данная функциональность должна проверяться при полном контроле над рынком. Симулятор имеет явное преимущество, с чем и связана такая оценка покрытия.
24	Правильность расчёта статистических данных	50	100	Данная функциональность должна проверяться при полном контроле над рынком. Симулятор имеет явное преимущество, с чем и связана такая оценка покрытия.
25	Работа с историческими данными	50	100	Необходима эмуляция искусственных исторических событий. Для повторяемости тестов необходим симулятор, а не тестовая площадка, на события в которой также могут влиять и другие её пользователи.
26	Проверка получения и передачи новостных каналов от бирж	50	100	В этом тесте необходима эмуляция искусственных новостей. Для повторяемости тестов и полного

№	Область тестирования	Покрытие функциональности при тестировании с помощью реальной тестовой биржей (%)	Покрытие функциональности при тестировании с помощью симулятора (%)	Детализация оценочных данных
				контроля необходим симулятор.
27	Проверка действия биржевого оператора	100	30	Системы для управления рынками должны проверяться в связке с реальными системами, на которых будет впоследствии работать система. Преимущество у тестовой площадки.
28	Проверка сложных запросов клиента	100	100	Данная функциональность (тестирование внешнего шлюза) изолирована от биржи, поэтому мы считаем, что использование симулятора и тестовой биржи обеспечивают одинаковое покрытие.
29	Мониторинг системы	100	30	Системы для управления рынками должны проверяться в связке с реальными системами, с которыми будет впоследствии работать система. Преимущество у тестовой площадки.

Может сложится ощущение, что полное покрытие тестирования системы Ticker Plant возможно исключительно с использованием симуляторов (как видно из таблицы 2). Однако в реальности это не так. Основное препятствие состоит в том, что эмулировать торговую площадку со 100%-й точностью - невозможно. В особенности это касается непосредственного взаимодействия между Ticker

Plant системой и различными рынками. Причина этого в том, что любая спецификация о протоколе соединения с биржей содержит ограниченное описание поведения при различных ситуациях, поэтому даже если симулятор воспроизведет 100% спецификации с точностью до нюансов, всё равно останутся элементы, сделанные «на усмотрение» создателей симулятора.

Для наглядности приведем пример. Предположим, на бирже происходит сделка, и биржа рассылает клиентам два события: первое событие содержит объем и цену сделки; второе событие содержит изменение HIGH, LOW параметров цены на данном финансовом инструменте. Если какой-либо алгоритм при расчете индекса использует и первое, и второе события, то вполне вероятно, что для дальнейшей работы такого алгоритма будет важно, в каком порядке описанные выше события приходят. Маловероятно, что спецификация торговой площадки будет содержать требования к порядку сообщений и событий. Более того, - раз этого требования нет в спецификации, биржа может легко поменять этот порядок. Таким образом, у нас есть пример сценария, который невозможно симулировать точно. В связи с этим, существенный объем тестирования должен осуществляться на тестовой площадке, которая наиболее близко соответствует поведению реального рынка. Данное заключение так же дано, опираясь на опыт в тестировании Ticker Plant систем.

Более наглядно сравнительный анализ покрытия тестами при помощи различных инструментов тестирования выглядит на рисунке 4.



Рис. 4. Сравнительный анализ покрытия тестами при помощи тестовой биржи и симулятора

Анализ данных, приведенных в таблице 2 и на рисунке 4, показывает, что тестирование с помощью симуляторов и реальных тестовых бирж (в разумный временной период) имеет свои плюсы и минусы. В целом, мы имеем приблизительно одинаковые показатели по оценочной методике.

Общая формула покрытия всех функциональностей соответствующим инструментом тестирования:

$$\text{Summ}(\text{CovN}*(1/\text{PriorN}))/\text{Summ}(1/\text{PriorN}) . \quad (1)$$

где *Summ* - сумма (Табл. 2), *CovN** - относительное покрытие данной функциональности соответствующим инструментом тестирования (Табл. 2), *PriorN* - приоритет данной функциональности (Табл. 1).

Итоговый результат: тестирование при помощи симуляторов обеспечивает 76% покрытия; тестирование при помощи тестовой площадки - 83%.

7 Заключение

В данной статье приводится описание системы агрегации и распределения информации о котировках (Ticker Plant), перечислены его основные характеристики, составлена справочная библиотека скриптов для тестирования, максимально покрывающих функциональность обобщенной системы Ticker Plant. Также в статье даны определения биржевого симулятора и реальной тестовой биржи. При помощи разработанной методики оценки покрытия сценариями для тестирования системы агрегации и распределения информации о котировках (Ticker Plant) были проанализированы и обработаны два возможных пути тестирования: при помощи реальной тестовой биржи и симуляторов бирж. На основе двух сводных таблиц было выведено заключение о преимуществах тестирования как с реальной тестовой биржей, так и с биржевым симулятором.

Литература

1. Официальный сайт B2Bits <epam>. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.b2bits.com/trading_solutions/market-data-solutions.html
2. Официальный сайт FIXprotocol. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.fixprotocol.org/>
3. Документация о Level1 Market Data / Официальный сайт Лондонской Фондовой Биржи – London Stock Exchange // [Электронный ресурс]. – Режим доступа

- <http://www.londonstockexchange.com/products-and-services/millennium-exchange/millennium-exchange-migration/mit303.pdf>
4. P. Karlton, P. Kocher.: The Secure Sockets Layer (SSL) Protocol Version 3.0 // [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://tools.ietf.org/html/rfc6101>
 5. Официальный сайт FTSE. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.ftse.com/Indices/Data_Licenses/Real-time_Constituent_Data.jsp
 6. Официальный сайт B2Bits <epam>. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.b2bits.com/trading_solutions/market-data-solutions.html
 7. Building the Book: A Full-Hardware Nasdaq Itch Ticker Plant on Solarflare's AoE FPGA Board / Sherman, M., Sood, P., Wong, K., Iakovlev, A., Parashar, N. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.cs.columbia.edu/~sedwards/classes/2013/4840/reports/Itch.pdf>
 8. Официальный сайт Токуо Stock Exchange // [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.tse.or.jp/english/market/mkinfo/mains.html>
 9. Day Trading. / Официальный сайт About.com // [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://daytrading.about.com/od/daytradingmarketdata/a/MarketDataDefin.htm>
 10. Customer Development Service (CDS). / Официальный сайт Лондонской Фондовой Биржи – London Stock Exchange // [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.londonstockexchange.com/products-and-services/technical-library/customer/customerdevelopmentservice/customerdevelopmentservice.htm>
 11. Trading Floor Architecture / Официальный сайт Cisco // [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Verticals/Trading_Floor_Architecture-E.html
 12. Официальный сайт BSE India // [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.bseindia.com/markets/MarketInfo/DispNoticesNCirculars.aspx?page=20120531-22&pagecont=0,31/05/2012,31/05/2012,,All,All,All,Scrip%20Name%20/%20Code>
 13. Официальный сайт ММВБ // [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://rts.micex.ru/s437>
 14. Статья К.В.Воронцов (ВЦ РАН), С.Б. Пшеничников (ММВБ): Имитационное моделирование торгов: новая технология биржевых тренажеров. / Журнал «Индикатор», №2 (42). М. 2002 год // [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.forecsys.com/site/about/press/exchange_simulator/
 15. Официальный сайт Oslo Bors Stock Exchange. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.oslobors.no/ob_eng/Oslo-Boers/Trading/Delta/Millennium-Exchange/Guide-to-Testing-Services-updated-issue
 16. Zverev, A., Bulda, A.: Exchange Simulators for SOR. Algo Testing: Advantages vs. Shortcomings. / Конференция ExTENT // [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.slideshare.net/extentconf/exchsims-forsoralgotestingadvantagesvsshortcomings2910201111113011104phpapp02>
 17. Официальный сайт Exactpro Systems. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.exactprosystems.com/>