

Advanced Stream and Sampling Framework for IP Performance Metrics (IPPM)

Усовершенствованная схема для потоков и выборки IPPM

Аннотация

Для получения повторяемых результатов в современных сетях описания тестов требуют расширения для указания параметров потоков, дополняющих аспекты тестовых пакетов Type-P. Этот документ обновляет схему показателей производительности (IP Performance Metrics или IPPM), представленную в RFC 2330, дополнительным рассмотрением методологии измерений и тестирования. Имеющаяся модель в основном предполагает детерминированную связность и представление тестовым потоком характеристик пути при его объединении с другими потоками. Сети развиваются и вместе с этим должны развиваться описания тестовых потоков, поскольку в ином случае на измерение производительности могут влиять неожиданные свойства сети. В этом документе описаны новые параметры потоков для характеристики сети и поддержки разработки приложений, использующих показатели IPPM.

Статус документа

Этот документ не относится к категории проектов стандартов (Internet Standards Track) и публикуется для информации.

Документ является результатом работы IETF¹ и представляет собой согласованное мнение сообщества IETF. Документ был вынесен на публичное рассмотрение и одобрен для публикации IESG². Дополнительная информация о документах BCP представлена в разделе 2 документа RFC 5741.

Информация о текущем статусе этого документа, обнаруженных ошибках и способах обратной связи может быть найдена по ссылке <http://www.rfc-editor.org/info/rfc7312>.

Авторские права

Авторские права ((с) 2014) принадлежат IETF Trust и лицам, указанным в качестве авторов документа. Все права защищены.

К документу применимы права и ограничения, указанные в BCP 78 и IETF Trust Legal Provisions и относящиеся к документам IETF (<http://trustee.ietf.org/license-info>), на момент публикации данного документа. Прочтите упомянутые документы внимательно. Фрагменты программного кода, включённые в этот документ, распространяются в соответствии с упрощённой лицензией BSD, как указано в параграфе 4.e документа IETF Trust Legal Provisions, без каких-либо гарантий (как указано в Simplified BSD License).

Оглавление

1. Введение.....	1
1.1. Определение реактивного поведения пути.....	2
1.2. Уровни требований.....	2
2. Область действия.....	2
3. Новые и пересмотренные параметры потоков.....	3
3.1. Тестовые пакеты Type-P.....	3
3.1.1. Размеры тестовых пакетов.....	3
3.1.2. Оптимизация содержимого тестовых пакетов.....	3
3.2. История пакетов.....	4
3.3. Смена технологии доступа.....	4
3.4. Каналы с временными интервалами - устранение случайности.....	4
4. Качество показателей и методик.....	4
4.1. Пересмотренное определение воспроизводимости.....	5
4.2. Непрерывность больше не является критерием воспроизводимости.....	5
4.3. Показателям следует быть действенными.....	5
4.4. Консервативность может быть невозможна.....	6
4.5. Пространственная и временная композиция для несмещенной выборки.....	6
4.6. Отсечка распределения Пуассона.....	6
5. Заключение.....	6
6. Вопросы безопасности.....	6
7. Благодарности.....	6
8. Литература.....	6
8.1. Нормативные документы.....	6
8.2. Дополнительная литература.....	7

1. Введение

Рабочая группа IETF IPPM описала схему разработки показателей в [RFC2330]. Эта схема проверена временем и позволила создать множество фундаментальных показателей, хотя обновлялась лишь один раз в [RFC5835].

¹Internet Engineering Task Force - комиссия по решению инженерных задач Internet.

²Internet Engineering Steering Group - комиссия по инженерным разработкам Internet.

Модель IPPM [RFC2330] обычно опирается на несколько допущений, одно из которых не указано явно, но предполагается - для слабо загруженных путей соблюдается зависимость «задержка сериализации = размер пакета / пропускную способность» и в пути не сохраняется состояние или история (с некоторыми исключениями; например, учитываются межсетевые экраны). Однако такое допущение не всегда применимо в современных сетевых технологиях, таких как реактивные пути (с выделением ресурсов по запросам) и каналы с временными интервалами. Для тестовых потоков могут организовываться состояния и такая обработка оказывает влияние на измеряемые характеристики, поэтому её следует учитывать. История потока также влияет на производительность приложений и заметна для пользователей.

Кроме того, в разделе 4 и параграфе 6.2 [RFC2330] явно рекомендуются воспроизводимые показатели и методики. Измерения в современных сетях доступа показывают, что методические рекомендации [RFC2330] нужно расширить с учётом реактивной природы сетей. Предложены расширения, позволяющие методикам соблюдать требование непрерывности, указанное в параграфе 6.2 [RFC2330], но они не обеспечивают гарантии этого. Практические измерения подтверждают, что некоторые типы каналов дают разные отклики при повторе измерений с идентичными условиями (картинами трафика). При наличии возможности соответствующая тонкая настройка картины измерительного трафика может улучшить повторяемость измерений для таких каналов, как показано в [IBD].

Этот документ обновляет схему IPPM [RFC2330] расширенным рассмотрением методик измерения и тестов. Отмечено, что область действия IPPM в момент публикации [RFC2330] (и более 10 последующих лет) была ограничена активными измерениями и методами с генерацией потоков, предназначенных для измерения без мониторинга пользовательского трафика. Данный документ не меняет сферу действия схемы.

Это обновление [RFC2330] не отменяет и не требует вносить изменения в определения аналитических показателей, подготовленные рабочей группой IPPM. Документ, скорее, добавляет рассмотрение методик активных измерений и повышает важность введённых [RFC2330] соглашений и обозначений, таких как пакеты Type-P.

Среди эволюционных изменений сетей имеется явление, которое названо здесь «реактивным поведением».

1.1. Определение реактивного поведения пути

Реактивное поведение пути будет наблюдаемым потоком тестовых пакетов как повторяемое явление при «изменении» характеристик производительности потока пакетов в соответствии с предыдущими наблюдениями за интересующим потоком пакетов (на «реактивном» хосте или канале). Поэтому реактивное поведение пути номинально является детерминированным по отношению к интересующему потоку. Другие потоки или условия нагрузки могут вызывать дополнительную реакцию, но она будет внешней по отношению к интересующему потоку.

На практике отправитель может не иметь абсолютного контроля над входными характеристиками потока пакетов на реактивном хосте или канале, но это не отменяет наличия детерминированных реакций. При измерении пути характеристики прибытия на реактивный хост или канал определяются характеристиками отправки и передачи участвующих в процесс хостов и каналов. Идентичные картины трафика на передающем хосте могут создавать иные картины на входе реактивного хоста или канала в результате воздействия промежуточных элементов пути. Предполагается, что реактивный хост (канал) будет обеспечивать детерминированный отклик на идентичные картины на входе (все потоки, включая интересующий).

За исключением размера данных (payload) на интересующем уровне и самого заголовка, содержимое пакета не влияет на измерения. Реактивное поведение на уровне IP не зависит, например, от используемых портов TCP. Поэтому указание реактивного поведения должно включать уровень, на котором выполняются измерения.

Примеры включают каналы с активными и пассивными детекторами состояния, а также хосты и каналы, пересматривающие свою скорость отправки или пересылки трафика (вверх или вниз) на основе истории прихода пакетов.

Несмотря на сложность обработки с точки зрения измерений, элементы реактивных путей обычно рассчитаны на повышение общей производительности сети и улучшение взаимодействия с пользователем, например, за счёт предоставления активным пользователям дополнительной пропускной способности. Реактивное поведение может быть результатом решений по распределению дефицитных ресурсов в соответствии с запросами пользователей, поэтому данную задачу нужно решать для измерений и других направлений, таких как разработка приложений.

1.2. Уровни требований

Ключевые слова **необходимо** (MUST), **недопустимо** (MUST NOT), **требуется** (REQUIRED), **нужно** (SHALL), **не нужно** (SHALL NOT), **следует** (SHOULD), **не следует** (SHOULD NOT), **рекомендуется** (RECOMMENDED), **не рекомендуется** (NOT RECOMMENDED), **возможно** (MAY), **необязательно** (OPTIONAL) в данном документе интерпретируются в соответствии с RFC 2119 [RFC2119].

2. Область действия

Цель этого документа заключается в том, чтобы повысить воспроизводимость результатов измерений в современных сетях, выделяя основные аспекты тестовых потоков и пакетов и делая их частью схемы IPPM.

Документ обновляет основные разделы [RFC2330], добавляя соображения, которые помогут при разработке новых методик измерения, предназначенных для современных сетей IP. В частности, документ описывает полезные параметры потоков, которые дополняют параметры, описанные в параграфе 11.1 [RFC2330] и параграфе 4.2 [RFC3432] для периодических потоков.

Документ также рассматривает обновление критериев для показателей из раздела 4 в [RFC2330], методик измерений из параграфа 6.2 в [RFC2330] и других вопросов, связанных с качеством показателей и методов (раздел 4).

Другие аспекты [RFC2330], которые могут быть обновлены или дополнены, оставлены на будущее. Это включает вопросы пассивных и гибридных (активные и пассивные) измерений.

3. Новые и пересмотренные параметры потоков

Имеется несколько областей, где определения методики и интерпретация результатов выиграют от более глубокого понимания характеристик потоков и (возможно неизвестных) условий в сети, влияющих на измеряемые показатели.

1. Обработка в сети полностью зависит от определения «пакета Туре-Р» в [RFC2330], с которым связан ряд моментов, указанных ниже.
 - В разных точках пути часто поддерживаются состояния на уровне потоков, при этом «поток» определяется уровнем IP и другими уровнями. Имеются существенные различия в трактовке простейшего параметра Туре-Р - размера пакетов. **Рекомендуется** использовать разные размеры.
 - Оптимизация содержимого пакетов (сжатие или преобразование формата) на промежуточных сегментах нарушает соглашение о соответствии содержимого (payload) при сопоставлении результатов, полученных в разных точках пути.
2. История пакетов (мгновенная или недавняя скорость теста или бездействие с учётом не связанного с тестом трафика) оказывает существенное влияние на измеряемую производительность наряду с параметрами Туре-Р, описанными в [RFC2330].
3. В процессе тестирования может смениться технология доступа с изменением пропускной способности и метода доступа. При использовании разных интерфейсов ищущий доступ хост знает о смене технологии, что отличает этот вариант смены пути от других изменений состояния сети. В разделе 14 [RFC2330] рассматривается возможность наличия у хоста нескольких соединений с сетью, а также учёт того, что измерительный путь (маршрут) действителен в течение определённого времени (разделы 5 и 7 в [RFC2330]). Здесь эти два соображения объединены на основе допущения возможности более частых изменений и наличия более существенного влияния на показатели производительности.
4. Пути, включающие каналы или узлы с услугами на основе временных интервалов (time-slot) представляют некоторые сложности для измерений (когда интервал обслуживания становится заметным).
 - Случайные (несмещенные) выборки становятся невозможными за пределами одного такого канала в пути.
 - Вышеизложенное способствует сегментированному подходу к сквозным измерениям, как описано в [RFC6049] для Network Characterization (определено в [RFC6703]), чтобы увидеть весь диапазон задержек и их вариаций на пути. Если целью является оценка производительности приложения (как определено в [RFC6703]), может быть достаточно потока с несмещенными свойствами или известным смещением [RFC3432].
 - Мультимодальные вариации задержки делают центральную статистику малозначимой и взамен следует применять иные варианты.

Каждый из отмеченных здесь вопросов более подробно рассматривается ниже.

3.1. Тестовые пакеты Туре-Р

Рекомендуется добавить два параметра Туре-Р к факторам, влияющим на показатели производительности пути, а именно - размер пакетов и тип содержимого (payload). Тщательный выбор этих параметров может улучшить методики измерения, с точки зрения их непрерывности и повторяемости на реактивных путях.

3.1.1. Размеры тестовых пакетов

Многие случаи характеристики сетей с использованием метрик IPPM основаны на тестах с одним размером пакетов. При оценке производительности доступа или агрегированного трафика в методах сравнительного анализа применяется диапазон фиксированных размеров и тесты с фиксированным размером часто дополняются измерениями для разных размеров (Internet Mix или IMIX), как описано в [RFC6985].

Размер тестовых пакетов влияет на измерение задержки, поскольку метрика односторонней задержки в IPPM [RFC2679] включает время сериализации от первого бита до последнего в требования к временным меткам. Однако разные размеры пакетов могут оказывать большее влияние на задержку и её вариации, нежели отмеченная выше сериализация. Это влияние может быть нелинейным и мгновенные значения производительности могут быть разными для пакетов разного размера.

Повторяемость важна для методики измерений, как отмечено в параграфе 6.2 [RFC2330]. Для исключения влияния смены размера пакетов на результат в измерениях следует использовать идентичные картины трафика. На практике комбинация произвольного содержимого (payload) и произвольного времени запуска может давать репрезентативный результат, как показано в [IRR].

3.1.2. Оптимизация содержимого тестовых пакетов

Стремление к эффективному использованию сетевых ресурсов привело к развёртыванию методов сжатия без потерь или с незначительными потерями на серверах и в системах клиент-сервер для некоторых каналов и путей. Такая оптимизация включает попытки сжать трафик с большим объёмом для снижения загрузки сети. Файлы анализируются на уровне приложений и отдельные их части (например, комментарии) могут отбрасываться. Хотя такое сжатие обычно применяется для HTTP и файлов JPEG, оно может влиять и на измерительные пакеты. В частности, такие пакеты подлежат сжатию, если в них помещается обычное текстовое содержимое. Использование шифрования на транспортном уровне будет препятствовать анализу на сетевом уровне и может снизить эффективность сжатия.

Соответствующим IPPM измерениям следует добавлять содержимое пакетов как параметр Туре-Р, что может повысить уровень детерминированности измерений. Содержимое пакетов может различаться по эффективности сжатия, а оптимизаторы на пути измерения могут быть исключены путём включения несжимаемого содержимого. Таким содержимым могут быть псевдослучайные значения или фрагменты сжатых файлов (например, архива ZIP).

Оптимизация может выходить за рамки одного потока данных или измерений. К настоящему времени предложено или стандартизовано много технологий оптимизации на уровне клиента или сети, включая ROHC (Robust Header

Compression) и агрегирование Voice over IP [EEAW]. Там, где оптимизация возможна и нужна, могут применяться многие из таких технологий. В общем случае с ростом числа одновременных потоков на промежуточных хостах и длины общих путей для таких потоков растёт потребность в агрегировании потоков из разных источников. При измерениях следует учитывать эту дополнительную неопределённость в части повторяемости. Агрегирование потоков в сетевых устройствах может приводить, например, к их взаимному влиянию друг на друга и это может на порядки превышать влияние очередей.

3.2. История пакетов

Недавняя история пакетов и мгновенная скорость данных влияют на результаты измерений для реактивных каналов, поддерживающих выделение пропускной способности по запросам. Неоднозначность измерений можно снизить, зная историю пакетов и общую загрузку хоста. Кроме того, незначительные изменения истории, например, в результате потери пакетов на пути, могут стать причиной существенного изменения производительности. Например, задержки в реактивных сетях 3G, таких как HSPA (High Speed Packet Access) в значительной степени зависят от скорости передачи тестового трафика. Стратегия реактивного выделения ресурсов в таких сетях влияет, в частности, на восходящее направление. Незначительные изменения скорости данных могут более чем на 200% увеличивать задержку в зависимости от конкретного размера пакетов. Подробный теоретический и практический анализ переходов в каналах RRC (Radio Resource Control), которые могут вызывать такое поведение в сетях UMTS (Universal Mobile Terrestrial System), представлен, например, в [RRC].

3.3. Смена технологии доступа

В [RFC2330] рассматривается вариант с многодомными хостами. Если хост узнаёт о смене технологии доступа (например, по смене адреса IP или информации канального уровня) и делает эти сведения доступными, методика измерения может воспользоваться этими данными для повышения репрезентативности и релевантности измерений.

Однако современные технологии доступа могут предоставлять хосту один и тот же физический интерфейс, при этом хост может и не знать о смене технологии доступа на таком интерфейсе. Поэтому измерения на путях с поддержкой выделения пропускной способности по запросам осложняются из-за возможности смены технологии доступа (например, в результате перемещения) и реактивного поведения пути (например, изменения скорости передачи).

3.4. Каналы с временными интервалами - устранение случайности

Операции на путях с временными интервалами (time-slot) на интерфейсах, маршрутизаторах или каналах пути через сеть создают для измерений значительные проблемы, особенно при продолжительных временных интервалах. Основное наблюдение, как расширение выборки Пуассона для потока из [RFC2330], заключается в том, что первый элемент с временными интервалами нарушает несмещенную выборку потока измерений. В худшем случае работа с временными интервалами превращает несмещенный случайный поток измерений в периодический. Значительное смещение пакетов может взаимодействовать с периодическим поведением последующих элементов с временными интервалами [TSRC].

Отмена случайного поведения элементами с временными интервалами (Time-slotted randomness cancellation или TSRC) может возникать практически в любой системе, элементе сети или пути, причём её влияние на измерения имеет тот же порядок, что и сами измеряемые показатели. Примерами источников TSRC могут служить дискретность часов, тактирование операционных систем, компоненты сети или операции с использованием временных интервалов и т. п. Смещение измерений определяется конкретным измерительным потоком, относительным смещением между выделенными временными интервалами в последовательных элементах пути, вариациями задержки на путях и другими изменениями. Результаты измерений могут меняться с течением времени в зависимости от степени синхронизации передающего и приёмного хостов, а также элементов измерительного пути между собой и с абсолютным временем. Если сегменты пути поддерживают состояние потока, изменение параметров или перераспределение потока могут приводить к существенному изменению результатов измерений.

Практические измерения подтверждают, что такие нарушения ограничивают вариации измерения задержки до подмножества теоретического диапазона значений. Выборки измерений в таких случаях могут агрегироваться с искусственными ограничениями, создавая мультимодальные распределения, как показано в [IRR]. В этом контексте желаемая статистика выборки результатов позволяет различать мультимодальное распределение задержек, вызванное реактивным поведением пути, и распределение в результате наличия временных интервалов.

Выбор методики измерения для путей с временными интервалами в значительной мере зависит от точки зрения. Сквозные показатели могут обеспечивать точные результаты измерений для краткосрочных сессий и малую вероятность изменения состояния потока. Поэтому приложениям или службам, которым нужна аппроксимация производительности пути в коротком интервале времени (порядка минут) и стабильные условия на пути, следует предпочитать сквозные метрики. Здесь стабильными условиями на пути считаются малые изменения относящихся к состоянию пути потока и самого потока параметров.

Если же нужны долгосрочные прогнозы производительности пути, предпочтительным будет сегментированный подход, основанный на измерении показателей субпутей. Регенерация несмещенного трафика измерений на любом интервале пересылки может помочь при определении истинного диапазона производительности для всех сегментов пути.

4. Качество показателей и методик

В [RFC6808] предложено считать воспроизводимость непрерывность свойствами показателей, определяющими качество измерений. В зависимости главным образом от набора контролируемых параметров измерений, повторные измерения на конкретном пути через сеть могут давать повторяющиеся или не повторяющиеся результаты. Сложные варианты измерений для адекватного управления параметрами включают беспроводные и реактивные сети, а также сети с временными интервалами, упомянутые выше. В этом разделе представлено расширенное определение воспроизводимости, дополняющее определение [RFC2330], а также расширенное представление «непрерывности» [RFC2330] и её ограниченной применимости.

4.1. Пересмотренное определение воспроизводимости

В [RFC2330] воспроизводимость определена в общем виде:

«Методике для показателя следует обеспечивать повторяемость, когда при неоднократном измерении с идентичными условиями результаты также будут идентичны.»

Задача состоит в развитии этого определения, чтобы оно стало объективным критерием (независимым от рассматриваемой ниже концепции непрерывности). Этот вопрос рассматривался в других работах IPPM. В BCP 176 [RFC6576] были согласованы критерии эквивалентности в качестве заменителя функциональной совместимости при оценке RFC для показателей в качестве Standards Track. Критерии эквивалентности были выражены в форме объективных статистических требований для сравнений одних и тех же и независимых реализаций в планах тестирования, относящихся к каждому оцениваемому RFC ([RFC2679] в плане тестирования [RFC6808]).

Тесты [RFC6808] полагаются на наличие почти идентичных условий для анализа и допускают, что эти условия не могут в точности выполняться на используемых путях реальных сетей. Планы тестирования позволяют применять некоторые корректировки (некоторые статистические тесты слишком чувствительны к различиям средних значений в распределении) и признают выводы [RFC2330] в части избыточного размера выборки.

Одним из способов представления зависимости от идентичных условий является рассмотрение вопроса и наименьшем числе контролируемых параметров и условий для пути, позволяющих получить воспроизводимые результаты (методы).

Хотя в плане тестирования [RFC6808] приведены числовые критерии эквивалентности, в общем случае невозможно задать точные численные критерии для воспроизводимости. Были успешно применены процесс [RFC6576] и статистика [RFC6808], а числовые критерии воспроизводимости метрики следует согласовывать между заинтересованными сторонами до измерений.

Пересмотренное определение воспроизводимости приведено ниже.

Методике для показателя следует иметь свойство воспроизводимости - если методика применяется несколько раз, методу должны давать эквивалентные результаты измерений.

4.2. Непрерывность больше не является критерием воспроизводимости

В исходной схеме [RFC2330] (параграф 6.2) была введена концепция непрерывности для предоставления смягчённых критериев оценки повторяемости параграфе:

«... методика для данного показателя демонстрирует непрерывность, если при незначительных изменениях условий результаты измерения также не будут существенно изменяться.»

Хотя показатели могут демонстрировать непрерывность при некоторых условиях, в иных ситуациях критерий может не работать как для пользовательского трафика, так и для измерительного. Можно рассмотреть, например, фрагментацию в канале и нелинейный рост задержки при увеличении размера пакетов. Для измерительных пакетов будет наблюдаться такое же увеличение задержки при росте размера пакетов сверх размера фрагментов.

BTC (Bulk Transfer Capacity) [RFC3148] в разделе 1 (стр. 2) содержит приведённый ниже текст.

Имеются сведения о том, что большинство реализаций TCP демонстрирует нелинейное изменение производительности в некоторой части рабочей области. Можно привести простые примеры моделирования, в которых постепенное улучшение пути (например, рост скорости в канале данных) будет приводить к снижению общей пропускной способности TCP (или BTC) [Mat98].

Ясно, что элементы сети с использованием временных интервалов, описанные в параграфе 3.4 этого документа, тоже являются исключением из идеальной непрерывности.

Поэтому непрерывность более не считается дополнительным критерием метрики и вместо этого применяется более точная оценка воспроизводимости.

4.3. Показателям следует быть действенными

Документ IP Performance Metrics Framework [RFC2330] включает критерий полезности метрики:

«... Показатели должны быть полезными для пользователей и провайдеров в понимании производительности, которая наблюдается или предоставляется.»

При рассмотрении измерений как части процесса обслуживания оценка результатов измерений для наблюдаемого пути может привлечь внимание к потенциальным проблемам «где-то в пути». Поэтому обнаружение аномалий является важной фазой и первым шагом, который уже соответствует критерию полезности для многих показателей.

Концепцию полезности можно расширить, сделав её частью того, что здесь названо критерием действенности. Отметим, что это не связано с юридическим термином.

Для обслуживания (поддержки) важно найти источник обнаруженных аномалий в виде конкретной части пути, канала или хоста и показателям следует поддерживать это как второй шаг. Хотя обнаружение аномалии может быть результатом текущего процесса мониторинга, второй шаг нахождения причины включает набор конкретных, обусловленных потребностями измерений для компонентов или частей пути. Показателям следует поддерживать пользователей в таком целенаправленном поиске, становясь действенными.

Показатели должны позволять пользователям и операторам понять производительность пути и **следует** также помогать в направлении корректирующих действий на основе результатов, когда это оправдано.

Помимо характеристики показателей полезность и действенность применимы также к методикам и измерениям.

4.4. Консервативность может быть невозможна

В [RFC2330] применяется термин «консервативная» к методикам измерения, для которых:

«... акт измерения не меняет или меняет слабо значение показателя производительности, которое методика пытается измерить.»

Следует отметить, что определение «консервативности» в смысле [RFC2330] зависит в значительной степени от технологии и характеристик пути измерений. В частности, при развёртывании на реактивных путях, субпутях, каналах или хостах, соответствующих определению параграфа 1.1, тестовые пакеты могут вызывать (пере)распределение пропускной способности. Кроме того, незначительные вариации измерительного потока могут приводить к значительным изменениям результатов измерений, наблюдаемым другими пользователями на том же пути. Из этого следует, что:

Метод не всегда может быть консервативным.

4.5. Пространственная и временная композиция для несмещенной выборки

Концепции, связанные с пространственной и временной композицией показателей из раздела 9 в [RFC2330], были расширены в [RFC5835], где определены новые типы показателей, включая Spatial Composition (пространственная композиция), Temporal Aggregation (временное агрегирование), Spatial Aggregation (пространственное агрегирование). До сих пор стандартизованы лишь показатели для Spatial Composition [RFC6049], что даёт возможность оценивать производительность пути на основе показателей субпутей. Пространственная композиция согласуется с выводом [TSRC] о невозможности беспристрастной выборки за пределами первого канала с временными интервалами на пути измерений.

В случаях, когда беспристрастное измерение для всех сегментов пути невозможно по причине наличия канала с временными интервалами, рекомендуется восстанавливать случайность выборки, как представлено в [TSRC], в комбинации с пространственной композицией (Spatial Composition) [RFC6049].

4.6. Отсечка распределения Пуассона

В параграфе 11.1.1 [RFC2330] описаны выборки Пуассона, где для межпакетных интервалов применяется распределение Пуассона. Элемент пути с реактивным поведением, чувствительным к отсутствию активности в потоке, может изменить состояние, если случайный интервал между пакетами слишком велик.

Рекомендуется отсекал «хвост» распределения Пуассона для предотвращения смены состояния реактивных элементов.

Отсечка хвостов применялась без проблем для обеспечения доступности выборок минимального размера в фиксированном интервале времени.

5. Заключение

Обеспечение воспроизводимости как ключевого свойства методики является очень сложной задачей, а для реактивных путей в некоторых случаях невозможной. Измерения на пути с выделением ресурсов по запросам должны использовать прототип потока пакетов приложения, чтобы сделать выводы о производительности конкретного приложения. Повторение измерений с несмещенной сетью и состояниями потоков (например, за счёт перезагрузки измерительного хоста) может помочь в предотвращении конфликтов с периодическим поведением сети, при этом случайность является обязательной функцией для предотвращения корреляции с временным поведением сети.

Выводить производительность пути из одной измерительной сессии или потока пакетов для других потоков/сессий с другими характеристиками обычно не следует в случае реактивных путей, поскольку имеется очень большой набор глобальных параметров, влияющих на мгновенную производительность пути.

6. Вопросы безопасности

Вопросы безопасности, связанные с активными измерениями на работающих путях, применимы и в данном случае. См. [RFC4656] и [RFC5357].

При рассмотрении приватности участников измерений или тех, чей трафик подвергается измерениям, конфиденциальные сведения, доступные потенциальным наблюдателям сильно ограничены при использовании активных методов, которые и рассматриваются в этом документе. Пассивные измерения пользовательского трафика вызывают проблемы, связанные с приватностью. Читателям рекомендуется обратиться к обсуждению приватности в схеме LMAP (Large Scale Measurement of Broadband Performance) [LMAP], охватывающей активные и пассивные методы.

7. Благодарности

Авторы благодарны Rudiger Geib, Matt Mathis, Konstantinos Pentikousis, Robert Sparks за полезные комментарии к документу, Alissa Cooper и Kathleen Moriarty за предложенные способы «обновления обновлений» для повышения осведомлённости о приватности и связанных с этим последствиях, Ann Cerveny за редакторскую рецензию и комментарии, которые повысили уровень читаемости документа в целом.

8. Литература

8.1. Нормативные документы

[RFC2119] Bradner, S., "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels", BCP 14, [RFC 2119](#), March 1997.

[RFC2330] Paxson, V., Almes, G., Mahdavi, J., and M. Mathis, "Framework for IP Performance Metrics", [RFC 2330](#), May 1998.

[RFC2679] Almes, G., Kalidindi, S., and M. Zekauskas, "A One-way Delay Metric for IPPM", [RFC 2679](#), September 1999.

- [RFC3432] Raisanen, V., Grotefeld, G., and A. Morton, "Network performance measurement with periodic streams", RFC 3432, November 2002.
- [RFC4656] Shalunov, S., Teitelbaum, B., Karp, A., Boote, J., and M. Zekauskas, "A One-way Active Measurement Protocol (OWAMP)", [RFC 4656](#), September 2006.
- [RFC5357] Hedayat, K., Krzanowski, R., Morton, A., Yum, K., and J. Babiarz, "A Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP)", [RFC 5357](#), October 2008.
- [RFC5835] Morton, A. and S. Van den Berghe, "Framework for Metric Composition", RFC 5835, April 2010.
- [RFC6049] Morton, A. and E. Stephan, "Spatial Composition of Metrics", RFC 6049, January 2011.
- [RFC6576] Geib, R., Morton, A., Fardid, R., and A. Steinmitz, "IP Performance Metrics (IPPM) Standard Advancement Testing", BCP 176, RFC 6576, March 2012.
- [RFC6703] Morton, A., Ramachandran, G., and G. Maguluri, "Reporting IP Network Performance Metrics: Different Points of View", RFC 6703, August 2012.

8.2. Дополнительная литература

- [EEAW] Pentikousis, K., Piri, E., Pinola, J., Fitzek, F., Nissilae, T., and I. Harjula, "Empirical Evaluation of VoIP Aggregation over a Fixed WiMAX Testbed", Proceedings of the 4th International Conference on Testbeds and research infrastructures for the development of networks and communities (TridentCom '08), Article No. 19, March 2008, <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=139059>>.
- [IBD] Fabini, J., Karner, W., Wallentin, L., and T. Baumgartner, "The Illusion of Being Deterministic — Application-Level Considerations on Delay in 3G HSPA Networks", Lecture Notes in Computer Science, Volume 5550, pp. 301-312, May 2009.
- [IRR] Fabini, J., Wallentin, L., and P. Reichl, "The Importance of Being Really Random: Methodological Aspects of IP-Layer 2G and 3G Network Delay Assessment", ICC'09 Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Communications, doi: 10.1109/ICC.2009.5199514, June 2009.
- [LMAP] Eardley, P., Morton, A., Bagnulo, M., Burbridge, T., Aitken, P., and A. Akhter, "A framework for large-scale measurement platforms (LMAP)", Work in Progress, June 2014.
- [Mat98] Mathis, M., "Empirical Bulk Transfer Capacity", IP Performance Metrics Working Group report in Proceedings of the Forty-Third Internet Engineering Task Force, Orlando, FL, December 1998, <<http://www.ietf.org/proceedings/43/slides/ippm-mathis-98dec.pdf>>.
- [RFC3148] Mathis, M. and M. Allman, "A Framework for Defining Empirical Bulk Transfer Capacity Metrics", RFC 3148, July 2001.
- [RFC6808] Ciavattone, L., Geib, R., Morton, A., and M. Wieser, "Test Plan and Results Supporting Advancement of RFC 2679 on the Standards Track", RFC 6808, December 2012.
- [RFC6985] Morton, A., "IMIX Genome: Specification of Variable Packet Sizes for Additional Testing", RFC 6985, July 2013.
- [RRC] Peraelae, P., Barbuzzi, A., Boggia, G., and K. Pentikousis, "Theory and Practice of RRC State Transitions in UMTS Networks", IEEE Globecom 2009 Workshops, doi: 10.1109/GLOCOMW.2009.5360763, November 2009.
- [TSRC] Fabini, J. and M. Abmayer, "Delay Measurement Methodology Revisited: Time-slotted Randomness Cancellation", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Volume 62, Issue 10, doi:10.1109/TIM.2013.2263914, October 2013.

Адреса авторов

Joachim Fabini

Vienna University of Technology
Gusshausstrasse 25/E389
Vienna 1040
Austria
Phone: +43 1 58801 38813
Fax: +43 1 58801 38898
EMail: Joachim.Fabini@tuwien.ac.at
URI: <http://www.tc.tuwien.ac.at/about-us/staff/joachim-fabini/>

Al Morton

AT&T Labs
200 Laurel Avenue South
Middletown, NJ 07748
USA
Phone: +1 732 420 1571
Fax: +1 732 368 1192
EMail: acmorton@att.com
URI: <http://home.comcast.net/~acmacm/>

Перевод на русский язык

Николай Малых

nmalykh@protokols.ru