

## Active and Passive Metrics and Methods (with Hybrid Types In-Between)

Активные и пассивные (а также гибридные) показатели и методы

### Аннотация

В этом документе даны чёткие определения активного и пассивного измерения производительности. Методы и показатели можно разделить на активные и пассивные. Некоторые методы могут иметь одновременно атрибуты активных и пассивных, поэтому их называют гибридными. В документе также описаны несколько измерений, которые могут помочь при оценке новых методов по мере их появления.

### Статус документа

Документ не относится к категории Internet Standards Track и публикуется лишь для информации.

Документ является результатом работы IETF<sup>1</sup> и представляет согласованный взгляд сообщества IETF. Документ прошёл открытое обсуждение и был одобрен для публикации IESG<sup>2</sup>. Не все одобренные IESG документы являются кандидатами в Internet Standard, см раздел 2 RFC 5741.

Информацию о текущем статусе документа, ошибках и способах обратной связи можно найти по ссылке <http://www.rfc-editor.org/info/rfc7799>.

### Авторские права

Авторские права (Copyright (c) 2016) 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. Уровни требований.....	2
2. Назначение и область действия.....	2
3. Термины и определения.....	2
3.1. Показатель производительности.....	2
3.2. Метод измерения.....	2
3.3. Точка наблюдения.....	2
3.4. Активные методы.....	2
3.5. Активные показатели.....	2
3.6. Пассивные методы.....	3
3.7. Пассивные показатели.....	3
3.8. Гибридные методы и показатели.....	3
4. Обсуждение.....	4
4.1. Графическое представление.....	4
4.2. Обсуждение PDM.....	5
4.3. Обсуждение метода «окрашивания».....	5
4.4. Краткое обсуждение методов OAM.....	5
5. Вопросы безопасности.....	5
6. Литература.....	5
6.1. Нормативные документы.....	5
6.2. Дополнительная литература.....	6
Благодарности.....	6
Адрес автора.....	6

## 1. Введение

Прилагательные «активный» и «пассивный» применяются много лет для обозначения разных классов измерений производительности Internet. Первая конференция Passive and Active Measurement (PAM) состоялась в 2000 г., на самые ранние из доступных в сети материалов относятся ко второй конференции PAM 2001 г. <<https://www.ripe.net/ripe/meetings/pam-2001>>.

Понятия «активный» и «пассивный» устоялись и обычно применяются, как указано ниже.

- Активный показатель (метрика) или метод зависит от потока специализированных измерительных пакетов и наблюдений за этим потоком.

<sup>1</sup>Internet Engineering Task Force - комиссия по решению инженерных задач Internet.

<sup>2</sup>Internet Engineering Steering Group - комиссия по инженерным разработкам Internet.

- Пассивный показатель или метод зависит исключительно от наблюдения одно или нескольких потоков, присутствующих в сети. Потоки служат для измерений лишь тогда, когда за ними наблюдают с целью измерения, а их присутствие с измерениями никак не связано.

По мере появления новых методов возникла потребность в более чётком определении понятий. В этом документе приведены более детальные определения, а также определена новая категория для комбинации активных и пассивных методов и рассмотрены параметры для оценки новых методов по мере их появления.

В документе даны определения активных и пассивных показателей и методов на основе длительного применения в сообществе Internet-измерений, особенно в IETF. Документ также описывает комбинацию активных и пассивных категорий, называемую гибридным показателем или методом.

## 1.1. Уровни требований

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

## 2. Назначение и область действия

Целью этого документа является описание активных и пассивных вариантов показателей и методов, согласующееся с долговременным использованием этих терминов в сообществе измерений Internet и особенно в IETF. Поскольку опыт измерений расширяется, здесь выделена категория, объединяющая два традиционных варианта (активные и пассивные) и трактующая такую комбинацию как гибридные методы.

Кроме того, целью документа является описание нескольких аспектов оценки новых методов по мере их разработки.

## 3. Термины и определения

В этом разделе определены основные термины документа. В некоторых определениях используются слова «интересующий поток» (stream of interest), которые синонимичны словам «интересующая совокупность» (population of interest) в соответствии с параграфом 6.1.1 of ITU-T Recommendation Y.1540 [Y.1540]. Эти определения будут полезны в выполняемых работах, таких как [PASSIVE] (с которыми они хорошо согласуются).

### 3.1. Показатель производительности

Стандартное определение количественного значения, получаемого при оценке производительности и/или надёжности сети, которое предполагается полезным и тщательно определено, чтобы передать точный смысл измеряемого. Это определение согласуется с определением показателя производительности (Performance Metric) в [RFC2330] и [RFC6390].

### 3.2. Метод измерения

Процедура или набор операций с целью получить (определить) измеряемое значение или результат измерения.

### 3.3. Точка наблюдения

Определение точки наблюдения (Observation Point - место в сети, где можно наблюдать за пакетами) дано в разделе 2 [RFC7011] вместе с другими определениями. Сопоставимым термином в документах IETF по активным измерениям является «точка измерения» (Measurement Point, см. параграф 4.1 в [RFC5835]). Оба термина применяются для описания схожих действий в определённой точке сетевого пути.

### 3.4. Активные методы

Атрибуты активных методов измерения указаны ниже.

- Метод генерирует поток пакетов. Обычно интересующий поток создаётся в качестве основы измерений. Иногда для таких потоков применяют термин «синтезированный» (synthetic) [Y.1731]. Могут генерироваться также сопутствующие потоки для повышения общего уровня трафика, для которых не проводятся измерения.
- Пакеты интересующего потока имеют значения полей (или добавлены/изменены), предназначенные для измерения. Поскольку измерение обычно требует определения соответствующих пакетов в нескольких точках измерения, для измерений часто применяют порядковые номера пакетов, а также временные метки.
- Адреса отправителя и получателя интересующего потока пакетов обычно известны заранее.
- Характеристики интересующего потока пакетов известны у отправителя (по меньшей мере) и могут передаваться получателю как часть метода. Отметим, что некоторые характеристики пакетов могут меняться в процессе пересылки. Возможны и другие изменения в пути [STDFORM].

При внедрении измерительного трафика в сеть активные методы в той или иной степени влияют на измеряемые величины и следует выполнять количественную оценку такого влияния и минимизировать его.

### 3.5. Активные показатели

Активный показатель (Active Metric) включает в своём определении один или несколько аспектов активных методов. Например, показатели IETF для производительности IP (разработанные в соответствии с моделью [RFC2330]) включают характеристики потока пакетов у отправителя как входные параметры показателя, определяют тип пакетов (Type-P), а также адреса IP отправителя и получателя (это влияет на обработку потока и интерфейсы, связанные с точками измерения).

### 3.6. Пассивные методы

Атрибуты пассивных методов измерения указаны ниже.

- Измерения базируются на наблюдении не изменяемых и не повреждаемых пакетов интересующего потока (иными словами, методу измерения **недопустимо** добавлять, изменять или удалять пакеты или поля, а также менять значения полей).
- Зависят от наличия потоков, представляющих интерес для измерения.
- Зависят от присутствия интересующих потоков в точках наблюдения.

Некоторые пассивные методы наблюдают и собирают сведения из всех пакетов, проходящих через точки наблюдения, а другие сначала фильтруют (отбирают) пакеты и собирают информацию лишь из соответствующих фильтру пакетов, сужая интересующий поток.

Обычно пассивные методы выполняются в одной или нескольких точках наблюдения. Пассивные методы оценки показателей производительности часто требуют нескольких точек наблюдения, например, для оценки задержки пакетов на пути между парой точек наблюдения. В таких случаях наблюдаемые пакеты должны содержать достаточно сведений для их идентификации в разных точках наблюдения.

Передача наблюдений (результатов) сборщику в той или иной форме является важным аспектом пассивных методов. В некоторых конфигурациях трафик, создаваемый такой передачей (или экспортом) может оказывать влияние на измеряемую производительность сети. Однако сбор результатов выполняют не только пассивные методы и всегда требуется учитывать влияние нагрузки от управления и операций измерительной системы на измеряемые значения.

### 3.7. Пассивные показатели

Пассивные показатели применяются к наблюдению трафику пакетов (потоки трафика в [RFC7011]).

Пассивные показатели производительности извлекаются независимо от пакетов или потоков трафика исключительно путём наблюдения. Иногда такие оценки называют «внеполосными» (out of band).

Одним из примеров пассивных показателей производительности для пакетов IP приведён в ITU-T Recommendation Y.1540 [Y.1540], где показатели определены на основе эталонных событий, генерируемых при прохождении пакетов через указанные точки. Показатели не различаются на активные и пассивные, когда соответствие пакетов может быть должным образом выведено из наблюдения за интересующим потоком по мере необходимости.

### 3.8. Гибридные методы и показатели

Гибридными называют методы измерения, использующие комбинацию активных и пассивных методов для оценки активных или пассивных показателей, а также новых показателей на основе известных заранее или наблюдаемых свойствах интересующего потока. В ITU-T Recommendation Y.1540 [Y.1540] определены показатели, применимые и к гибридным категориям, поскольку соответствие пакетов в разных точках наблюдения можно вывести из «полей, которые предназначены для измерения», хотя в остальном методы являются пассивными.

Имеется несколько категорий гибридных методов, приведённых ниже.. Применительно к одному интересующему потоку гибридные методы типа I (Hybrid Type I) образуют континуум (как показано ниже) с точки зрения того, что происходит в источнике (или ближайшей точке наблюдения).

- Генерация интересующего потока - активный.
- Дополнение или изменение интересующего потока или реализация методов, меняющих обработку потока - гибридный типа I.
- Наблюдение интересующего потока - пассивный.

В качестве примера рассмотрим случай, когда метод создаёт нагрузочные потоки трафика и наблюдает имеющийся поток в соответствии с критериями пассивных методов. Поскольку нагрузочные потоки относятся к активным методам, интересующий поток не является «единственно наблюдаемым» и измерения включают интересующий поток, поведение которого изменено наличием дополнительной нагрузки. Следовательно, это будет гибридный метод типа I.

Определим гибридный метод типа II как метод, в котором имеется два и более интересующих потока с тем или иным взаимным влиянием (например, один или несколько активных потоков и один или несколько неизменяемых и ненарушаемых потоков пакетов) для сбора активных и пассивных показателей, а также расширенных характеристик в результате совместного анализа. В [HYBRID] приведена постановка задачи для методов и показателей гибридного типа II. Отметим, что один или несколько гибридных потоков типа I можно заменить активными потоками или ненарушаемыми потоками с взаимным влиянием. Предполагается, что это будут гибридные методы типа II с уникальными гибридными показателями.

Методы, основанные на комбинации одного (генерируемого) активного потока и пассивных наблюдений, которые применяются к интересующему потоку в промежуточной точке наблюдения, также являются гибридными. Однако в [RFC5644] это уже определено как пространственные показатели и методы (Spatial Metrics and Methods). Можно заменить активный поток [RFC5644] гибридным потоком типа I и измерять пространственные показатели (это не предусматривалось при написании [RFC5644]).

В таблице представлена классификация (комбинации включают методы с атрибутами активных и пассивных).

#### *Один поток*

#### *Несколько одновременных потоков с разными методами*

Один базовый метод	Активный или пассивный
Комбинация базовых методов	Гибридный типа I
Несколько методов	Пространственные показатели [RFC5644] Гибридный типа II

В некоторых обстоятельствах результаты гибридных методов можно считать эквивалентными результатам пассивных методов. Это понятие указывает на возможность «класса C», где пакеты с разными Type-P одинаково трактуются в

сетевой реализации, как указано в разделе 13 [RFC2330], и применяется терминология для путей из раздела 5 в [RFC2330].

Гибридным методам измерения, дополняющим или изменяющим пакеты класса C на хосте, следует возвращать результаты, эквивалентные пассивным методам измерения, когда осуществляющие доступ хосты и транспортирующие пакеты каналы на пути (отличные от выполняющих дополнения/изменения) трактуют пакеты обеих категорий методов (с дополнением/изменением и без него) как один класс C. Пассивные методы измерения представляют «основу веры» (Ground Truth) при сравнении результатов пассивных и гибридных методов и это сравнение следует выполнять для подтверждения трактовки класса C.

## 4. Обсуждение

В этом разделе приведены иллюстрации к определениям и некоторые примеры.

### 4.1. Графическое представление

Сравнивая активные и пассивные методы, мы получим по меньшей мере два измерения для их оценки. Это пространство оценки может быть полезно для комбинированных методов. Два исходно выбранных измерения показаны ниже.

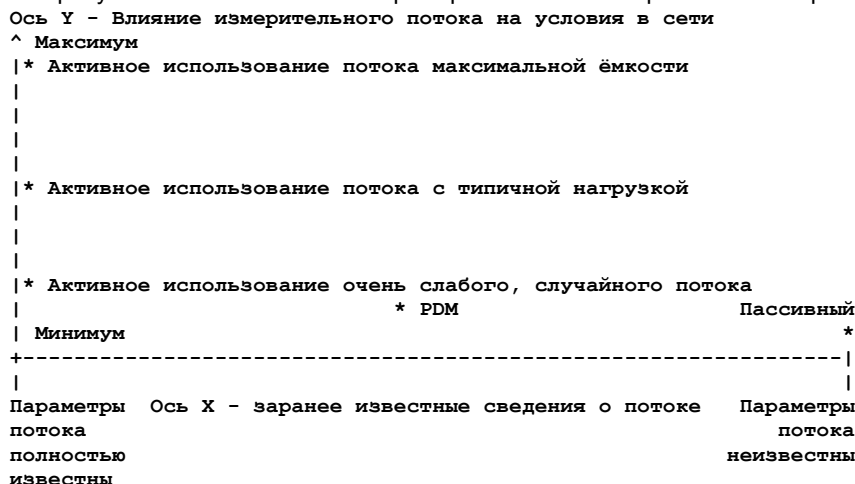
#### Ось Y - влияние измерительных потоков на условия в сети

Степень искажения интересующим потоком общих условий в сети, влияющих на этот и другие потоки. Это важнейший параметр для анализа ошибок при активных измерениях<sup>1</sup>.

#### Ось X - заранее известные сведения о потоке

Степень известности характеристик потока до измерений. Эти сведения могут давать методологические преимущества наряду с полным контролем над характеристиками потока. Например, знание числа пакетов в потоке позволяет измерительному приёмнику работать более эффективно, что является преимуществом для активных методов. Пассивные методы (без фильтров отбора) имеют слабые возможности предсказания протокола, который будет использовать первый наблюдаемый пакет, и числа пакетов в потоке. Как только стандартный протокол становится известным, возможности сужаются (для некоторых потоков), поэтому эта характеристика важна для анализа ошибок при пассивных измерениях.

В этом пространстве на рисунке показано несколько примеров. Оси можно привязать к опорным точкам.



На рисунке PDM указывает метод с использованием заголовка опций IPv6 для измерения производительности и диагностики (Option Header for Performance and Diagnostic Measurements), описанный в параграфе 4.2.

Классификация методов может базироваться и на дополнительных параметрах, но для этого нужен иной графический подход.

Например, «влияние интересующего потока на условия в сети» можно классифицировать как:

1. влияние производительности самого потока, например, выбор маркировки пакетов в поле кода дифференцированного обслуживания (Differentiated Services Code Point или DSCP), приводящий к трактовке потока как real-time (в отличие от принятой по умолчанию обработки best-effort);
2. влияние на не включённые в измерения потоки, использующие тот же путь и/или узкие места, например, очень редкий измерительный поток с минимальным размером пакетов почти не влияет на другие потоки (и на себя), а поток для измерения пропускной способности может влиять на все остальные потоки (включая себя), проходящие через узкое место;
3. влияние на условия в сети, приводящее к изменениям в ней, например, мониторинг загрузки и возникновение насыщения в сети могут менять маршрутизацию, перенося некоторые потоки на другие пути для снижения перегрузки.

Мы объединили пп. 1 и 2 на оси Y-axis, поскольку изучение примеров показывает существенную корреляцию эффектов этой пары, а приспособление сети к изменению условий не рассматривается.

Очевидно, что разные методы измерений в сети IP могут давать различные результаты даже при одновременном измерении на одном пути. Две оси графика помогают понять, как результаты могут зависеть от выбора метода. Например, активная оценка пропускной способности может приводить к снижению производительности всех потоков.

<sup>1</sup>Существует также понятие усреднения по времени - измерительный поток может оказывать значительное влияние, когда он существует, но этот поток может генерироваться лишь в течение 0,1% по времени. Наблюдения сами по себе не влияют на производительность сети. Для сохранения простоты влияние потока рассматривается лишь при его наличии, но реактивные системы, определённые в [RFC7312] могут сохранять сдвиг условий в течение некоторого времени по завершении потока.

Однако пассивный метод оценки пропускной способности также может давать ошибки по причине неизвестности ограничений ресурсов на хостах, борьбы за такие ресурсы, ограничений сетевых интерфейсов или частных подсетей, которые не предполагаются на пути и т. п. Гибридные методы могут страдать от обоих типов ошибок. Другой пример связан с ловушками при использовании активного потока в известном смещении (bias), такого как периодический поток [RFC3432]. Сильная сторона моделирования периодических потоков (подобных VoIP) становится потенциальной слабостью при переносе результатов измерения на другие приложения, потоки которых не являются периодическими. Решением является более точное моделирование потоков для активных методов или принятие рисков и возможных ошибок пассивных методов, отмеченных выше.

## 4.2. Обсуждение PDM

В [PDMOPTION] описан заголовок опций для измерения производительности и диагностики (IPv6 Option Header for Performance and Diagnostic Measurements или PDM), который добавляется в интересующий поток на стратегических интерфейсах для поддержки измерений производительности. Этот метод обрабатывает поток пользовательского трафика и добавляет поля, предназначенные для измерений (намерение измерений чётко указано в названии опции).

- Метод предполагает незначительное влияние на измеряемый поток и другие потоки в сети. Однако в некоторых случаях реализовать это намерение невозможно.
- Измерительный поток имеет неизвестные характеристики, пока он не обработан для добавления заголовка PDM Option. Отметим, что в случае превышения MTU после добавления заголовка намерение оказывать минимальное влияние не реализуется.

Авторы пришли к выводу, что это гибридный метод типа I, имеющий по меньшей мере одну характеристику активного и пассивного метода для одного интересующего потока.

## 4.3. Обсуждение метода «окрашивания»

[OPSAWG] предлагает «окрашивать» пакеты, переписывая поле в потоке на стратегических интерфейсах для поддержки измерений производительности (отметим, что эта операция сложна на промежуточных точках VPN с шифрованием). Этот метод обрабатывает поток пользовательского трафика и вставляет «поля или значения, предназначенные для измерений»

- Метод предполагает незначительное влияние на измеряемый поток и другие потоки в сети (меньше, чем PDM). Однако в некоторых случаях реализовать это намерение невозможно.
- Измерительный поток имеет неизвестные характеристики, пока он не обработан для добавления «цвета» в заголовок, и поток может быть измерен с указанием временных меток в процессе измерения.

Отметим, что в [COLORING] предложен метод, похожий на [OPSAWG], как показало обсуждение в почтовой конференции IPPM.

Авторы пришли к выводу, что это гибридный метод типа I, имеющий по меньшей мере одну характеристику активного и пассивного метода для одного интересующего потока.

## 4.4. Краткое обсуждение методов OAM

Имеется много методов OAM за пределами уровня IP. Например, в [Y.1731] определено несколько методов измерения, классификация которых приведена ниже.

- Метод измерения потерь (Loss Measurement или LM) иногда внедряет кадры с числом кадров, переданных с момента отправки предыдущего сообщения LM. Авторы относят LM к гибриднему типу I, поскольку метод обрабатывает пользовательский поток и дополняет интересующий поток кадрами, имеющими «поля, предназначенные для измерений».
- Методы синтетического измерения потерь (Synthetic Loss Measurement или SLM) и задержки (Delay Measurement или DM) внедряют специальные измерительные кадры так, что «интересующий поток генерируется как основа для измерений». Авторы относят методы SLM и DM к активным.

Авторы также признают существование дополнительной терминологии, применяемой в OAM за пределами уровня IP. Читателям рекомендуется обратиться к [RFC6374], где описаны термины для измерения потерь и задержек в MPLS.

## 5. Вопросы безопасности

С точки зрения безопасности и приватности участников измерения и пользователей, чей трафик измеряется, следует учитывать возможность раскрытия конфиденциальных сведений, доступных в точках наблюдения и измерения, описанных выше, а также используемых протоколов. Читателю рекомендуется обратиться к рассмотрению вопросов безопасности и приватности в модели широкомасштабных измерений производительности в широкополосных сетях (Large-Scale Measurement of Broadband Performance или LMAP) [RFC7594], охватывающей активные и пассивные методы измерения и вспомогательные вопросы в контексте измерений.

## 6. Литература

### 6.1. Нормативные документы

[RFC2119] Bradner, S., "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels", BCP 14, [RFC 2119](http://www.rfc-editor.org/info/rfc2119), DOI 10.17487/RFC2119, March 1997, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc2119>>.

[RFC2330] Paxson, V., Almes, G., Mahdavi, J., and M. Mathis, "Framework for IP Performance Metrics", [RFC 2330](http://www.rfc-editor.org/info/rfc2330), DOI 10.17487/RFC2330, May 1998, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc2330>>.

[RFC3432] Raisanen, V., Grotefeld, G., and A. Morton, "Network performance measurement with periodic streams", RFC 3432, DOI 10.17487/RFC3432, November 2002, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc3432>>.



- [RFC5644] Stephan, E., Liang, L., and A. Morton, "IP Performance Metrics (IPPM): Spatial and Multicast", RFC 5644, DOI 10.17487/RFC5644, October 2009, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc5644>>.
- [RFC5835] Morton, A., Ed. and S. Van den Berghe, Ed., "Framework for Metric Composition", RFC 5835, DOI 10.17487/RFC5835, April 2010, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc5835>>.
- [RFC6390] Clark, A. and B. Claise, "Guidelines for Considering New Performance Metric Development", BCP 170, RFC 6390, DOI 10.17487/RFC6390, October 2011, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc6390>>.
- [RFC7011] Claise, B., Ed., Trammell, B., Ed., and P. Aitken, "Specification of the IP Flow Information Export (IPFIX) Protocol for the Exchange of Flow Information", STD 77, [RFC 7011](#), DOI 10.17487/RFC7011, September 2013, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc7011>>.
- [RFC7312] Fabini, J. and A. Morton, "Advanced Stream and Sampling Framework for IP Performance Metrics (IPPM)", RFC 7312, DOI 10.17487/RFC7312, August 2014, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc7312>>.
- [RFC7594] Eardley, P., Morton, A., Bagnulo, M., Burbridge, T., Aitken, P., and A. Akhter, "A Framework for Large-Scale Measurement of Broadband Performance (LMAP)", RFC 7594, DOI 10.17487/RFC7594, September 2015, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc7594>>.

## 6.2. Дополнительная литература

- [COLORING] Chen, M., Ed., Zheng, L., Ed., Mirsky, G., Ed., Fioccola, G., Ed., and T. Mizrahi, Ed., "IP Flow Performance Measurement Framework", Work in Progress, draft-chen-ippm-coloring-based-ipfpm-framework-06, March 2016.
- [HYBRID] Trammell, B., Zheng, L., Berenguer, S., and M. Bagnulo, "Hybrid Measurement using IPPM Metrics", Work in Progress, draft-trammell-ippm-hybrid-ps-01, February 2014.
- [OPSAWG] Capello, A., Cociglio, M., Castaldelli, L., and A. Bonda, "A packet based method for passive performance monitoring", Work in Progress<sup>1</sup>, draft-tempia-opsawg-p3m-04, February 2014.
- [PASSIVE] Zheng, L., Elkins, N., Lingli, D., Ackermann, M., and G. Mirsky, "Framework for IP Passive Performance Measurements", Work in Progress, draft-zheng-ippm-framework-passive-03, February 2015.
- [PDMOPTION] Elkins, N. and M. Ackermann, "IPv6 Performance and Diagnostic Metrics (PDM) Destination Option", Work in Progress, draft-ietf-ippm-6man-pdm-option-02<sup>2</sup>, April 2016.
- [RFC6374] Frost, D. and S. Bryant, "Packet Loss and Delay Measurement for MPLS Networks", RFC 6374, DOI 10.17487/RFC6374, September 2011, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc6374>>.
- [STDFORM] Morton, A., Fabini, J., Elkins, N., Ackermann, M., and V. Hegde, "Updates for IPPM's Active Metric Framework: Packets of Type-P and Standard-Formed Packets", Work in Progress, draft-morton-ippm-2330-stdform-typep-02, December 2015.
- [Y.1540] ITU-T, "Internet protocol data communication service — IP packet transfer and availability performance parameters", March 2011, <<https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1540-201103-I/en>>.
- [Y.1731] ITU-T, "Operation, administration and management (OAM) functions and mechanisms for Ethernet-based networks", August 2015, <<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.8013-201508-I/en>>.

## Благодарности

Спасибо Mike Ackermann за правильный вопрос и несколько предложений по терминологии. Brian Trammell предоставил основные термины и ссылки для пассивной категории, а также предложил способы расширения описания и типов гибридных измерений. Phil Eardley предложил некоторые гибридные сценарии для классификации в своей рецензии. Tiziano Ionta просмотрел документ и предложил классификацию для измерительного метода с «окрашиванием». Nalini Elkins указала в своей рецензии несколько областей, требующих уточнения. Bill Jouris, Stenio Fernandes и Spencer Dawkins предложили несколько редакторских правок. Tal Mizrahi, Joachim Fabini, Greg Mirsky и Mike Ackermann подняли множество важных вопросов, основанных на обширном опыте измерений, в своих рецензиях в WGLC (Working Group Last Call).

## Адрес автора

**Al Morton**  
AT&T Labs  
200 Laurel Avenue South  
Middletown, NJ  
United States  
Email: [acmorton@att.com](mailto:acmorton@att.com)

## Перевод на русский язык

Николай Малых

[nmalykh@protokols.ru](mailto:nmalykh@protokols.ru)

<sup>1</sup>Опубликовано в [RFC 8321](#). Прим. перев.

<sup>2</sup>Опубликовано в RFC 8350. Прим. перев.