

Распределенная система
мониторинга и прогнозирования
производительности транспортных потоков
в сети передачи данных

О. Ю. Богоявленская ПетрГУ

olbgvl@cs.karelia.ru

Проблемы управления и администрирования

- Справедливое распределение ресурсов, предотвращения перегрузки маршрутизаторов и каналов связи
“Lack of efficient congestion control...congestion is an inherent network phenomenon that can only be resolved efficiently by some cooperation of end-systems and the network.” ([FLI] Fundamental Limitations of current Internet and the path to Future Internet. EC FIArch Group2 Release Date: 1 March 2011)
- Наличие крупных централизованных ресурсов YouTube, ЦОД.
“Transmission from centralized locations creates unnecessary overheads and non-optimal transmission.” [FLI]
- Эффективное использование сетевых ресурсов, балансирование нагрузки
- Выполнение гарантий QoS и QoE. Безопасность.

Проблемы управления и администрирования

- Недостаточность сведений, которыми располагают источники данных.
- Существенная доля активности источников посвящена идентификации “сетевой обстановки” на сетевых маршрутах.
- Невозможность выбора отправителя данных получателем.
- Отсутствие у источников и получателей данных средств выбора сетевого маршрута.

”The ability to make effective choice of the sender requires full knowledge of the path ‘cost’. “ (RFC 6824bis-07, 2017 RG MPTCP)

- Отсутствие функциональной иерархии систем управления.

Проблемы управления и администрирования

Существенные усилия направлены на:

- Разработку средств управления базовыми элементами сети middleboxes, в частности PEP, Openflow, VPN
“Смещение акцента со специализированного аппаратного обеспечения для middlebox на commodity железо с активным использованием программного обеспечения существенно меняет приоритеты” (Р. Л. Смелянский НП “ЦПИКС”)
- Создание новой парадигмы сетевого управления, ICN, PSI и пр.

Задача информирования источников

- Отсутствие у конечных точек маршрута сведений о свойствах потенциально доступных сетевых маршрутов существенно затрудняет разработку новых и использование существующих алгоритмов оптимизации производительности (PEP, MP-TCP).
- Наличие этих сведений позволит:
 - получателям данных выбирать лучших отправителей
 - отправителям данных выбирать способы доставки данных
 - алгоритмам маршрутизации и предотвращения перегрузки эффективно настраивать параметры
 - повысить эффективность систем сетевого контроля и управления (middleboxes, контроллеры SDN и пр.)
 - повысить эффективность работы администраторов сетей

Система мониторинга и прогнозирования (СМП)

- СМП образуют множество агентов осуществляющих мониторинг, регистрацию и обработку данных о производительности сетевых маршрутов
- Регистрируется производительность соединений на уровне e2e (протоколы TCP и UDP), а также проводится идентификация параметров маршрута (RTT, уровень потерь, коэффициент надежности)
- По запросу программных и/или аппаратных элементов сети агенты предоставляет сведения об ожидаемом уровне производительности.
- СМП различает два вида агентов, обеспечивающих разный уровень детализации.

Система мониторинга и прогнозирования (СМП)

Основные компоненты архитектуры

- Реестр соединений
- Монитор
- Модуль обработки данных мониторинга
- Модуль прогнозирования
 - Компонента моделирования
 - Компонента статистического анализа
- Интерфейс
 - получение запроса, отправка ответа
 - взаимодействие между агентами

Система мониторинга и прогнозирования (СМП)

Детализация первого уровня

- Этот вид агентов предназначен для устройств, обладающих высокой производительностью и доступом к наиболее полным данным о сетевом трафике. (Маршрутизаторы, хранилища данных, Web-порталы и т.д.)
- Мониторинг ведется на уровне ядра операционной системы (ОС), регистрируются сведения о версии протокола ТСР, размере окна $cwnd$, RTT, уровне потерь, пропускной способности соединения, и ряд других.
- По окончании сессии мониторинга производится статистическая обработка данных наблюдений и в реестре соединений регистрируются важные для построения прогноза параметры соединения.

Система мониторинга и прогнозирования (СМП)

Детализация первого уровня

- В частности: ip-адреса источника и приемника, объем переданных данных, число сегментов, время начала и общее время соединения, объем потерянных данных, среднее значение и среднеквадратическое отклонение RTT и cwnd, rwin, MSS. **[gettcp]**
- Получив запрос, агент генерирует прогноз производительности:
 1. Опираясь на модель производительности, если возможно.
Модели TCP NewReno, CUBIC, BIC. Известны оценки средней пропускной способности, преобразования Лапласа и точный численный метод для расчета функции распределения cwnd.
 2. Статистические методы.
Скользящее среднее, геометрическое среднее.

Система мониторинга и прогнозирования (СМП)

Детализация второго уровня

- Этот вид агентов предназначен для сетевых устройств, являющихся, в основном, получателями данных, (устройства пользователей в том числе мобильные устройства), устройств с низкой производительностью (сенсоры, устройства IoT).
- Мониторинг ведется в пользовательском пространстве ОС, регистрируются сведения о средней пропускной способности соединений на уровне e2e, а также об уровне потерь и RTT.
- Агент инициативно проводит тестирование маршрута, регистрируя уровень потерь и RTT, обращается к контроллерам SDN.
- Пользователи могут размещать в реестре агента сведения о стоимости использования сетевого маршрута.

Система мониторинга и прогнозирования

Обработка запросов

- Запросы от заинтересованных сторон поступают в виде набора (конечные точки маршрута, интервал) и (параметр, метрика).
например: (вероятность потери сегмента, доверительный интервал) или (RTT, stdev).
- Если агент не имеет достаточно данных, чтобы сформировать ответ на запрос, он обращается к агенту на вышестоящем уровне сетевой инфраструктуры или формирует ответ, который соответствует имеющимся данным.
- Сведения, полученные от агента на вышестоящем уровне, не только пересылаются по назначению, но и заносятся в собственный реестр. Каждый агент ведет реестр сетевых маршрутов, удаляя сведения о направлениях, потерявших актуальность.

Примеры использования

Выбор источника данных

- Пользователь регулярно обращается к нескольким хранилищам музыкальных записей. Перед установлением соединения приложение пользователя запрашивает у локального агента сведения об ожидаемой пропускной способности по каждому из направлений, затем запрашивает файл по более быстрому направлению.
- Локальный агент посылает запрос агенту, работающему на платформе поставщика услуг. Агент ЛПУ предоставляет сведения, которые перенаправляются приложению и заносятся в реестр.
- Мобильное устройство подключено к сетям различных операторов мобильной связи. Перед началом 4G-соединения приложение запрашивает локального агента о производительности сетей операторов.

Примеры использования

Information Centric Network (Content Centric Network)

- Адресация по “наименованию” контента или данных.
- Данные независимы от географического расположения за счет сетевого кэширования.
- Доставка контента маршрутизируется с оптимизацией качества.
- Хранилище → Расширенный поиск → Сеть доставки → Пользователь
- Агент СПМ предоставляет сведения по запросу элементов Сети доставки для построения оптимального маршрута.

Примеры использования

Протокол MultipathTCP (MPTCP)

- Протокол MPTCP открывает несколько TCP потоков по разным сетевым маршрутам в рамках одного соединения. Основные цели: более эффективное использование сетевых ресурсов, балансирование нагрузки, повышение отказоустойчивости.
- Соединение MPTCP должно обладать свойством TCP-friendly.
- Для балансирования нагрузки поток разделяется по доступным каналам связи пропорционально их мощности.

Примеры использования

Использование СПМ для балансирования потоков: МРТСП

- Инициатор соединения отправляет SYN с флагом MP_CAPABLE, получив SYN/ACK, направляет запрос агенту СПМ о матем. ожидании $cwnd_1$ и RTT_1 на сетевом маршруте, при этом матем. ожидание $cwnd_1$ рассчитывается по результатам моделирования.
- Получив MP_JOIN также направляет агенту СПМ аналогичный запрос о сетевом маршруте для подпотока и получает сведения $cwnd_2$, RTT_2
- Определяет соотношение пропускных способностей подпотоков как

$$\frac{cwnd_1}{RTT_1} \frac{RTT_2}{cwnd_2}$$

Примеры использования

Использование СПМ для резервирования соединения

- Мобильное устройство устанавливает 4G соединение с хранилищем данных
- Обращается к локальному агенту СМП, запрашивая ожидаемую производительность Wi-Fi соединения.
- Отправляет источнику данных опцию AAD_ADDR, предлагая открыть новый подпоток.

Заключение

- В работе описана система мониторинга и прогнозирования производительности сетей передачи данных.
- Система представляет собой распределенное множество агентов, осуществляющих мониторинг производительности соединений на уровне точка-точка, регистрацию данных мониторинга и предоставление сведений о предполагаемой производительности сетевого маршрута по запросам сетевых протоколов, приложений, сетевых устройств.
- Разработанная система может использоваться для повышения эффективности использования сетевых ресурсов, оптимизации работы протоколов, балансирования нагрузки.