МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАТЕРИАЛЫ
VIII Международной молодежной научной
конференции
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ,
ТЕХНИЧЕСКИХ
И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Томск, 26–30 мая 2021 г.

Под общей редакцией И.С. Шмырина

Томск
Издательство Томского государственного университета
2021

4. Bilgin B.A., Ramezani H., Akan O.B. Human blockage model for indoor terahertz band communication // IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops). – 2019. P. 1–6.
5. Gerasimenko M., Moltchanov D., Gapeyenko M., Andreev S., Koucheryavy Y. Capacity of multiconnectivity mmWave systems with dynamic blockage and directional antennas // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2019. – 68 (4). – P. 3534–3549.
6. 3GPP, “NR; Multi-connectivity; stage 2 (Release 16),” 3GPP TS 37.340 V16.0.0, December 2019.
7. Begishev V., Moltchanov D., Sopin E., Samuylov A., Andreev S., Koucheryavy Y., Samouylov K. Quantifying the impact of guard capacity on session continuity in 3GPP New Radio systems // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – 2019. – V. 68. – No. 12. – P. 12345–12359.
8. Petrov V., Moltchanov D., Koucheryavy Y., Jornet J.M. Capacity and outage of terahertz communications with user micromobility and beam misalignment // IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2020. – V. 69. – No. 6. – P. 6822–6827.
9. Gapeyenko M., Samuylov A., Gerasimenko M., Moltchanov D., Singh S., Akdeniz M.R., Aryafar E., Himayat N., Andreev S., Koucheryavy Y. On the temporal effects of mobile blockers in urban millimeter wave cellular scenarios // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – 2017. – Available online.

DOI: 10.17223/978-5-907442-42-9-2021-18

О КОНЦЕПЦИИ P2P ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ДАННЫХ В СЕТИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Джегюеде А.М.А.Э., Салпагаров С.И.

Российский университет дружбы народов
1042205202@rudn.ru, salpagarov-si@rudn.ru

Введение

Одноранговая сеть peer-to-peer (P2P) – хорошо известный вид распределенной сети, которая в последние 20 лет широко используется для многих целей. Цели варьируются от протоколов обмена файлами [1] до протоколов потоковой передачи [2] и обмен финансовыми транзакциями в блокчейн-приложениях [3]. Помимо P2P, существует еще одна сетевая архитектура – клиент-серверная (CS). CS из-за его централизованной топологии подвержен сбоям, когда количество пользовательских запросов к центральному серверу превышает определенный порог [4], вследствие чего может наблюдаться неспособность клиентов общаться друг с другом. Более того, реализация архитектуры CS обходится слишком дорого из-за стоимости серверов и их обслуживания. P2P представляет собой децентрализованную распределенную сеть, в которой каждый узел имеет одинаковые привилегии и одинаковый набор функций. Благодаря недорогой реализации эта архитектура пользуется большим успехом в различных областях, таких как телевидение [2], системы обмена файлами [1], VoIP сервисы [5] и блокчейн-приложения.

1. P2P топологии

Как правило, топология описывает взаимосвязь между узлами в сети [2]. Она может быть физической или логической. В архитектуре P2P чаще всего используются топологии ячеистые и древовидные. В древовидной топологии существуют два класса узлов – родительские (корневые) и дочерние узлы. Для древовидной топологии характерно наличие единой точки отказа в лице корневого узла. Механизм быстрой замены был реализован в рамках реализации системы MAPSTER – одноранговая система обмена данными [6]. В MAPSTER была реализована Super Peer топология. В ней различались SP-узлы (суперузлы), ASP-узлы (запасные суперузлы) и NP-узлы (нормальные узлы). Сеть разделена на домены (кластеры). В каждом домене SP-узел имеет главную роль маршрутизации и управления. ASP-узлы являются резервными, выбираются из ряда наиболее устойчивых по ряду параметров (мощности процессора, доступной пропускной способности и т.д.) среди NP-узлов и готовы в установленном порядке заменить SP-узлы. В [7] была представлена гибридная топология под названием UStream. Она предполагает три слоя, состоящих из Root-узлов, Parent-узлы и Children-узлов со-

ответственно. Каждый корневой узел образует вместе с нижестоящими родительскими узлами и дочерними узлами отдельное поддерево, узлы одного слоя формируют ячеистую структуру. UStream была опробована в [2] в рамках разработки протокола передачи данных потокового вещания в слабых одноранговых сетях. Функция мониторинга сети была поручена отдельно стоящему видеосерверу.

2. Поиск данных и алгоритмы маршрутизации в P2P сетях

Поиск и передача данных остаются базовыми задачами при проектировании одноранговых сетей. Решение этих задач привело к появлению DHT и P2PDB систем. Распределенные хэш-таблицы – это класс алгоритмов или механизмов, позволяющих в некоторых P2P сетях образовать оверлейную сеть, а также распределить файлы по узлам. DHT имеет ряд реализаций, например, Kademlia, Pastry, Tapestry, Chord и CAN. «Kademlia» опирается на расстояние между идентификаторами узлов для формирования логической структуры сети. Расстояние вычисляется по формуле: $d = d(\text{IDNODE}_y, \text{IDNODE}_z) = \text{ID}_y \oplus \text{ID}_z$. Знания об общей структуре сети поддерживаются за счет заполнения списков, соответствующих определенным интервалам расстояний. Списки имеют следующий формат: $\langle \text{IP}, \text{UDP}_{\text{port}}, \text{NODE_ID} \rangle$. На функциональном уровне «Kademlia» реализует четыре RPC (Remote Procedure Call): PING, STORE, FIND_NODE и FIND_VALUE. Chord (Хорд) является распределенным поисковым протоколом [8] и отвечает за распределение хэш-ключей по узлам. Хорд использует консистентное хеширование [9], реализованное функцией SHA-1 для генерации ключей и позволяющее балансировать нагрузку (равномерное распределение ключей). Распределение ключей K происходит по кругу так, что каждый ключ K переходит к самому ближайшему узлу с NODE_ID, большим или равным K. Алгоритм поиска в самом его примитивном виде реализует передачу сообщений запроса по цепочке, пока не найдется узел, содержащий искомый ключ. Такой поиск слишком затратный по времени в особо больших сетях. Ускорение поиска привело к изобретению алгоритма «Scalable Key Location» (SKL) [8]. SKL допускает использование таблицы маршрутизации, содержащей информацию об узлах по мере их удаленности.

3. Методы обеспечения качества обслуживания

Обеспечение качества обслуживания остается важной задачей в сетях с ограниченными параметрами. Управление очередями – один из методов обеспечения качества обслуживания. Оно опирается на наличие трафика различного типа и предъявляемые качественные требования к ним. Критерии оценки качества обслуживания сети: односторонняя и двусторонняя задержка пакетов, вариация задержек пакетов, потери пакетов. Уровень использования пропускной способности – один из важных факторов, влияющих на качество обслуживания. В [2] представлен механизм контроля перегрузки, называемый STS (Steady traffic scheduler). Данный механизм комбинирует технику «взвешенного справедливого обслуживания» с алгоритмом «текущего ведра». Функционально STS можно разделить на три модуля: модуль классификатора, модуль планировщика и модуль «текущего ведра маркеров». Классификатор принимает на вход поступающий поток пакетов, и, основываясь на заданных критериях, распределяет их по буферам (очередям). Каждая очередь наделена определенным приоритетом. Модуль планировщика, основываясь на приоритетах очередей, выделяет определенную временную рамку каждой очереди для передачи её содержания в следующий модуль. Последний модуль реализует непосредственно алгоритм «текущего ведра маркеров».

4. Техники управления очередями

Использование очередей является прерогативой сетей с коммутацией пакетов. Несмотря на их пользу, могут возникнуть ряд проблем в отсутствии их надлежащего управления. К их числу можно отнести переполнение буфера с последующей потерей пакетов и неопределенную временную задержку. В теории очередей хорошо изучена зависимость средней длины очереди и среднего времени ожидания пакета в очереди от характеристик входного потока (μ – среднее время обслуживания пакета, λ – средняя интенсивность поступления пакетов). Под коэффициентом загрузки обслуживающего устройства будем понимать ρ , такое, что $\rho = \lambda/\mu$.

Зависимость ω среднего времени ожидания в очереди от ρ показывает резкое увеличение задержки при переходе некоторого порогового значения коэффициента загрузки. Пульсации характеризуют трафики с переменной битовой скоростью (VBR), когда вслед за периодами низкой скорости передачи данных возникает большая интенсивность передачи данных. Коэффициент пульсации можно вычислить как отношение пиковой скорости передачи данных (PIR) на небольшом периоде к средней скорости передачи на большом отрезке времени (SIR): коэффициент пульсации = PIR/SIR.

Анализ показывает, что чем сильнее пульсирует трафик, тем быстрее формируется очередь при относительно маленьких коэффициентах загрузки. Таким образом, для снижения временных задержек необходимо снижать не только коэффициент загрузки, но и степень пульсации трафика. Классификация трафика исходит из предположения о наличии в сети трафика, генерируемого разнообразными приложениями, предъявляющими разные требования к задержкам, вариации задержек, потери пакетов. Дифференцированное обслуживание различных потоков трафика позволяет достигнуть необходимого качества обслуживания. Оно подразумевает наличие различных очередей. Существует три техники обслуживания очередей: приоритетное обслуживание, взвешенное обслуживание и комбинированные алгоритмы обслуживания.

Приоритетное обслуживание заключается в том, чтобы обслуживать очереди в порядке от более приоритетной очереди к менее приоритетной. Переход к менее приоритетной очереди происходит только после опустошения обслуживаемой очереди. Приоритет наделяется классам на основе разных признаков. Признаками для классификации могут служить идентификаторы приложения источника потока, адрес отправителя, адрес назначения или любое другое соображение. Назначение приоритетов относится к политике администрирования сети. Размер буферной памяти для хранения каждой очереди выбирается с учетом интенсивности λ и коэффициента пульсации данного потока. Взвешенное обслуживание очередей разработано с целью предоставить каждому классу потока определенный процент пропускной способности. К каждому классу прикрепляют вес, соответствующий определенному проценту пропускной способности. Очереди обслуживаются последовательно и циклически. Распределение времени просмотра цикла между очередями сохраняет пропорции, установленные весовыми коэффициентами, закрепленными за каждой очередью. Выбор слишком большого периода обработки очереди может отрицательно сказаться на временной задержке пакетов в очередях, т.к. алгоритм повторно обращается к определенной очереди, только через время T . В данном случае на формирование задержек также оказывает влияние и относительный коэффициент загрузки $\rho_{\text{отн.}}$: $\rho_{\text{отн.}} = \lambda_i / C_i$, где C_i – выделенная пропускная способность в соответствие с весом очереди, λ_i – средняя интенсивность потока i -й очереди.

Заключение

В рамках данной обзорной статьи были рассмотрены основные аспекты P2P сетей с ограниченными параметрами. Обзор существующих топологий показал наличие ячеистой и древовидной топологии. Выбор определенной топологии зависит от цели, задачи

и предназначения проектируемой сети. Тем не менее, Super-Peer топология предоставляет большее удобство в плане администрирования. Поиск данных в одноранговых сетях основан в большинстве случаев на распределенных хэш-таблицах. Рассмотрение разных реализаций, а именно – Kademlia и Chord, выявило их разные подходы к логическому структурированию сети, но в обоих случаях механизм поиска основан на определении расстояния между ключами и идентификаторами узлов. Рассмотрение методов обеспечения качества было вызвано ограниченными параметрами сети. Акцент был сделан конкретно на техники управления очередями. Приоритетное обслуживание очередей показало свои пределы при высокой интенсивности потока с наивысшим приоритетом, в то время как взвешенное обслуживание показало более приемлемое решение в распределении пропускной способности.

ЛИТЕРАТУРА

1. J.J., Karlsen L., Birkeland S. Peer-to-peer networking with BitTorrent. – 2005.
2. Ojo O.E., Oluwatope A.O., Ajadi S.O. A reliable peer-to-peer streaming protocol in low-capacity networks // Peer-to-Peer Networking and Applications. – Oct. 2020. – V. 14. – No. 2. – P. 559–584. – doi: 10.1007/s12083-020-01002-4.
3. Delgado-Segura S., Pérez-Solà C., Herrera-Joancomartí J., Navarro-Arribas G., Borrell J. Cryptocurrency Networks: A New P2P Paradigm // Mobile Information Systems. – 2018. – V. 2018. – doi: 10.1155/2018/2159082.
4. Ramzan N., Park H., Izquierdo E. Video streaming over P2P networks: Challenges and opportunities // Signal Processing: Image Communication. – May 2012. – V. 27. – No. 5. – P. 401–411. – doi: 10.1016/j.image.2012.02.004.
5. Fiedler J., Kupka T., Magedanz T., Kleis M. Reliable VoIP Services Using a Peer-to-Peer Intranet. – 2006. – doi: 10.1109/ism.2006.132.
6. R.C., B.S. Mapster: a peer-to-Peer data sharing environment // South Afr. Comput. J. – 2007. – V. 39. – P. 35–46.
7. O.O., O.A., O.O. UStream: Ultra-Metric Spanning Overlay Topology for Peer-to-Peer Streaming Systems // IEEE International Symposium on Multimedia (ISM), 2015. – P. 601–604. – doi: 10.1109/ISM.2015.82.
8. Stoica I. et al. Chord: a scalable peer-to-peer lookup protocol for Internet applications // IEEE/ACM Transactions on Networking. – 2003. – V. 11. – No. 1. – P. 17–32. – doi: 10.1109/TNET.2002.808407.
9. Karger D., Lehman E., Leighton T., Panigrahy R., Levine M., Lewin D. Consistent hashing and random trees. – 1997. – doi: 10.1145/258533.258660.

DOI: 10.17223/978-5-907442-42-9-2021-19

К АНАЛИЗУ НЕПРЕРЫВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ СЕССИИ В УСЛОВИЯХ МИКРОМОБИЛЬНОСТИ И БЛОКИРОВКИ ПРЯМОЙ ВИДИМОСТИ*

Конюхов Р.И.¹, Бесчастный В.А.¹, Молчанов Д.А.², Самуйлов К.Е.¹

¹Российский университет дружбы народов, ²Университет Тампере

konyukhov.roman@mail.ru, beschastnyy-va@rudn.ru, dmitri.moltcanov@tuni.fi, samuylov-ke@rudn.ru

Введение

Интересы исследовательского сообщества в наши дни направлены на изучение новой технологии радиоинтерфейса для систем 6G [1]. По общему мнению, этот новый интерфейс будет работать в нижней части терагерцового диапазона частот (0.3 – 3 ТГц) [2]. Используя массивные антенные решетки как на стороне базовой станции (БС), так и пользовательского оборудования (ПУ) для компенсации затухания радиосигнала, в ТГц системах будет применяться небольшая ширина диаграммы направленности по уровню половинной мощности (НРВW), приближенная к долям градуса [3].

В качестве побочного эффекта такая высокая направленность позволяет эффективно подавлять помехи между соседними сотами [4]. Однако это также ставит перед разработчиками систем ряд трудноразрешимых задач. В частности, в дополнение к большей чувствительности к блокировкам прямой видимости по сравнению с диапазоном

* Публикация выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 19 07 00933 и № 20 07 01064.