

2. *Microservice Architecture* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://microservices.io/>. – Дата доступа: 30.01.2021.

3. Ричардсон К. Микросервисы. Паттерны разработки и рефакторинга. – СПб.: Питер, 2019. – 544 с.

УДК 316.776

Я.Ю. Навроцкий, асп.; Н.В. Пацей, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ПРИНЦИПЫ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СЕТЯХ

Информационно-ориентированная сеть (*ICN – Information Centric Networking*) – интернет-архитектура, построенная на основе именованных объектов данных (*NDO – Named Data Object*), в которой адресным элементом протокола является контент (информация), а не конечные точки хоста, предоставляющие к ней доступ. Основным действующим проектом реализации *ICN* сети является *NDN (Named Data Network)*. В маршрутизаторах (*forwarders*) *NDN* используется таблица маршрутизации *FIB (Forwarding Interest Base)* на основе которой, определяется следующий адресат сообщения запроса. Из-за того, что в *FIB* ключом является название *NDO*, а также из-за неограниченного количества имен в сети, происходит быстрое увеличение количества записей в *FIB*, что в свою очередь требует множества ресурсов [1].

Гиперболическая маршрутизация – это жадный алгоритм маршрутизации, основанный на полярных координатах узлов (r – радиус, θ – угол), расположенных в неевклидовой плоскости, которые отображают сетевую геометрию [2]. При гиперболической маршрутизации, каждый узел знает свои собственные координаты, координаты своих соседей и координаты *NDO*, которые несет запрос –сообщение *Interest*. На основе данных координат маршрутизатор вычисляет расстояние между ним, соседями, конечным получателем и отправляет сообщение соседнему узлу с оптимальным путем. При использовании такого подхода, маршрутизаторам не нужно поддерживать полноценный *FIB*, достаточно хранить небольшой кэш рассчитанных маршрутов или «мертвых» маршрутов – маршрутов, которые не способны предоставить запрашиваемые данные, что значительно сократит количество ресурсов затрачиваемых на маршрутизацию [2–4].

Вопрос присвоения гиперболических координат именам *NDN* все еще остается открытым. Основная проблема решения данного вопроса заключается в том, что в настоящее время нет крупномасштаб-

ного развертывания *NDN* или его полноценной модели, с которой можно было бы экспериментировать. Для решения задачи с назначением координат *NDO*, а так же других операционных проблем предполагается введение какого-либо выделенного сервиса. В настоящее время прообразом такого сервиса является *DNS*. Изначально предназначенный для предоставления простой службы сопоставления имен и *IP*-адресов, *DNS*, представляет собой большую, хорошо масштабируемую и сильно распределенную базу данных, основанную на иерархии имен и управляемую с ее помощью.

Сценарий выполнения запроса данных при гиперболической маршрутизации схож с классическим подходом в *NDN*, за исключением того, что добавляется новый сервис, предоставляющий координаты *NDO*, с которого начинается выполнение запроса. Клиент отправляет запрос на получение координат *NDO*. Полученные координаты добавляются в сообщение *Interest* и передаются на маршрутизатор. Маршрутизатор, получив сообщение *Interest*, проверяет локальную базу *NDO – Content Store (CS)* на наличие в ней запрашиваемого объекта, если он найден, то маршрутизатор сразу формирует сообщение ответа и возвращает его клиенту. Если *NDO* не найдено в *CS*, маршрутизатор проверяет наличие записи в таблице ожидания запросов *PIT (Pending Interest Table)*. *PIT* содержит активные запросы *NDO* и клиентов, которые их ожидают. Данный подход позволит сократить трафик в сети и уменьшить время ответа на сообщение *Interest* за счет агрегации запросов. Если в *PIT* есть запись с запрашиваемым *NDO*, то маршрутизатор добавляет в нее нового клиента и на этом обработка сообщения *Interest* прекращается. После создания записи в *PIT*, маршрутизатор проверяет видоизмененный *FIB* на наличие результатов вычисления длины маршрутов. Если таковых нет, то создает их, где ключом будут координаты *NDO*, значением – длина маршрута. Завершающим этапом обработки сообщения *Interest* вверх по сети является выбор оптимального маршрута на основе данных *FIB*. Описанный процесс маршрутизации сообщения *Interest* представлена на рис.1.

Была проведена экспериментальная оценка работы модели *NDN* сети с гиперболической маршрутизацией в сравнении со стандартной по двум параметрам: время выполнения сценария, количество пересадок сообщения *Interest*. Оценки проводились в ранее созданной среде с моделью сети [5–6], представленной на рис.2 и набором параметров, перечисленных в таблице. Стоит упомянуть, что сложность получения записи из *FIB* в обоих случаях равна $O(n)$, и, возможно, при реализации *FIB* на основе хеш-таблиц со сложностью доступа к элементу $O(1)$ время выполнения сценариев будет с меньшим разрывом.

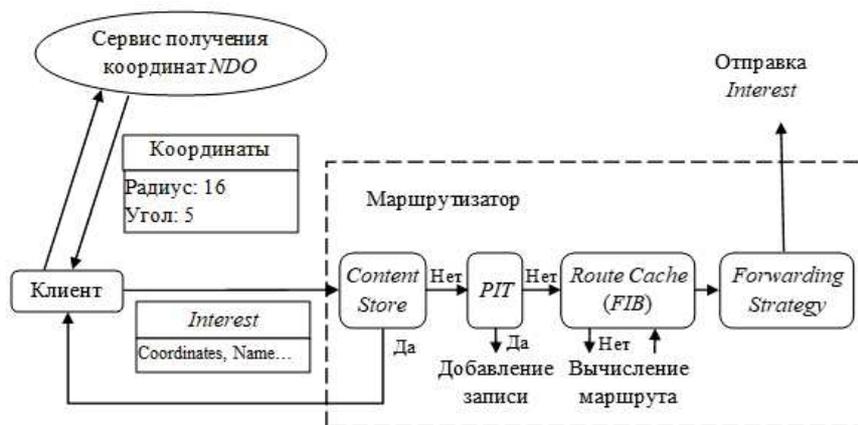


Рисунок 1 – Схема маршрутизация сообщения *Interest* с гиперболической маршрутизацией

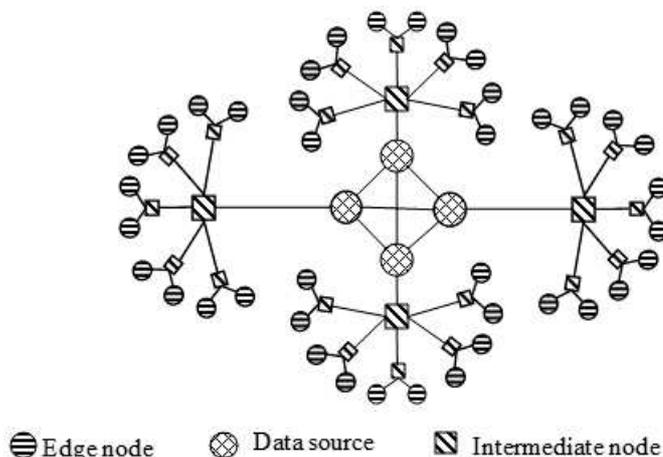


Рисунок 2 – Модель *NDN* сети

Таблица – Параметры моделирования *NDN* сети

Параметр	Значение
Размер каталога	10^4
Размер кэша	10
Кол-во запросов клиента	10^3
Политика кэширования	Progressive
Область знаний клиента	100
Распределение запросов	Zipf
Тип маршрутизации	Стандартная, Гиперболическая

Экспериментальные результаты моделирования показали, что время выполнения сценариев при использовании гиперболической маршрутизации меньше на 10–12% (18.8 сек. против 21.2 сек. при стандартной маршрутизации), но при этом количество переадресаций сообщения *Interest* вверх по сети возрастает на 2–3% (8.22^8 против 7.98^8 при стандартной схеме маршрутизации).

Таким образом, использование гиперболических схем маршрутизации в *ICN* с высокой вероятностью позволит спроектировать высокодинамичные сети, хотя и требует пересмотра процессов переадресации, и может иметь практическое приложение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xylomenos G., Ververidis C. N., Siris V. A., Fotiou N. Survey of Information-Centric Networking Research // IEEE Communications Surveys & Tutorials – vol. 16. – 2014. P.1024-1049.
2. Papadopoulos F., Krioukov D., Boguña M., Vahdat A. Greedy Forwarding in Dynamic Scale-Free Networks Embedded in Hyperbolic Metric Spaces // in IEEE INFOCOM. Mar 2010. P. 2973-2981.
3. Boguña M., Papadopoulos F., Krioukov D. Sustaining the Internet with Hyperbolic Mapping // Nature Comms, vol. 1. – 2010. P.64.
4. Afanasyev A., Addressing operational challenges in named data networking through ndns distributed database // Ph.D. dissertation, University of California Los Angeles – 2013. 162 p.
5. Навроцкий, Я.Ю. Алгоритмы маршрутизации именованных объектов в информационно-ориентированных сетях / Я. Ю. Навроцкий, Н. В. Пацей // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. - Минск : БГТУ, 2020. - № 1 (230). - С. 79-87
6. Navrotsky Y., Patsei N. Zipf's Distribution Caching Application in Named Data Networks // 2021 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream): Proceedings of the Conference : April 30, 2021, Vilnius, Lithuania, . IEEE -2021. P.1-4

УДК 004.93

И.Г. Сухорукова, ст. преп.
(БГТУ, г. Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРЕЙМВОРКА MEDIAPIRE В МУЛЬТИ-МЕДИЙНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Современные подходы к решению задач компьютерного зрения широко используют нейронные сети. И если ранее из-за невысокой производительности клиентских устройств вычисления производились на сервере, то уже сейчас возможно запускать небольшие модели на клиентских устройствах в режиме реального времени. Помимо запуска модели требуется выполнять предобработку и постобработку данных. Для создания и запуска таких пайплайнов машинного обучения (предобработка данных, запуск модели, постобработка результа-