

«АНАЛИЗ СЕТЕВЫХ АРХИТЕКТУР, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА ДАННЫЕ»

Васяева Н.С., Дегаев М.Н.

Поволжский государственный технологический университет,
г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Концепция информационно-ориентированной сети (ICN) определяет новую модель связи, которая фокусируется на контенте, а не на обменивающихся информацией сетевых объектах. Основная цель ICN – изменить текущую модель связи, ориентированную на хост, на модель, ориентированную на контент, для эффективного распространения контента по сети. В статье приводится анализ наиболее известных исследовательских проектов ICN и определяются их основные показатели. Также обсуждаются проблемы, связанные с именованием, маршрутизацией и кэшированием в информационно-ориентированных сетях.

Ключевые слова: информационно-ориентированная сеть; ICN; сетевая архитектура; ориентированная на данные; DONA; сеть именованных данных; NDN; интернет-технология публикации-подписки; PURSUIT; масштабируемые и адаптивные интернет-решения; SAIL; именование; маршрутизация; кэширование; масштабируемость

«ANALYSIS OF DATA-CENTRIC NETWORK ARCHITECTURES»

Vasyaeva N.S., Degayev M.N.

Volga State Technological University, Yoshkar-Ola,
Russian Federation

The concept of Information Centric Networking (ICN) defines a new communication model that focuses on what is being exchanged rather than which network entities are exchanging information. ICN's primary objective is to shift the current host-oriented communication model towards a content centric model for effective distribution of content over the network. The article provides an analysis of the most famous ICN research projects

and defines their main indicators. Challenges will also be discussed related to naming, routing, and caching in Information-Centric Networking.

Keywords: *Information-Centric Networking; ICN; Data-Oriented Network Architecture; DONA; Named Data Networking; NDN; Publish-Subscribe Internet Technology; PURSUIT; Scalable and Adaptive Internet Solutions; SAIL; naming; routing; caching; scalability*

Введение

В 2016 году корпорация Cisco сделала прогноз визуального сетевого индекса (Visual Networking Index) в отношении глобального IP-трафика. Согласно этому прогнозу, к 2020 году на мобильные и беспроводные устройства будет приходиться 71% общего IP-трафика, что должно было привести к семикратному увеличению трафика мобильных данных во всем мире в период с 2017 по 2022 год. Также через сети доставки контента к 2020 г. должно передаваться почти три четверти всего видеотрафика сети Интернет. По всей видимости, этот прогноз оправдывается. В связи с этим возникает потребность в развитии новых технологий, связанных с передачей трафика очень большого объёма. Одним из таких решений является сеть ICN.

Информационно-ориентированная сеть (Information-Centric Networking – ICN) представляет собой новую сетевую технологию, основанную на идентифицируемых по имени объектах данных и внутрисетевом кэшировании. Фактически, ICN обеспечивает уникальное постоянное именование контента, внутрисетевое кэширование и многоадресную передачу, что уменьшает нагрузку на поставщика данных и задержку ответа.

Традиционная сеть состоит из хостов, которым присваиваются имена по их IP-адресам, зависящим от их местоположения в сети. Следовательно, поскольку имя привязано к адресу, а адрес основан на местоположении, адрес изменится при изменении физического местоположения. Эта проблема будет только усиливаться с резким ростом числа мобильных устройств. Концепция информационно-ориентированной сети определяет новую коммуникационную модель, которая фокусируется на информации о том, что именно передается, а не то, какие сетевые объекты учувствуют в обмене информации. С

точки зрения ICN, содержимое, а не хосты, является главным объектом в сети. Основная цель состоит в том, чтобы сместить текущую модель, ориентированную на хост, к модели, ориентированной на контент, для эффективного распространения контент по сети.

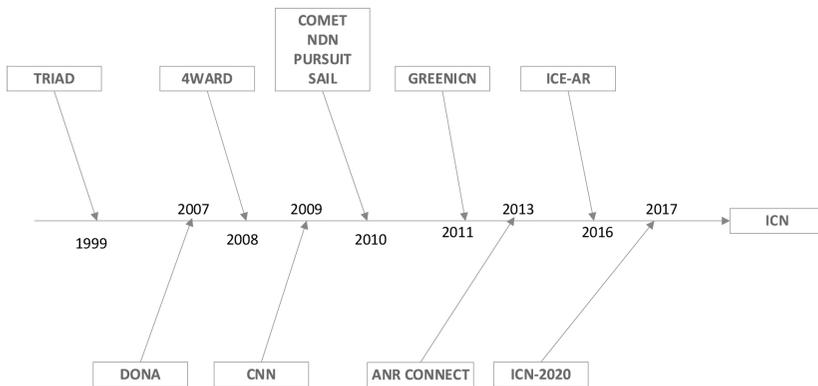


Рис. 1. Хронология проектов ICN

Проекты, посвященные ICN, активно развиваются с 2000-ых годов (рис. 1). TRIAD была первой архитектурой транспортного уровня, основанной на именах, представленной Стэнфордским университетом в 1999 году. Сетевая архитектура, ориентированная на данные (DONA), стала одной из первых архитектур ICN, которая была основана на концепциях «чистого листа». За эти годы последовало много новых проектов, финансируемых США и ЕС. США финансировали такие проекты, как Content-Centric Networking (CCN) (2009 г.), Named Data Networking (NDN), Mobility First и ICE-AR, в то время как ЕС финансировал Интернет-технологии публикации-подписки (PURSUIT), Scalable&Adaptive Internet Solutions (SAIL), Архитектура посредника содержимого для сетей с распознаванием содержимого (COMET), CONVERGENCE и ANR Connect. Другие совместные проекты включают GreenICN и ICN-2020. Хотя все эти архитектуры содержат разные элементы, многие из старых проектов эволюционируют в новые.

В России и странах СНГ вопросами развития сетей ICN занимаются в Московском Техническом Университете Связи и Информатики и Белорусском государственном технологическом университете.

Данная статья посвящена анализу известных сетевых архитектур ICN и выявлению наиболее проблемных вопросов, возникающих при практической реализации таких информационных сетей.

1. Сеть доставки контента CDN

Сеть доставки контента (Content Delivery Network) CDN – одна из основных используемых в настоящее время сетевых архитектур. Главная концепция CDN заключается в наличии сети серверов рядом с границей сети с актуальным контентом для оптимизации доступности и задержки. Поскольку спрос на видеотрафик увеличивается, а также становится все более мобильным, размещение пограничных серверов сети и невозможность 100% репликации основных серверов, CDN просто недостаточно для растущего спроса из-за того, что многие пользователи запрашивают один и тот же контент на том же самом сервере, что вызывает перегрузку трафика. Это касается не только мобильных устройств, но и увеличение количества устройств IoT добавит дополнительных трудностей к производительности и надежности сетей CDN.

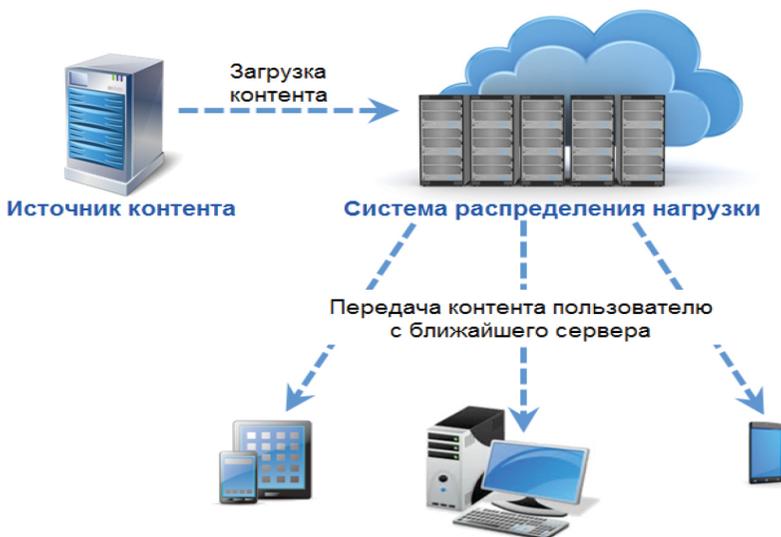


Рис. 2. Схема работы CDN

2. Особенности основных архитектур сетей ICN

В статье рассмотрены такие сетевые архитектуры, ориентированные на данные, как DONA, NDN, PURSUIT и SAIL. Развитие проектов ICN сетей в хронологическом порядке представлено на рисунке 1.

Представленные ниже архитектуры ICN (рис. 3-6) отличаются друг от друга схемой наименования контента, методами кеширования, принципами замещения кэша, методами маршрутизации контента между узлами сети. В таблице 1 представлены ключевые различия характеристики ICN сетей.

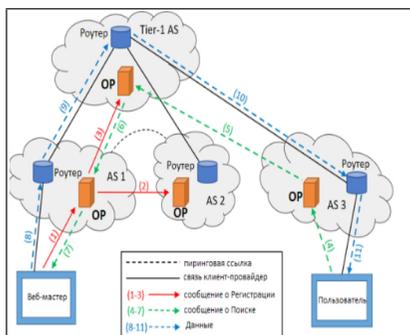


Рис. 3. Архитектура DONA

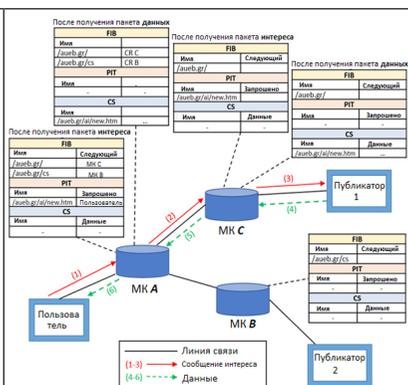


Рис. 4. Архитектура NDN

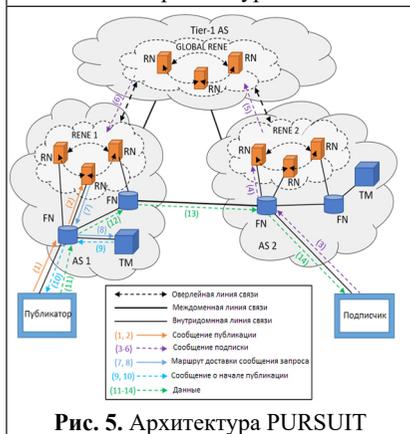


Рис. 5. Архитектура PURSUIT

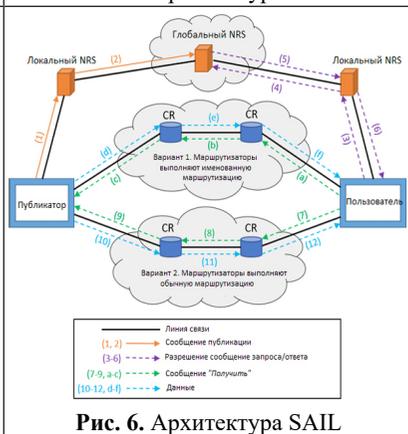


Рис. 6. Архитектура SAIL

Таблица 1.

Основные характеристики ICN сетей

	Схема именован-ния	Разрешение имен	Маршрутизация данных
DONA	Плоская	Специализированные сервера Обработчики разрешения (RH)	две формы маршрутизации данных: несвязанная и связанная
NDN	Иерархическая	В каждой таблице хранятся пары имен	Маршрутизатор Контента (ContentRouter CR) поддерживает три структуры данных: таблицы FIB, PIT и хранилище контента CS
PURSUIT	Плоская	Информационные элементы идентифицируются уникальной парой идентификаторов – Rendezvous ID (Rid) и Scope ID (Sid). Sid отвечает за хранение элементов связанной информации вместе, а Rid отвечает за хранение и идентификацию информации о конкретном элементе	Разрешение имен и маршрутизация данных реализуются набором узлов randevu (RN), сетью встречи (RENE), менеджером топологии (TM) и узлами пересылки (FN)
SAIL	Плоская	Объект данных состоит из двух частей: A: L, где A – хэш открытого ключа владельца, а L – метка, выбранная владельцем (пара открытого и закрытого ключей)	используется система разрешения имен (Name Resolution System NRS)

3. Основные проблемы сетей ICN

При изучении и внедрении архитектур ICN сетей возникают обширный класс проблем, которые необходимо решить. К ним можно отнести проблемы:

- Безопасности (схема именованя должна будет сертифицировать объекты данных посредством самоподписанного сертификата или аттестации третьей стороной);
- Масштабируемость системы маршрутизации и разрешения имен (контент должен быть идентифицирован по его имени);
- Именоване (свойства имен контента должны включать глобальную уникальность, безопасность, независимость от местоположения и удобство для человека);
- Скорость и управление перегрузкой;

- Внутрисетевое кэширование (сложность крупномасштабных сетевых кешей, отбрасывании нужного содержимого при поступлении нового содержимого в кэш и эффективном хранении содержимого в кэше);

Для практической реализации принципов вышеописанных архитектур ICN наиболее критичной для решения проблемы является совместная работа ICN и IP сетей в существующей парадигме устройства сети Интернет (как на аппаратном уровне, так и на уровне модели OSI).

Миграция ICN требует изменений не только на сетевом уровне, но и на уровне приложений, чтобы использовать имя контента и разрешение ключевых слов вместо адресов узлов. Режим сосуществования также требует повторной реализации сетевого стека для поддержки обоих протоколов.

В настоящее время наиболее значимые результаты исследований сетей ICN представлены в работах [1-5]. Вопросы совместной работы ICN и IP сетей освящены в [6-8], в частности в работе авторов L. Ruidong, H. Hiroaki, A. Hitoshi предложена концепция агрегируемой маршрутизации на основе имен (ANBR), которая в результате моделирования показала хорошие результаты.

Также стоит отметить результаты Я.Ю. Навроцкого, Н.В. Пацей [9] в установлении размера кэша и размера каталога при реализации политик кэширования в информационно-ориентированных сетях.

Заключение

В статье показаны преимущества сетей ICN. Поскольку количество устройств с выходом в Интернет значительно увеличивается из года в год, важно обратить особое внимание на это направление эволюции с учётом тенденций развития современных сетевых технологий. У ICN есть потенциал стать ключевой технологией передачи данных в сетях. Внутрисетевое кэширование играет важную роль в эффективности ICN-сетей.

Особенностью рассмотренных подходов к реализации сетей, ориентированных на данные, является необходимость переработки существующих уровней модели OSI и поддержки новых про-

токолов данных на аппаратном уровне. Также важно проработать проблему хранения кэша в локальных обработчиках контента (пограничных маршрутизаторах). Необходимо использование современных подходов сетей хранения данных в транзитных узлах для корректной работы сетей ICN, что увеличивает скорость внедрения инновационных моделей развития сети Интернет.

Список литературы

1. Bari F., R.C. Shihabur, A.Reaz, B. Raouf, M. Bertrand. "A Survey of Naming and Routing in InformationCentric Networks" IEEE Communications Magazine50(12):44-53.
2. A. Alcardo, T.Xiaoheng "Caching and Data Routing in Information Centric Networking (ICN): The Future Internet Perspective" International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering 2014
3. N. Boubakr, L. Fan, K. Hakima, M. Hassine, K. Adlen "Coexistence of ICN and IP networks: an NFV as a service approach" IEEE Global Communications Conference, Dec 2019pp.1-6.
4. C. Mauro, G. Ankit, H. Muhammad, L. Chhagan, L. Eleonora "The Road Ahead for Networking:A Survey on ICN-IP Coexistence Solutions"IEEE Communications Surveys & Tutorials pp(99)April 2020.
5. M. Dorra,S.MettaliGammar, L. Abdelkader, L.Azouzne "Using Information Centric Networking in Internet of Things: A Survey"Wireless Personal Communications 105(6):1-17March 2019.
6. L. Ruidong, H. Hiroaki, A. Hitoshi "An Aggregatable Name-Based Routingfor Energy-Efficient Data Sharingin Big Data Era" 9th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT) 2012.
7. A. Ghodsi, T. Koponen, J. Rajahalme, S. Sarolahti, and S. Shenker, "Naming in Content-Oriented Architectures," Proc. ACM SIGCOMM ICN WS, Aug. 2011.
8. K. Sollins, "Pervasive Persistent Identification for Information Centric-Networking," Proc. ACM SIGCOMM ICN Workshop, Aug. 2012.
9. Я. Ю. Навроцкий, Н. В. Пацей «Реализация политик кэширования в информационно-ориентированных сетях» // Труды БГТУ, 2018, серия 3, №1, с. 99-103.

References

1. Bari F., R.C. Shihabur, A.Reaz, B. Raouf, M. Bertrand. "A Survey of Naming and Routing in InformationCentric Networks" IEEE Communications Magazine50(12):44-53.
2. A. Alcardo, T.Xiaoheng "Caching and Data Routing in Information Centric Networking (ICN): The Future Internet Perspective" International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering 2014
3. N. Boubakr, L. Fan, K. Hakima, M. Hassine, K. Adlen "Coexistence of ICN and IP networks: an NFV as a service approach" IEEE Global Communications Conference, Dec 2019pp.1-6.
4. C. Mauro, G. Ankit, H. Muhammad, L. Chhagan, L. Eleonora "The Road Ahead for Networking:A Survey on ICN-IP Coexistence Solutions"IEEE Communications Surveys & Tutorials pp(99)April 2020.
5. M. Dorra,S.MettaliGammar, L. Abdelkader, L.Azouzne "Using Information Centric Networking in Internet ofThings: A Survey"Wireless Personal Communications 105(6):1-17March 2019.
6. L. Ruidong, H. Hiroaki, A. Hitoshi "An Aggregatable Name-Based Routingfor Energy-Efficient Data Sharingin Big Data Era" 9th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT) 2012.
7. A. Ghodsi, T. Koponen, J. Rajahalme, S. Sarolahti, and S. Shenker, "Naming in Content-Oriented Architectures," Proc. ACM SIGCOMM ICN WS, Aug, 2011.
8. K. Sollins, "Pervasive Persistent Identification for Information Centric-Networking," Proc. ACM SIGCOMM ICN Workshop, Aug. 2012.
9. Ya. Yu. Navrotskiy, N. V. Patsey «Realizatsiya politik keshirovaniya v informatsionno-orientirovannykh setyakh» // Trudy BGTU, 2018, seriya 3, №1, s. 99-103.