



FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL INFORMÁTICA

Una arquitectura caché para redes ICN basada en comportamiento de usuario

Tesis para optar al grado de ingeniero civil en informática.

Autor:

Mathias Nicolas Velilla Brandau.

Profesores guía:

Carlos Gomez-Pantoja
Miguel Guitierrez

Santiago de Chile, Chile.

Abril, 2017

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Desafíos	3
1.3. Contribución de la tesis	3
1.4. Estructura de la tesis	4
2. Descripción del problema	5
2.1. Contextualización	5
2.2. El problema	5
2.2.1. Declaración del problema	5
2.2.2. Diagrama de ishikawa	5
2.3. Objetivos	5
2.3.1. Objetivo general	5
2.3.2. Objetivos específicos	5
2.3.3. Alcance de los objetivos	6
3. Marco teórico	7
3.1. Information Centric Network	7
3.2. Caché	11
3.2.1. Organización del Cache	12
3.2.2. Estructura del caché	12
3.3. Comportamiento de usuario	12
4. Estado del arte	13
Bibliography	13

Índice de figuras

3.1. Cronología de los principales hitos de ICN [12].	7
3.2. Arquitecturas de reloj de arena de Internet y NDN [3].	8
3.3. Paquetes NDN	9
3.4. Nodo CCN	10

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación

El nacimiento del Internet en el año 1958 en EE.UU. a través de ARPA (*Advanced Research Projects Agency*) tuvo como objetivo la comunicación entre diversas entidades con propósitos investigativos, la aparición de la conmutación por paquetes implementadas en los mecanismos de comunicación sentó las bases para el desarrollo de esta nueva tecnología, la cual hoy en día ha revolucionado la informática y las comunicaciones como ninguna otra cosa, convirtiéndose en una herramienta de índole mundial, un mecanismo el cual nos permite diseminar información de manera inmediata, generando un medio de colaboración e interacción entre las personas y los ordenadores, desconociendo su ubicación física.

Durante los años 2000 - 2008 el uso diario del Internet en las personas americanas rondaba entre un 60 % y 70 % [Digital CITIZE], este aumento en el uso de la Internet, conlleva también a un aumento de la información presente en la web, dando como resultado el desarrollo de aplicaciones las cuales deben interactuar con un gran número de usuarios y analizando una sobresaliente cantidad de información, motivo por el cual Internet impulsado por las demandas de las aplicaciones cada vez más emergentes y las capacidades de las nuevas redes de comunicación, se ha convertido en un mosaico arquitectónico que resulta en una creciente complejidad y vulnerabilidades imprescindibles, entregando como resultado violaciones de capas, proliferación de subcapas, y la erosión del modelo de extremo a extremo, es bajo esta eventualidad que todos los cambios efectuados concluyen en un aumento de la complejidad, lo cual se traduce en una Internet osificada, es por esta razón que los problemas anteriormente señalados no se encuentran directamente relacionados con los protocolos o mecanismo específicos del Internet actual, mas bien son causados esencialmente por

la incapacidad de integrar nuevos mecanismos, lo que quiere decir que los problemas son causados por la arquitectura de Internet y podrían ser resueltos con un nuevo diseño de arquitectura de Internet [10].

La creciente demanda de una distribución altamente escalable y eficiente del contenido ha motivado el desarrollo de futuras arquitecturas de Internet basadas en objetos de datos nombrados (NDO, por sus siglas en inglés), por ejemplo, páginas web, videos, documentos u otras informaciones. El enfoque de estas arquitecturas se conoce comúnmente como redes centradas en información (ICN). Por el contrario, las redes actuales se centran en el host, donde la comunicación se basa en hosts nombrados, por ejemplo, servidores web, PC, portátiles, teléfonos móviles y otros dispositivos[5].

Las arquitecturas ICN aprovechan el almacenamiento en red para el almacenamiento en caché, la comunicación multilateral a través de la replicación y los modelos de interacción que desacoplan a los remitentes y receptores. El objetivo común es lograr una distribución eficiente y confiable de los contenidos en donde cada uno de estos es nombrado única e independientemente desde la ubicación del productor(servidor), facilitando el almacenamiento en cache en los nodos intermediarios. Así, por ejemplo, los consumidores solicitaran contenidos enviando el denominado paquete de interés, el cual lleva el nombre del contenido, mientras que el productor o cualquier nodo que mantenga una copia del contenido puede responder a la petición realizada.[5]

A su vez, los usuarios ya antes mencionados como consumidores, realizan peticiones en la web, las cuales siguen una conducta dinámica caracterizándose por un elevado sesgo entre los diferentes conjuntos de peticiones, en otras palabras, dentro del universo de peticiones generadas existen conjuntos de peticiones que son regularmente solicitadas por los consumidores en intervalos de tiempos distintos, por lo contrario, otras peticiones escasamente son solicitadas. Dicho lo anterior, también existen situaciones dentro de un intervalo acotado de tiempo, donde surgen explosivamente peticiones las que se caracterizan por poseer un contenido en común, las cuales nacen por el desarrollo de un evento de interés popular teniendo como resultado un aumento sustancial en la demanda generada a los nodos, teniendo como consecuencia latencia y congestión en las redes.

1.2. Desafíos

Los desafíos que se afrontaran para la realización de proyecto de titulo I, son inicialmente el diseño de una nueva arquitectura de memoria caché para los nodos de las redes *ICN* (*Information Centric Network*), considerando el comportamiento de los usuarios por medio del tráfico de red. En segundo lugar, se debe incorporar una estrategia de caché(políticas de admisión, desalojo y reemplazo) y que será implementada en un simulador denominado *ndnSIM* (*Named Data Networking Simulator*), todo esto con el fin de mejorar resultados(Queresultados) en comparación con otras arquitecturas caché que se encuentran por defecto dentro del simulador(LFU, FIFO).

1.3. Contribución de la tesis

El aporte entregado por el proyecto de titulo, se puede identificar inicialmente por la creación diseño de una nueva arquitectura de memoria caché para los nodos de las redes *ICN* (*Information Centric Network*), considerando el comportamiento de los usuarios por medio del tráfico de red. En segundo lugar, se debe incorporar una estrategia de caché(políticas de admisión, desalojo y reemplazo) y que será implementada en un simulador denominado *ndnSIM* (*Named Data Networking Simulator*), todo esto con el fin de mejorar resultados de eficiencia de la memoria caché (Hit's, Miss) en comparación con otras arquitecturas caché que se encuentran por defecto dentro del simulador(LFU, FIFO). No obstante, a continuación se detallaran las contribuciones efectuadas por este trabajo:

- Diseño de una nueva arquitectura cache bajo el paradigma de las redes ICN, que contenga una subdivisión de tres grupos capaces de retener diferentes tipos de peticiones(intereses) de modo que la eficiencia del nodo se vea afectada positivamente. En cuanto a la división de la memoria caché, el primer segmento se encarga del almacenamiento de peticiones del tipo ráfaga, la segunda de guardar las de tipo permanente y para la ultima sección, la recaudación de peticiones de tipo variables.
- Creación de una topologia de redes ICN, utilizando el simulador ndnSIM, la cual contenga dentro de sus nodos la arquitectura caché anteriormente señalada

con la finalidad de inyectar tráfico de datos en base al comportamiento usuario para la obtención de resultados empíricos respecto a la nueva arquitectura caché diseñada.

1.4. Estructura de la tesis

A continuación se realizara una breve reseña de como se estructura el siguiente trabajo:

El capitulo 2 abarca la descripción del problema, en el se define el objetivo general, específicos, hipótesis y los alcances que contiene el proyecto de titulo. Incluyendo también la descripción de la metodología de trabajo utilizada para el progreso del trabajo.

El capitulo 3 posee el marco teórico, en el cual se definen diferentes conceptos esenciales para el entendimiento del proyecto del titulo. Dicho lo anterior se encuentran los siguiente conceptos: Redes centradas en la información (ICN), ndnSIM, aplicaciones web de gran escala, el cache, estructura y políticas de remplazo del caché existentes y finalizando con el comportamiento del usuario de manera donde se explica la ley de Zipf y se detallan los tipos de peticiones de usuario.

En el capítulo 4 se presenta una revisión bibliográfica de los trabajos realizados respecto a las arquitecturas cache y las políticas de cache implementadas en redes ICN, ademas del revisión de trabajos dentro del simulador ndnSIM, todo esto con el fin de diseñar una arquitectura de cache que no exista en la literatura.

Capítulo 2

Descripción del problema

2.1. Contextualización

-¿Que es el cache y para que sirve?

2.2. El problema

2.2.1. Declaración del problema

2.2.2. Diagrama de ishikawa

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Optimizar la eficiencia del cache en redes *ICN*, por medio del diseño de una arquitectura caché basada en el comportamiento de los usuarios, dentro del simulador *ndnSIM*.

2.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los componentes estructurales de las redes *ICN*.
- Proponer una arquitectura caché para redes *ICN* que considere el comportamiento usuario.
- Incorporar una arquitectura cache en el simulador *ndnSIM*
- Comparar el rendimiento de la estrategia caché propuesta con estrategias de la literatura

2.3.3. Alcance de los objetivos

Capítulo 3

Marco teórico

3.1. Information Centric Network

ICN (Information-Centric Networking) es un paradigma que pretende motivar la transición arquitectónica de la actual arquitectura centrada en el host a centrada en la información para difundir de manera eficiente y flexible la enorme información generada por una variedad de aplicaciones. En esta dirección de investigación, se han propuesto muchos enfoques durante los últimos años, de los cuales para el desarrollo de este trabajo nos centraremos en NDN.(Figura 3.1)

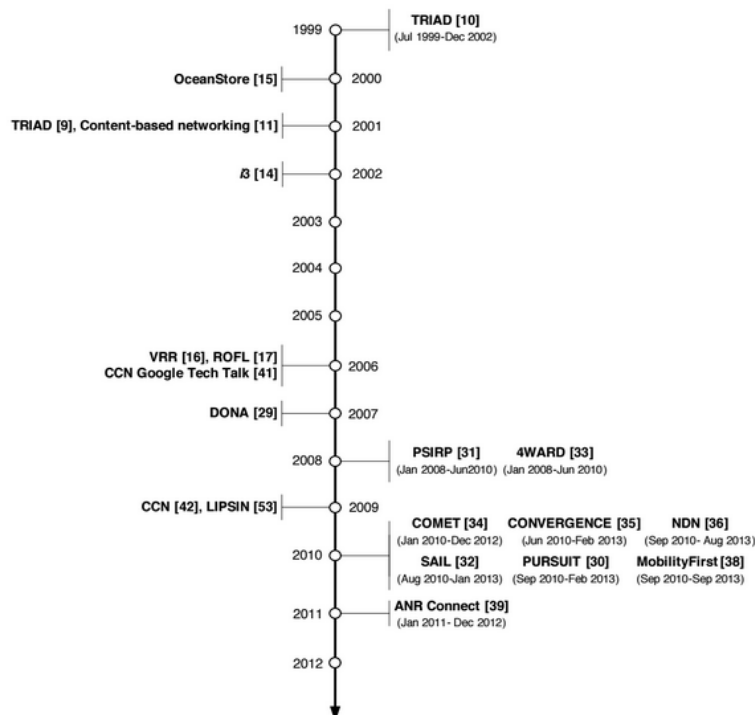


Figura 3.1: Cronología de los principales hitos de ICN [12].

Named Data Networking (NDN) es una de las arquitecturas futuras para el internet con años de investigación sobre el uso de la red y de los problemas no resueltos en arquitecturas contemporáneas del internet como IP[2][1]. La arquitectura NDN tiene su origen en el proyecto Content-Centric Networking (CCN) que Van Jacobson divulgo por primera vez en el año 2006 en una charla tecnológica de Google [7].

El proyecto NDN financiado por EE.UU desarrolla aun más la arquitectura CCN anteriormente mencionada, reconfigurando la pila de protocolos del internet haciendo el intercambio en la cintura delgada de la arquitectura de internet por el de datos nombrados y empleando diversas tecnologías de red por debajo de la cintura para la conectividad, incluyendo IP. También, NDN con el fin de optimizar el uso de recursos, contiene una capa de estrategia media que se ubica entre la capa de datos nombrada y las tecnologías de red, mientras que una capa de seguridad lleva a cabo las funcionalidad de seguridad directamente a los datos nombrados [12] .(Figura 3.2)

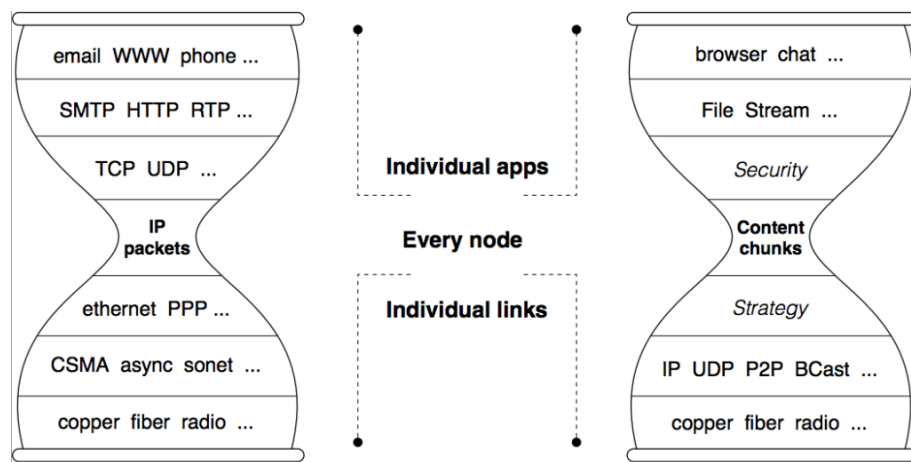


Figura 3.2: Arquitecturas de reloj de arena de Internet y NDN [3].

Dicho lo anterior, la principal abstracción de ICN es el NDO (Named Data Objects), la que se define como la unidad de datos direccionables que se encuentra dentro de una red centrada en la información, siendo capaces de representar una colección de bytes o una información en específica. Así mismo cada uno de los objetos de datos existentes posee un nombre vinculado a el, pudiendo verse como fragmentos de datos nombrados sin semántica alguna caracterizándose por su granularidad la cual varia desde el tamaño del paquete hasta los objetos completos [9][5].

Los objetos de datos con nombre se desligan de la ubicación, la aplicación, el almacenamiento y los medios de los transporte, dando paso al almacenamiento en cache y un bajo costo y ubicua replicación en la red, esperando como resultado una mayor eficiencia y seguridad, una mayor escalabilidad respecto a la demanda de información/ancho de banda y una superior robustez en escenarios de comunicación desafiantes [9].

La arquitectura NDN se compone de dos tipos de NDO, los paquetes de interés(Interest Packet) y los paquetes de datos(Data Packet)(Figura 3.3), siendo el nombre de estos de tipo jerárquico, similares a una URL, como por ejemplo /aueb.gr/ai/main.html.

los cuales son enviados por dos tipos de usuarios el primero denominado consumidor,entidad encargada de enviar una solicitud de un NDO a la red(Interest) y por otra parte un productor, que es la entidad encargada publicar NDO's en la red, los cuales serán solicitados por un consumidor y enviados (Data).

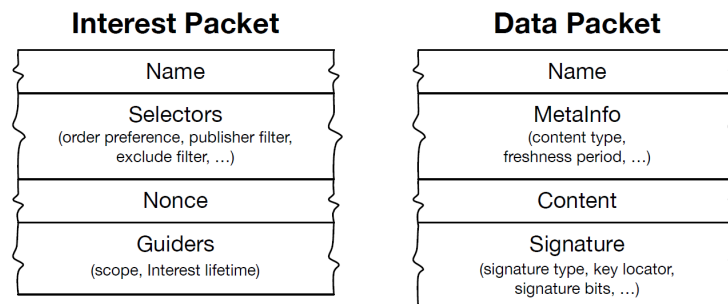


Figura 3.3: Paquetes NDN

Adicionalmente esta arquitectura también cuenta con nodos intermediarios entre los consumidores y los productores denominados CR (Content Routers), lo cuales le entregan a la red un aumento en la replicación de información y consigo una mayor resolución de consultas. Los nodos contienen tres estructuras de datos principales(Figura 3.4):

- **Forwarding Interest Table (FIB):** El FIB se utiliza para reenviar paquetes de interés hacia fuentes potenciales de datos coincidentes. Es casi idéntico a un IP FIB, excepto que permite una lista de caras salientes en lugar de una sola. Esto refleja el hecho de que CCN no está restringido a reenvío en un árbol de expansión. Permite múltiples fuentes de datos y puede consultarlas todas en

paralelo [8].

- **Almacen de contenido (Content Store (CS)):** El almacenamiento en caché de los NDO es una parte integral del servicio ICN. Todos los nodos potencialmente tienen cachés, incluyendo nodos en redes de infraestructura de ejecución de operadores y redes domésticas dirigidas por usuarios, así como terminales móviles. Las solicitudes de NDO pueden ser satisfechas por cualquier nodo que contenga una copia en su caché. ICN combina así el almacenamiento en caché en el borde de la red, como en P2P y otras redes de superposición, con almacenamiento en caché en la red (por ejemplo, cachés de web transparentes). El almacenamiento en caché es genérico, es decir, es independiente de la aplicación y se aplica a todos los proveedores de contenido, incluido el contenido generado por el usuario [8].
- **Pending Interest Table (PIT):** El PIT realiza un seguimiento de los Intereses enviados hacia arriba hacia la(s) fuente(s) de contenido de forma que los datos devueltos puedan ser enviados aguas abajo a su(s) solicitante(s) [8].

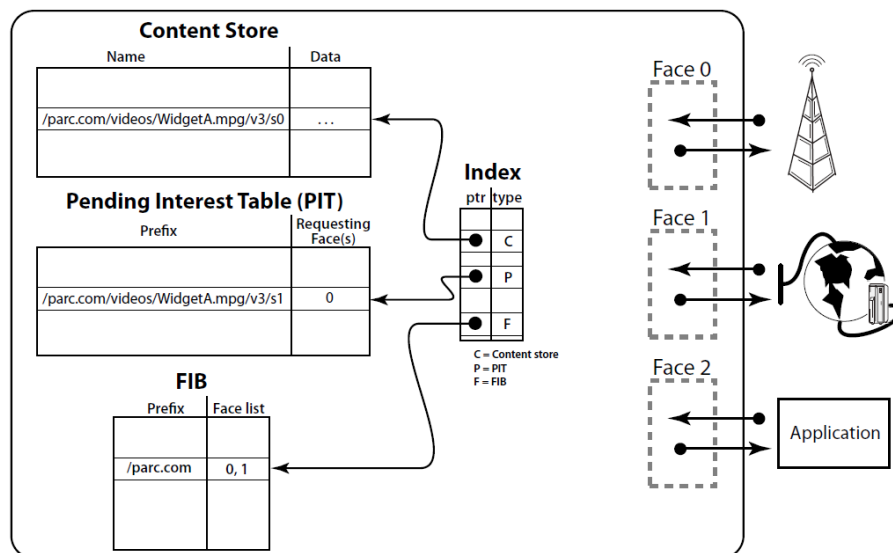


Figura 3.4: Nodo CCN

3.2. Caché

La cantidad de usuarios van en aumento día a día, por lo que las aplicaciones web con un gran numero de usuarios tienen que ser capaces de soportar grandes volúmenes de consultas y transacciones de datos(millones), las cuales poseen una patrón de comportamiento definido, este tema se abordara en (). Una de las tecnologías que existe para apaciguar el acceso incesante a información de los servidores, es la de un lugar de almacenamiento destinado a archivar las consultas y su respuesta, denominado *caché*.

El *caché* es una de las partes mas importante dentro de los servicios web y motores de búsqueda [6],[4]. Principalmente el cache es un espacio de almacenamiento(memoria) de acceso rápido, en donde se retienen las consultas más reiteradas hechas por los usuarios y sus respuestas, entregando una gran cantidad de ventajas entre las que se encuentran:

- Reducir la latencia de acceso a los documentos, esto se debe a que los objetos que son accedidos con mayor frecuencia se encuentran almacenados en un nodo de cache cercano, lo que disminuye el tráfico en la red, permitiendo que los objetos que no están en cache puedan también ser recuperados con mayor rapidez [11].
- Reducir el consumo de ancho de banda, lo que permite disminuir la congestión y el tráfico en la red [11].
- Reducir la carga de trabajo en los servidores web [11].

Siendo las características codiciables para una arquitectura cache las siguientes: robustez(capaz de no generar fallos o bloquearse), acceso rápido (disminuir latencia), eficiente, escalable, estable, adaptable y simple de implementar [11]. Por ello una de las finalidades más importante en el *caché* es la de obtener el mayor numero respecto a la tasa de hit, en otras palabra, conseguir que una gran parte de las consultas realizadas por el usuario, que ingresan al cache cuente con una respuesta pre-computada.

En la arquitectura NDN, el caché de los CR juega un rol importante al momento de satisfacer las peticiones del usuario(Consumidor). A modo de que sin la presencia del cache, el paradigma de las redes ICN no seria valida, causando así que los productores(servidores), procesen un volumen elevado de consultas simultaneas.

La importancia del caché en la arquitectura NDN de las redes ICN radica en que esta requiere de una difuminación eficiente de la gran cantidad de consultas realizadas diariamente por los usuarios, de manera que sean respondidas de forma rápida. El cache es limitado, por lo que al completar su capacidad máxima es necesaria la implementación de algoritmos que permitan el control del almacenamiento, estos algoritmos son las denominadas políticas, de las cuales existen tanto de admisión, reemplazo y desalojo. Dada la gran cantidad de usuarios hoy presentes en el internet es que se hace necesaria la creación de nuevas políticas que permitan una mejor eficiencia del cache.

3.2.1. Organización del Cache

En la arquitectura NDN el *caché* (*Content Store*) se encuentra presente en los distintos nodos (CR) incluyendo también a los consumidores y productores. Como se señalo en el punto anterior, el almacenamiento en cache es limitado. Siendo esta una tabla de columnas ¡Name, Data¿siendo Name el NDO Interest y Data el NDO con la el dato que responde esa consulta.

3.2.1.1. Política Admisión

3.2.1.2. Política Reemplazo

3.2.1.3. Política Desalojo

3.2.2. Estructura del caché

3.2.2.1. Caché estático

3.2.2.2. Caché Dinámico

3.2.2.3.

3.3. Comportamiento de usuario

Capítulo 4

Estado del arte

Bibliografía

- [1] Future internet architectures – next phase (fia-np) (nsf13538).
<https://www.nsf.gov/pubs/2013/nsf13538/nsf13538.htm>.
- [2] Future internet architectures (fia) nsf10528.
<https://www.nsf.gov/pubs/2010/nsf10528/nsf10528.htm>.
- [3] Named data networking: Executive summary - named data networking (ndn).
<https://named-data.net/project/execsummary/>.
- [4] Charu Aggarwal, Joel L Wolf, and Philip S. Yu. Caching on the world wide web. *IEEE Transactions on Knowledge and data Engineering*, 11(1):94–107, 1999.
- [5] Bengt Ahlgren, Christian Dannewitz, Claudio Imbrenda, Dirk Kutscher, and Borje Ohlman. A survey of information-centric networking. *IEEE Communications Magazine*, 50(7), 2012.
- [6] Ismail Sengor Altingovde, Rifat Ozcan, and Özgür Ulusoy. A cost-aware strategy for query result caching in web search engines. In *European Conference on Information Retrieval*, pages 628–636. Springer, 2009.
- [7] Van Jacobson. A new way to look at networking. *Google Tech Talk*, 30, 2006.
- [8] Van Jacobson, Diana K Smetters, James D Thornton, Michael F Plass, Nicholas H Briggs, and Rebecca L Braynard. Networking named content. In *Proceedings of the 5th international conference on Emerging networking experiments and technologies*, pages 1–12. ACM, 2009.
- [9] Dirk Kutscher, Suyong Eum, Kostas Pentikousis, Ioannis Psaras, Daniel Corujo, Damien Saucez, T Schmidt, and Matthias Wählisch. Information-centric networking (icn) research challenges. Technical report, 2016.

- [10] Paul Müller and Bernd Reuther. Future internet architecture—a service oriented approachfuture internet architecture—ein serviceorientierter ansatz. *it-Information Technology*, 50(6):383–389, 2009.
- [11] Jia Wang. A survey of web caching schemes for the internet. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 29(5):36–46, 1999.
- [12] George Xylomenos, Christopher N Ververidis, Vasilios A Siris, Nikos Fotiou, Christos Tsilopoulos, Xenofon Vasilakos, Konstantinos V Katsaros, and George C Polyzos. A survey of information-centric networking research. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(2):1024–1049, 2014.