

Prototyping an Information-Centric Network for IoT

Miguel Gutiérrez-Gaitán
miguel.gutierrez@unab.cl

Carlos Gómez-Pantoja
carlos.gomez.pantoja@unab.cl

David Ruete
druete@unab.cl

Departamento de Ciencias de la Ingeniería
Facultad de Ingeniería, Universidad Andres Bello, Antonio Varas 880

Abstract

This paper presents the design of an information-centric network prototype that forms the basis for working with Internet of Things devices. The proposal seeks to conveniently separate the functionalities of information-centric networking from those that are typical of IoT. The prototype design focus is on the development of a generic ICN-IoT node capable of implementing the most expensive features of the information-centric networking, such as forwarding, caching and other advanced processing functions. The result of the implementation allows interaction between different protocols through the same convergence layer, enabling the exchange of messages between lower and upper layers of the OSI reference model.

1 Introducción

El Information-Centric Networking (ICN) es uno de los paradigmas de comunicación más relevantes para el Internet del Futuro, área de investigación a la cual se asocian una serie de conceptos y tecnologías que buscan mejorar algunas de las características del Internet actual [MR09]. En particular, gracias a sus propiedades en relación a la recuperación de contenidos, ICN ha sido considerado recientemente como una solución aplicable en el contexto del Internet de las Cosas [LAA⁺15].

Sin embargo, la investigación en el contexto ICN-IoT es todavía incipiente, considerando que existen muchos desafíos que abordar en términos de la trazabilidad de los requerimientos entre ambos paradigmas [ZRG⁺16]. Por ejemplo, el Internet de las Cosas se caracteriza por ambientes dinámicos y altamente

heterogéneos, compuesto por dispositivos de recursos limitados [Bor14]; mientras que el Information-Centric Networking se soporta en nodos responsables de tareas más bien costosas, con funciones de procesamiento avanzado, almacenamiento de datos en cache y reenvío de paquetes [XVS⁺14].

En este contexto, el Internet Research Task Force está estudiando la convergencia de nodos de recursos limitados como los de IoT, con otros menos restringidos como los de ICN. Específicamente, la discusión que es interesante para este trabajo plantea separar convenientemente ciertas funcionalidades de IoT de otras de ICN en una misma red [LAA⁺15]. Esencialmente, la idea es que los nodos de recursos restringidos puedan implementar funcionalidades de ICN solamente si es estrictamente necesario, dejando la responsabilidad de las tareas costosas del networking a nodos ICN más poderosos [HAMF15].

El presente trabajo propone el diseño de un nodo de convergencia ICN-IoT que integre las redes centradas en la información con el Internet de las Cosas, desde el punto de vista de la implementación de nodos genéricos que interactúen con protocolos IoT. Las funcionalidades esperadas para una implementación futura apuntan a un nodo de convergencia híbrido capaz de soportar tanto la comunicación por disseminación de las redes ICN, como el modelo conversacional tradicional que es común en los protocolos IoT. Los alcances del prototipo implementado hasta ahora habilitan el intercambio de mensajes entre nodos de convergencia ICN-IoT y nodos IoT que basan su comunicación en los protocolos Ethernet y UDP. El desarrollo de la arquitectura interna del nodo genérico fue realizada a partir de Netgraph, un subsistema de red que ofrece un conjunto de módulos de complejidad arbitraria, capaces de ejecutar diversas funciones de red a nivel del kernel de FreeBSD[EC00].

2 Diseño

El diseño de la propuesta de convergencia se basa en nodos genéricos ICN-IoT que implementan al nivel del

kernel de FreeBSD las funcionalidades esenciales del networking de ICN. La dinámica entre el nodo de convergencia y los nodos IoT ocurre a través del intercambio de mensajes según el protocolo IoT utilizado. En concreto, el escenario de experimentación hasta ahora implementado (figura 1) se basa en un prototipo que permite la interacción con mensajes especiales que viajen de acuerdo al paradigma de disseminación sobre los protocolos Ethernet o UDP. Es decir, el nodo genérico ICN-IoT es el que implementa una capa de red de convergencia capaz de recibir mensajes directamente desde un puerto UDP o una interfaz de red Ethernet, sin interferir con el normal funcionamiento de la pila de protocolos TCP/IP. En particular, la implementación de la capa de convergencia toma como referencia la arquitectura de red sugerida por la Network of Information (o NetInf)[DKO⁺13], concebida como parte del proyecto europeo FP7 4WARD.

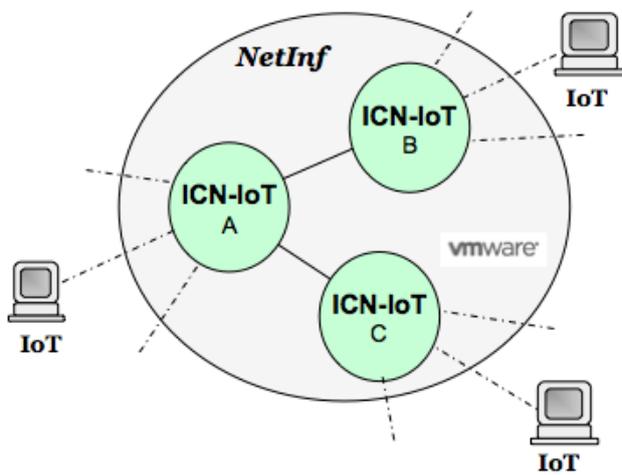


Figure 1: Escenario de experimentación ICN-IoT

Luego, si bien la propuesta original de NetInf contempla para la capa de red funcionalidades de procesamiento avanzado, almacenamiento en cache y reenvío de paquetes, en realidad el prototipo actual solo implementa la estrategia de forwarding de inundación o flooding, la cual es lograda a través de la adaptación del módulo ng_hub de Netgraph (figura 2). En ese sentido, la fortaleza principal de la implementación actual es la propuesta de una capa de red ICN-IoT que actúa como respuesta al problema de la convergencia declarado en algunos estudios recientes [LAA⁺15]. Por lo tanto, la funcionalidad que habilita el intercambio de mensajes ICN-IoT a través de una estrategia de forwarding ICN, representa uno de los resultados preliminares de la propuesta completa de diseño.

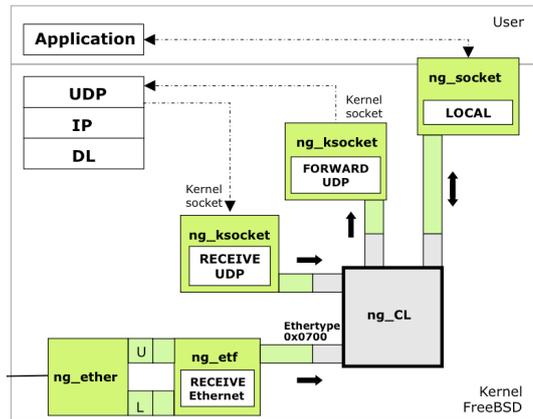


Figure 2: Estructura interna del nodo ICN-IoT

En la estructura interna del nodo ICN-IoT que se muestra en la figura 2, la capa de red está representada por el módulo ng_CL como una capa de convergencia tecnológica que ofrece interfaces para comunicarse con diferentes protocolos. De hecho, el módulo ng_CL procesa los mensajes recibidos por las interfaces Ethernet y UDP habilitadas, y los reenvía hacia otros nodos por medio de inundación. En esencia, la estructura se basa en la apropiada combinación de los módulos: ng_ether, ng_etf, ng_ksocket y ng_socket, ya existentes en Netgraph; y en el módulo ng_CL, creado especialmente para la habilitación de la capa de convergencia ICN-IoT. Sin embargo, el almacenamiento en cache y otras funciones relacionadas están consideradas para desarrollos futuros en esta misma capa, aunque debido a la flexibilidad que ofrece Netgraph para la combinación de módulos, dichas funciones se podrían incluso desarrollar inicialmente a nivel de la capa de aplicación. De hecho, actualmente el intercambio de mensajes con la capa de aplicación está habilitado para una de las interfaces del módulo, aunque su funcionamiento no haya sido parte del escenario de experimentación. Sin embargo, estos experimentos tuvieron como objetivo la validación de la implementación del nodo de convergencia y su estrategia de forwarding. Los mensajes especiales de solicitud (GET) de los nodos IoT fueron enviados por medio de generadores de paquetes en máquinas reales, mientras que los nodos ICN-IoT y sus conexiones fueron simulados a través de máquinas virtuales en VMware. Los mensajes de respuesta (GET-RESP) se generaron dentro del módulo ng_CL una vez recibido un mensaje GET por cualquiera de las interfaces. Dado lo anterior, el experimento solamente tuvo el carácter de prueba conceptual. Futuros trabajos debieran ofrecer resul-

tados experimentales con protocolos de comunicación inalámbrica y desde dispositivos IoT reales.

3 Conclusión

El Information-Centric Networking nace como una respuesta a la demanda creciente de distribución de contenidos altamente escalable y eficiente. Básicamente, a diferencia de la actual arquitectura de Internet basada en la conectividad de host-a-host, ICN pone a la información como el elemento central de la arquitectura de red.

Muchos proyectos comparten los conceptos fundamentales de ICN utilizando distintas notaciones para indicar diferentes elecciones y características [ADI⁺12]. Sin embargo, para este trabajo es interesante la propuesta de la Network of Information o NetInf, cuyo enfoque apunta precisamente a conectar diferentes tecnologías y dominios dentro de una red que funcione bajo el paradigma de redes centradas en la información.

En este contexto, la investigación en torno a la convergencia entre los paradigmas ICN e IoT se encuentra aún en fase de desarrollo. Por lo mismo, la existencia de una propuesta de implementación de red ICN-IoT representa una alternativa y una oportunidad concreta de enriquecer y mejorar las tecnologías actuales orientadas a IoT. Más aún, es conocido que las propiedades del paradigma de redes centradas en la información, al ser concebido específicamente para la diseminación de datos en red, podría ser ventajoso en términos de la resiliencia y robustez de las redes IoT.

En conclusión, el presente trabajo contribuye con un diseño prototipal de una red centrada en la información que sirve como base para el funcionamiento con dispositivos heterogéneos para el Internet de las Cosas. Específicamente, el trabajo realizado implementa un nodo ICN-IoT genérico y un módulo de forwarding para redes ICN basadas en NetInf, habilitando la experimentación conceptual entre tecnologías de diferentes capas. Otras tecnologías y funcionalidades podrían ser incorporadas a partir de este prototipo, siguiendo la propuesta que plantea la interacción en una misma red entre nodos IoT con capacidades limitadas y nodos ICN más poderosos.

References

[ADI⁺12] Bengt Ahlgren, Christian Dannewitz, Claudio Imbrenda, Dirk Kutscher, and Borje Ohlman. A survey of information-centric networking. *IEEE Communications Magazine*, 50(7):26–36, 2012.

[Bor14] Eleonora Borgia. The internet of things vision: Key features, applications and open

issues. *Computer Communications*, 54:1–31, 2014.

[DKO⁺13] Christian Dannewitz, Dirk Kutscher, Börje Ohlman, Stephen Farrell, Bengt Ahlgren, and Holger Karl. Network of information (netinf)—an information-centric networking architecture. *Computer Communications*, 36(7):721–735, 2013.

[EC00] Julian Elischer and Archie Cobbs. The netgraph networking system. Technical report, Technical report (Jan.), Whistle Communications. <http://www.elischer.com/netgraph/>, as of July, 2000.

[HAMF15] Mohamed Ahmed M Hail, Marica Amadeo, Antonella Molinaro, and Stefan Fischer. On the performance of caching and forwarding in information-centric networking for the iot. In *International Conference on Wired/Wireless Internet Communication*, pages 313–326. Springer, 2015.

[LAA⁺15] A Lindgren, F Ben Abdesslem, B Ahlgren, O Schelen, and A Malik. Applicability and tradeoffs of information-centric networking for efficient iot. *IRTF ICNRG draft-lindgren-icnrgefficientiot-02.txt*, 2015.

[MR09] Paul Müller and Bernd Reuther. Future internet architecture—a service oriented approach future internet architecture—ein serviceorientierter ansatz. *it-Information Technology Methoden und innovative Anwendungen der Informatik und Informationstechnik*, 50(6):383–389, 2009.

[XVS⁺14] 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.

[ZRG⁺16] Y Zhang, D Raychadhuri, L Grieco, E Baccelli, J Burke, R Ravindran, G Wang, A Lindren, B Ahlgren, and O Schelen. Requirements and challenges for iot over icn, 2016.