

互联网中基于 POF 的一种 CCN 原型系统实现

方盛宇,王 雷,王 格,侯方杰

(中国科学技术大学 自动化系,安徽 合肥 230027)

摘 要: 由于缺乏底层设备的支持,内容中心网络(CCN)难以应用于真实网络环境,基于协议无感知转发(POF)技术实现内容节点和内容路由器,并构成 CCN 网络. 系统设计了 HTTP-CCN 网关,并分为入口网关与出口网关,入口网关接入用户,出口网关接入互联网,实现了针对互联网视频的访问、缓存与点播. 实验表明利用 CCN 缓存可有效减少网络时延.

关键词: 内容中心网络; 协议无感知; HTTP-CCN 网关

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2017)05-0119-04

An Implementation of CCN Prototype System in the Internet Based on POF

FANG Sheng-yu, WANG Lei, WANG Ge, HOU Fang-jie

(Department of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China)

Abstract: Due to the lack of support of the underlying equipment, content centric network (CCN) is difficult to be applied to the real network environment. This paper realize content nodes and routers based on Protocol Oblivious Forwarding Technology (POF), and constitute a CCN network. Through the HTTP - CCN gateway a user can access to the system and through CCN-HTTP gateway the CCN can access to the Internet. The system realizes the access, cache and play of videos on the Internet. The experiments show that cache in CCN can effectively reduce the network delay and network traffic.

Key words: content centric networking; protocol oblivious forwarding; HTTP-CCN gateway

1 引言

内容中心网络(CCN)^[1]是一种全新的网络架构,得到了广泛的关注. 在这样的背景下,本文探究了将 CCN 应用到互联网的一般方法.

Mastorakis^[2]等利用 NS-3 等仿真平台搭建 CCN 网络. Baccelli 等^[3]利用开源的 CCN 实现 CCN Lite^[4],将 CCN 应用于物联网,但其系统设计于应用层之上,底层依然是 IP 路由. Gusev 等^[5]利用 CCN 项目提供的 CCN 测试床^[6]实现了一个视频直播系统. 这些 CCN 应用系统往往与互联网相脱离,用户不能依靠现有的互联网设备访问 CCN,这限制了 CCN 的应用和大规模部署. 因此 Li Z 等^[7]

设计了基于 kannel 的 HTTP-CCN 网关,网关使得用户使用 web 浏览器即可访问 CCN 网络,但其实实验系统基于现有的 NDN 项目,并不能很好地利用 CCN 网络的优势.

基于以上相关工作,本文设计了一种网关并搭建了 CCN 网络,在互联网环境下应用了 CCN.

2 系统设计

系统基于协议无感知转发技术 POF^[8]实现了 CCN 网络. 基于 HTTP 协议与 CCN 协议的特点系统实现了 HTTP-CCN 网关以支持 HTTP 协议与 CCN 协议的相互转换.

2.1 系统框架

系统框架如图 1 所示,具体组成模块有入口网关、内容网 CCN、出口网关以及管理系统。

用户通过管理系统接入入口网关,再由入口网关接入 CCN 网络;通过出口网关 CCN 网络接入互联网。互联网资源也可被缓存到 CCN 网络,以便充分利用 CCN 分布式缓存、路由的优势。在 CCN 网络未能响应用户请求的情况下请求会经出口网关交给互联网,由互联网响应请求。

2.2 请求-响应处理流程

系统对请求的处理流程如图 2 所示。用户通过管理系统的门户网站发起 HTTP 请求,请求会被转发至入口网关,入口网关将 HTTP 请求包转换为 CCN Interest 包再转发至内容网 CCN;若 CCN Interest 命中 CCN 缓存,则由 CCN 缓存节点返回 CCN Data 包;否则 CCN Interest 包最终会路由到出口网关处,出口网关会将其转换为 HTTP 请求包并转发至互联网。HTTP 响应包到达出口网关后,

出口网关接收 HTTP 响应包并将其转换成 CCN Data 包,所有的 CCN Data 包都会被转发至入口网关,在路由过程中 CCN Data 包会沿路径缓存。最终入口网关会将 CCN Data 包转换成 HTTP 响应包再返回给用户。此外,管理系统与网关模块以及内容网模块通信,用于记录与展示实验数据。

3 系统实现

3.1 网关的实现

网关的主要功能是实现 HTTP 协议与 CCN 协议的相互转换,具体包括以下几点。

- (1)HTTP Request 与 CCN Interest 的相互转换。
- (2) HTTP Response 与 CCN Data 的相互转换。

网关具体由以下四个模块组成。

(1)HTTP 模块:类似代理服务器的功能,接受准入用户的请求,屏蔽非准入用户的请求,代替用户发起 HTTP 请求,但不具备缓存功能。

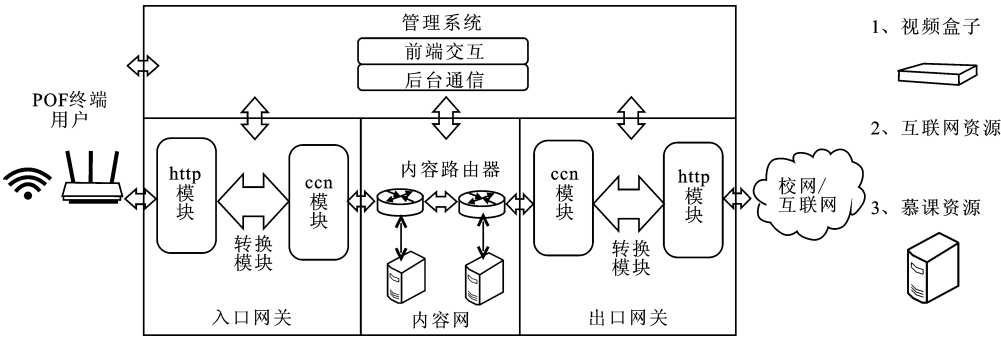


图 1 实验系统框架

(2)转换模块:HTTP 协议和 CCN 协议的转换,目前仅考虑 HTTP 请求报文的 get 方法、HTTP 响应报文。转换模块需要解决不同时间用户请求同一内容的 URL 转换一致性、HTTP 响应数据分片。

(3)CCN 模块:在网关和内容网间转发 CCN Interest 包和 CCN Data 包。

(4)网关管理 API:向管理系统提供网关的状态信息,如历史流量、当前请求列表、已响应请求列表等。

HTTP Request 到 CCN Interest 的转换:CCN Interest 由名称和控制字段组成,HTTP Request 由请求行、请求头部和用户请求数据组成。CCN 根据 CCN Interest 中的名称来路由,同时,可以认为 IP 网络根据 HTTP 解析到的 URL 路由。所以,实现 HTTP Request 到 CCN Interest 的转换关键是:建

立起 URL 到 Interest Name 的映射。一种简单的办法就是从 HTTP Request 中解析到 URL 然后将其作为 Interest 名称。此外,为了能够使得 CCN Interest 能在出口网关处被还原为 HTTP Request,不得不保存 HTTP Request 中必要的信息。

HTTP Response 到 CCN Data 的转换:实验系统主要考虑了 get 请求。HTTP Response 报文一般比较大,而 CCN 工作在网络层,CCN Data 大小有一定的限制。所以当 HTTP Response 报文大小超过限制后就对其进行分片,对于每个分片都有一个分片号,以便将分片后的 CCN Data 还原成 HTTP Response

再转发给用户。分片时无需考虑 HTTP Response 的头部和服务器响应数据间的差别,直接对整个报文进行分片。

采用上述过程相反的方式可将 CCN Interest

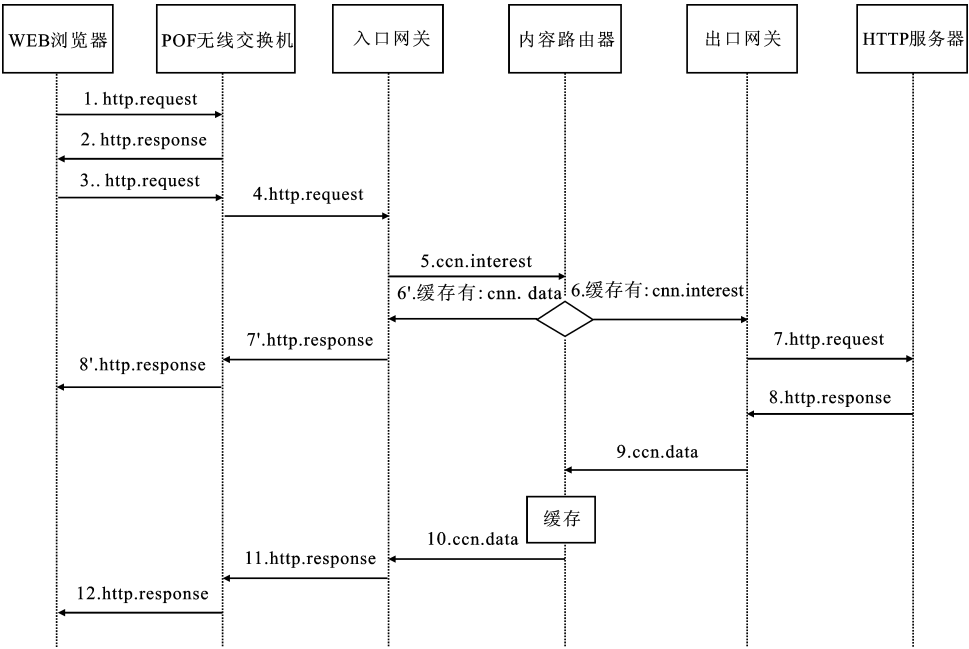


图 2 请求—响应时序

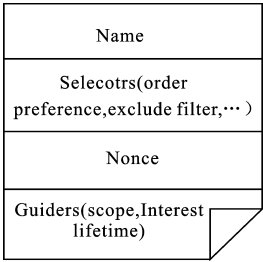


图 3 CCN Interest

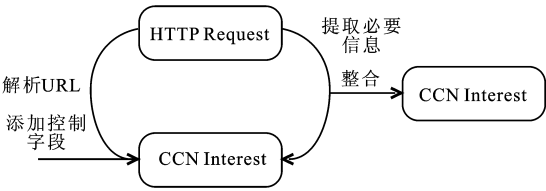


图 4 HTTP Request 到 CCN Interest 的转换

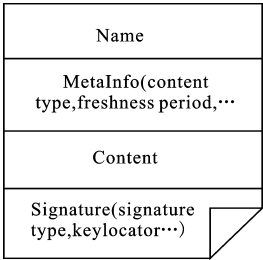


图 5 CCN Data

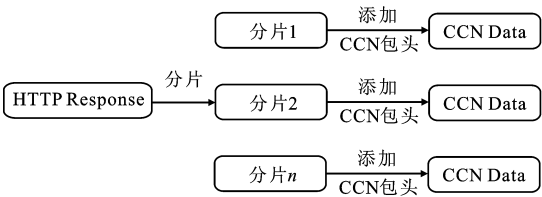


图 6 HTTP Response 到 CCN Data

示,HTTP Request 到 CCN Interest 的转换如图 4 所示,CCN Data 如图 5 所示,HTTP Response 到 CCN Data 如图 6 所示.

3.2 内容网的实现

CCN 采用分布式的缓存策略. 网络中每个内容对象都有一个全局唯一的名称,网络根据内容对象名称进行路由. 实验系统中 CCN 采用了层次化的命名方式^[9],这种命名方式类似于传统的 URL,例如:youku/videos/demo. ts.

CCN 网络节点具有缓存和路由的功能,将 POF 交换机与主机相连可实现 CCN 概念中的内容节点与内容路由器,利用 POF 对自定义协议的支持可在网络层完成内容路由,进而实现 CCN 网络.

3.3 管理系统的实现

管理系统主要由门户网站及数据库组成,使用 Django 框架搭建管理系统的门户网站,管理系统的数据库采用 MySQL 数据库. 用户在 web 浏览器输入门户网站服务器的 IP 地址即可访问门户网站网站主页.

包还原成 HTTP Request 包以及将 CCN Data 包还原成 HTTP Response 包. CCN Interest 如图 3 所

4 实验系统的部署

用户通过 web 浏览器登录管理系统的门户网站,通过点击网站提供的视频链接发起 HTTP 请求. 可供访问的视频分别来自慕课网、优酷网以及服务器盒子. 慕课网与优酷网资源是位于互联网上的资源,服务器盒子是为了实验而搭建的服务器以全面地展示 CCN 网络的性能.

HTTP-CCN 网关向管理系统的数据库发送内容请求信息、内容响应信息与访问时延. 内容请求信息主要包含请求对象名称、内容大小以及用户信息,内容响应信息主要包含请求是否命中 CCN 网络缓存. 管理系统的门户网站会展示采集到的数据以便监控系统的运行状态.

5 系统评估

CCN 分布式的缓存策略可大大减少时延和网络流量,在本系统中用户通过管理系统的门户网站访问 CCN 网络中缓存的资源. 由于初始时刻没有任何数据经过 CCN 网络,因而 CCN 网络内没有缓存,所以用户第一次访问视频时,请求会由出口网关转发至互联网,从互联网服务器获取视频资源,数据在返回时会被缓存至 CCN. 根据 CCN 缓存策略,下一次请求该视频时 CCN 中可能存在着视频数据的缓存,若在 CCN 中命中缓存则从缓存获取返回数据.

CCN Interest 命中 CCN 缓存避免了请求进一步被转发到网站服务器,能够有效地减少往返时延,平均减少时长为出口网关与互联网网站服务器之间的往返时延. 实验时需考虑外部网络环境,而互联网网络环境时刻在变化,所以需要在较小的时间多次测量命中缓存和未命中缓存两种情况下的时延,以减少外部网络环境的干扰. 实验结果如表 1 所示. 实验中,未命中 CCN 缓存时访问优酷视频的平均时延为 325 ms;而当请求命中 CCN 缓存时平均时延降低至 31 ms.

	表 1 访问时延			ms
	优酷	慕课	服务器盒子	
未命中缓存	325	221	40	
命中缓存	31	32	31	

由于可在 CCN 中获取缓存,在命中缓存后每次 Interest 请求都有可能路由到缓存节点并从该节点获取数据,这种分布式缓存策略减少了服务器负载以及骨干网流量. 对于本系统,缓存命中时将减少从出口网关到服务器的链路上的流量.

6 结束语

本文利用 POF 技术实现 CCN 网络,并通过 HTTP-CCN 网关将 CCN 网络接入互联网. 通过本文系统成功地访问并缓存慕课、优酷等互联网网站的视频. 实验表明,CCN 分布式的缓存策略减少了访问时延. 后续的工作中,我们将对实验进行扩展,评估不同的缓存策略、路由策略下系统的性能.

参考文献:

[1] Jacobson V, Smetters D K, Thornton J D, et al. Networking named content[C]//Proceedings of the 5th international conference on Emerging networking experiments and technologies. ACM, 2009: 1-12.

[2] Mastorakis S, Afanasyev A, Moiseenko I, et al. ndn-SIM 2. 0: A new version of the NDN simulator for NS-3[R]. NDN, 2015.

[3] Baccelli E, Mehlis C, Hahm O, et al. Information centric networking in the IoT: experiments with NDN in the wild[C]//Acm Conference on Information-Centric Networking. ACM, 2014: 77-86.

[4] CCN. Lite: Lightweight implementation of the contentCentric networking protocol [EB/OL]. [2016-03-08]. <http://ccn-lite.net>.

[5] Gusev P, Burke J. NDN-RTC: Real-time videoconferencing over named data networking[C]//Proceedings of the 2nd International Conference on Information-Centric Networking. ACM, 2015: 117-126.

[6] NSF. NDN Project Overview[EB/OL]. [2016-03-11]. <https://named-data.net/project/>.

[7] Li Z, Bi J, Wang S. HTTP-CCN gateway: Adapting HTTP protocol to content centric network[C]//Network Protocols (ICNP), 2013 21st IEEE International Conference on. IEEE, 2013: 1-2.

[8] Huawei Technologies. Protocol-oblivious forwarding [EB/OL]. [2016-03-08]. <http://www.poforwarding.org/>.

[9] Zhang L, Afanasyev A, Burke J, et al. Named data networking[J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2014, 44(3): 66-73.

作者简介:

方盛宇 男, (1994-), 硕士研究生. 研究方向为未来网络. E-mail: shengyuf@mail. ustc. edu. cn.

王雷 男, (1972-), 博士, 副教授. 研究方向为未来网络.

王格 男, (1990-), 硕士研究生. 研究方向为未来网络.

侯方杰 男, (1992-), 硕士研究生. 研究方向为未来网络.