

Download PDF

访问提供者：  
Hytera Communication Corp.Ltd  
登出

Advertisement

Conferences > 2017 IEEE International Confe... 2017 IEEE International Confe ...2017 IEEE International Confe ...

用于基于SDN的LTE / LTE-A网络的低延迟MEC框架

五作者 ( 5 ) 安踏黄 ; Navid Nikaein ; Tore Stenbock ; Adlen Ksentini ; Christian Bonnet 查看所有作者

Export to Collaboratec Alerts

6 纸引文 1263 充分文字视图

更喜欢这个

软件定义网络，支持未来LTE网络中的IP地址移动性  
2017无线日  
发布时间：2017年

使用软件定义网络的IP移动性管理：评论  
2017年IEEE第二届信息技术，网络，电子和自动化控制会议（ITNEC）  
发布时间：2017年

查看更多

Manage Content Alerts Add to Citation Alerts

请参阅本文中提到的技术专利的顶级组织

ORGANIZATION 4  
ORGANIZATION 3  
ORGANIZATION 2  
ORGANIZATION 1

单击以展开

Provided by: Innovation PLUS  
POWERED BY IEEE AND IP.COM  
A PATENT SEARCH AND ANALYTICS TOOL

摘要

文件部分

一世. 介绍

II. 相关工作

III. 低延迟Mec框架概述

IV. 设计与实施

V. 系统评估

显示完整大纲 ▾

作者

数据

参考

引文

关键词

度量

More Like This

摘要：移动边缘计算（MEC）包括在移动网络边缘部署计算资源（CPU，存储）；通常靠近或与eNodeBs相邻。除了缓和de ... 查看更多

元数据

摘要：移动边缘计算（MEC）包括在移动网络边缘部署计算资源（CPU，存储）；通常靠近或与eNodeBs相邻。除了简化虚拟现实和车载物联网等需要低访问远程服务器的应用程序和服务的部署之外，MEC还将支持上下文感知和上下文优化应用程序的开发，这要归功于Radio API（例如用户频道的信息）质量）由eNodeBs公开。尽管ETSI正在定义架构规范，但将MEC与当前3GPP架构集成的解决方案仍然是开放的。在本文中，我们通过提出和实现基于软件定义网络（SDN）的MEC框架来填补这一空白，该框架符合ETSI和3GPP架构。它提供了所需的数据平面灵活性和可编程性，它可以在运行中根据网络部署和条件改善延迟。为了说明将MECN概念用于MEC框架的好处，我们提供了软件架构的详细信息以及性能评估。

发表于：2017 IEEE国际通信大会（ICC）

会议日期：2017年5月21日至25日 INSPEC登录号：17065912

IEEE Xplore日期：2017年7月31日 DOI：10.1109 / ICC.2017.7996359

ISBN信息：出版商：IEEE

电子ISSN：1938-1883 会议地点：法国巴黎

引文图

1. M. Patel et al., "Mobile-edge computing - introductory technical white paper", *ETSI*, 2014.  
Show Context Google Scholar

2. M. T. Beck et al., "Mobile edge computing: A taxonomy", *International Conference on Advances in Future Internet*, 2014.  
Show Context Google Scholar

3. "ME-VoLTE: Network functions for energy-efficient video transcoding at the mobile edge", *ICIN* 2015.  
Show Context Google Scholar

4. L. Tong et al., "A hierarchical edge cloud architecture for mobile computing", *IEEE INFOCOM 2016* 2016.  
[Show Context](#)   [Google Scholar](#)  
[PDF](#)

---

5. S. e. a. Nunna, "Enabling real-time context-aware collaboration through 5G and mobile edge computing", *ITNG 2015*.  
[Show Context](#)   [Google Scholar](#)

---

6. R. Roman et al., "Mobile edge computing fog : A survey and analysis of security threats and challenges", 2016.  
[Show Context](#)   [CrossRef](#)   [Google Scholar](#)

---

7. C.-Y. Chang et al., "Mec architectural implications for lte/lte-a networks", *ser. MobiArch '16*, 2016.  
[Show Context](#)   [Access at ACM](#)   [Google Scholar](#)

---

8. K. Pentikousis et al., "Mobileflow: Toward software-defined mobile networks", *IEEE Communications Magazine* 2013.  
[Show Context](#)   [View Article](#)   [Full Text: PDF \(774KB\)](#)   [Google Scholar](#)

---

9. M. Martinello et al., "Keyflow: a prototype for evolving sdn toward core network fabrics", *IEEE Network* 2014.  
[Show Context](#)   [View Article](#)   [Full Text: PDF \(254KB\)](#)   [Google Scholar](#)

---

10. V. Nguyen, Y. Kim, "Proposal and evaluation of sdnbased mobile packet core networks", *EURASIP 2015*.  
[Show Context](#)   [Google Scholar](#)

---

11. A. Ksentini et al., "On using sdn in 5g: The controller placement problem", *IEEE Globecom*, 2016.  
[Show Context](#)   [View Article](#)   [Full Text: PDF \(591KB\)](#)   [Google Scholar](#)

---

12. A. Gudipati et al., "Softtran: Software defined radio access network", *ser. HotSDN '13*, 2013.  
[Show Context](#)   [Access at ACM](#)   [Google Scholar](#)

---

13. X. Foukas et al., "Flexran: A flexible and programmable platform for software-defined radio access networks", *CoNext 2016*.  
[Show Context](#)   [Access at ACM](#)   [Google Scholar](#)

Advertisement

## Contents

### 第一节 介绍

拥有面向5G移动网络的智能和多样化应用需要突破现有网络和服务基础架构的界限。希望降低延迟的服务正在出现; 因此, 将网络服务推向边缘有可能增强用户延迟和体验, 以及卸载互联网流量。由于不可避免的大量流量, 新兴的主要挑战之一是需要更快的吞吐量和更低的延迟来满足对高内容丰富的服务 (如高分辨率视频流和低延迟增强现实) 不断增长的需求。

由ETSI (ETSI MEC 001-005) 推出并指定, 移动边缘计算 (MEC) 同时发展为面向5G的多接入边缘计算, 是一个使应用程序能够在移动边缘运行并与最终用户紧密相连的平台。从高端角度来看, MEC本身就是一个云计算实体, 具有在移动网络边缘执行任务的访问和功能, 允许通过网络应用程序进行增强和创新。例如, UE请求与位于MEC平台中的应用之一匹配的视频流服务。MEC能够应用流量规则来对数据路径进行编程, 并将流量重定向到相应的服务提供商, 无论是本地还是远程, 以降低延迟。在这种情况下, 服务可以由相应的服务器提供, 以完全透明的方式改善感知的用户体验。MEC不仅提供技术优势, 而且还通过向授权的第三

方开放网络，创建了一个前所未有的新的市场和价值链，可以开发和快速安装创新的网络应用程序，使第三方受益和网络所有者。

Down

PDF

软件定义网络（SDN）是一种很有前途的解决方案，已经在非移动网络中广泛使用。它提供了一种网络架构，其中控制平面已从物理网络设备迁移到设备外远程控制器。因此，底层基础架构可以被抽象化，为网络应用程序和服务的创新和定制创造无与伦比的机会。SDN在非移动网络方面取得的显著成功使其能够将其应用于LTE的核心网络。通过控制和数据平面的分离，SDN提供了对LTE / LTE-A网络组件进行编程和虚拟化的可能性，例如MME，服务网关（SGW-C）的控制平面和分组网关的控制平面（PGB-C）作为MEC应用。由SDN提供的核心网络的可编程性正是MEC可以通过委派控制决策来协作并促进其在无线电接入网络（RAN）中的可编程性的地方。SDN在将特定规则应用于数据平面方面也具有与MEC相同的目标。SDN和MEC是互补的概念，它们之间的相互作用在这项工作中得到研究和尝试。鉴于MEC针对供应商实现的开放规范，SDN概念应用于具有OpenFlow功能的交换机的建议框架中。SDN和MEC是互补的概念，它们之间的相互作用在这项工作中得到研究和尝试。鉴于MEC针对供应商实现的开放规范，SDN概念应用于具有OpenFlow功能的交换机的建议框架中。SDN和MEC是互补的概念，它们之间的相互作用在这项工作中得到研究和尝试。鉴于MEC针对供应商实现的开放规范，SDN概念应用于具有OpenFlow功能的交换机的建议框架中。

具体而言，这项工作的贡献总结如下：

- （第III和IV部分）提出并实现了用于基于SDN的LTE / LTE-A网络的符合ETSI和3GPP的低延迟MEC框架。凭借低延迟功能，我们的框架可以在今天和明天将大量连接设备引入移动网络。除了移动边缘应用的执行环境外，还系统地描述了GTP的OpenFlow协议协商和交换集成。
- （第五部分）系统和性能评估都是根据延迟和CPU负载来衡量的，以显示SDN和MEC之间相互作用所带来的显著增强。

## 第二节 相关工作

随着ETSI规范的开放性，MEC工作组已经进行了大量讨论，因此出现了各种架构。ETSI介绍了MEC的生态系统和[1]中的主要六个用例。除了提供MEC蓝图外，在移动边缘部署各种服务的应用程序分类在[2]中。例如，提出了一项服务，将编码任务从移动设备卸载到MEC，从而降低移动设备的功耗[3]。通过利用云计算和迁移移动工作负载在云端进行远程执行，提出了一种用于多接入边缘计算的分层体系结构[4]。请注意，MEC是当前和未来蜂窝架构的补充方法，并解释了如何通过协作MEC和5G RAN构建实时上下文感知应用程序[5]。MEC，雾计算和cloudlet之间的比较在[6]中，并且[7]中还提供了考虑全功能，接口和应用的完整概念MEC架构。

直观地将SDN用于LTE的核心网络是第一步，并且围绕这一概念已经有几篇研究论文[8] - [9] [10] [11]。这些论文正在从可扩展性，3GPP互操作性和性能评估等不同方面研究移动网络中的SDN，突出了将SDN概念应用于核心网络的需求和好处。此外，SoftRAN [12]是无线电接入网络的集中控制平面，它将所有基站抽象为由中央控制器组成的虚拟大基站。FlexRAN [13]提供灵活的控制平面来构建实时RAN控制应用程序，保持灵活性，以实现RAN基础设施实体之间的不同程度的协调和可编程性，以适应随时间的控制。

上述大多数研究都侧重于自上而下的观点，并从应用的角度审视MEC概念；但是，ME主机的底层框架未完全指定。ETSI MEC ISG启动MEC框架标准化；但是，只考虑数据平面部分。据我们所知，目前还没有为无线电和核心网络采用SDN概念的MEC框架。与上述研究相比，这项工作提出并实施了符合ETSI和3GPP标准的MEC框架，并重点关注LTE / LTE网络如何与MEC和SDN完全合作。

## 第三节

低延迟Mec框架概述

Dowr

PDF本节概述了所提出的框架，并描述了基于SDN的LTE / LTE-A网络如何在MEC架构上运行。在本文中，S-GW和P-GW的控制平面和数据平面被注释为X-GW-C和X-GW-U。图1提供了所提出的MEC框架的高级视图，主要由三层设计组成：*MEC应用*，*MEC平台*和*抽象*。该框架将数据平面与核心节点完全分离，并且在多个LTE eNodeB和支持OpenFlow的交换机（无论是物理的还是软件的）上起作用以提供RAN功能并且包括LTE网络的数据平面。我们在此框架中实现的实体和接口遵循ETSI MEC规范，在保持3GPP兼容性的同时保持全功能支持。Mp1参考点是移动边缘平台和应用程序之间的接口，Mp2是移动边缘平台和ETSI规定的抽象数据平面之间的接口（参见第IV-B节）。

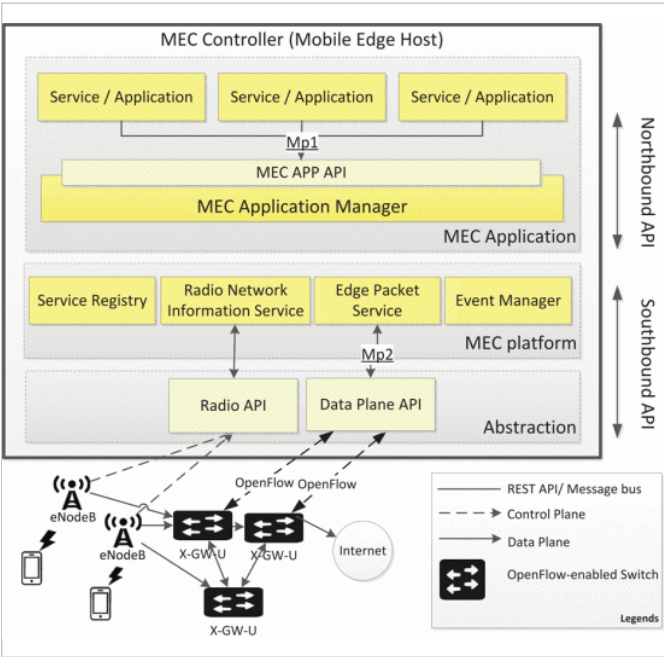


图. 1：拟议框架的高级示意图

A. 抽象

随着SDN概念的引入，抽象主要包括两个实体：*无线电API*和*数据平面API*，并且通过仅为MEC应用的开发提供必要的信息，分别充当控制平面和数据平面的抽象层。

1) 无线电Api

无线电API基本上通过以所需的粒度级别从RAN提取感兴趣的参数来提供无线网络状态（例如，拓扑，频带和信号强度）的抽象视图。此外，它还提供了修改底层网络状态的可能性，并根据在RAN中收集的统计信息和事件传递控制决策。所有上述特征都通过无线电API在无线网络和MEC平台之间的交互中发生。

2) 数据平面Api

Data Plane API扮演数据平面的抽象角色。它为位于MEC平台的边缘分组服务（EPS）提供Mp2接口，以控制核心网络的数据平面。EPS能够通过Data Plane API将所需规则传递给支持OpenFlow的交换机。规则可以是用于初始建立数据平面设置的默认规则，用于由X-GW-C建立UE业务数据路径的特定规则，或由MEC应用设置的MEC应用特定规则。

B. Mec平台

MEC平台作为应用程序和真实RAN元素之间的中间件驻留在移动边缘主机中。它为应用程序开发人员提供了专注于其特定应用程序目的的可能性，而不是基于底层RAN的详细功能。每个组件的详细概念描述如下。

1) 无线网络信息服务

RNIS由ETSI MEC指定，为授权应用程序提供无线网络相关信息。在我们的框架中，RNIS通过与Radio API交互，向应用公开信息，例如实时无线承载统计，与UE相关的测量和统计，UE的状态变化以及功率测量。

2) 服务注册

服务注册表识别MEC平台支持的可用服务，并为高级应用程序提供注册感兴趣服务的能力，例如无线网络信息和位置信息。

3) 边缘分组服务

边缘分组服务（EPS）是管理数据平面的主要组件，也对应于ETSI指定的流量规则控制实体。EPS为MEC应用程序带来了本地IP服务端点，并充当执行网络功能的本地IP代理，如IP转发，数据包封装/解封装和数据转码。EPS还为应用程序提供了根据其特定目的调整路由的能力。来自UE的流量通过支持OpenFlow的交换机将根据交换机中的规则设置沿着路由进行。在这种情况下，应用程序可以控制通过Mpi接口向EPS的路由路径，然后后者将在相应的交换机中设置OpenFlow规则以重定向流量。

4) 活动经理

在该框架中使用事件调度系统。从网络抽象获得的任何原始数据变化（诸如CQI（信道质量指示符）的变化，新连接的UE事件和分组不匹配）都可以被打包为简单事件。因此，服务和应用程序能够跟踪关于底层网络中发生的事情的感兴趣的简单事件。当发生简单事件时，将通知那些已注册的服务和应用程序有关更改或更复杂的事件，例如由简单事件的信息组成的网络拥塞程度。在此框架中，事件管理器负责活动发布和订阅。根据指示的报告频率，如期刊，一次性或事件驱动，事件管理器将相应地向已注册的应用程序和服务发送信息。

C. Mec应用

控制和数据平面分离带来的主要好处之一是平台顶部的应用程序具有无限的可能性，可以在不知道底层网络的详细知识的情况下为任何特定目的而开发。在提议的MEC框架中，应用程序通过北向接口（MEC APP API）与MEC平台通信，映射为ETSI MEC 003中的Mpi参考点。北向接口允许应用程序访问从网络抽象和组织的信息或委托控制对网络的决定。应用程序不仅可以通过提供的API与MEC平台交互以消费和提供移动边缘服务，而且应用程序还可以提供产生其他应用程序可能感兴趣的信息和消息的服务（例如，

D.基本工作流程

图2示出了基于SDN的LTE网络如何在MEC上操作并与EPS交互以处理用于承载建立的UE初始附着过程的基本步骤。序列图的要点始于从X-GW-C到EPS到X-GW-U一直启动的消息调用。请注意，发起API调用的实体不限于S-GW-C。MME和P-GW-C都可以启动该过程，因为它们对承载设置信息具有相同的理解。OpenFlow规则建立过程可以在三个（MME，S-GW-C和P-GW-C）默认承载的不同定时启动一旦UE正确地连接到具有MME和X-GW-C的网络知道GTP信息后，X-GW-C将启动发送UE信息的过程（UE设置规则）到EPS然后根据规则，EPS能够在相应的交换机中设置OpenFlow规则（OF Rules Setup）。通过集成支持OpenFlow的交换机将SDN的概念引入LTE，可以在UE，eNodeB和X-GW-U之间建立默认承载，这可以在序列图的最后一步中观察到。一旦UE完成初始附着过程，通过配置OpenFlow规则，UE可以正常访问因特网。

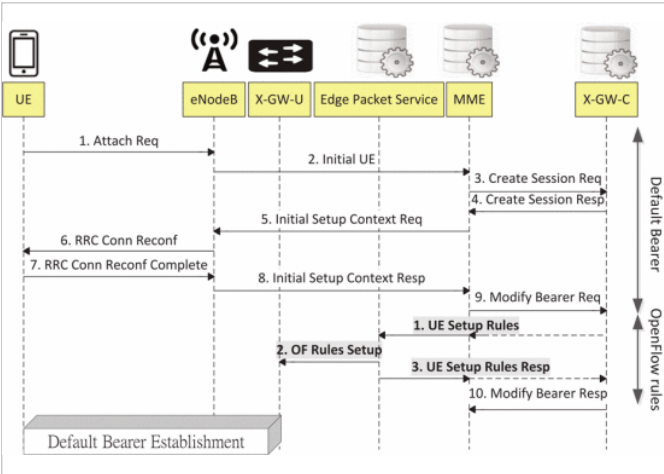


图2：默认承载建立的序列图。



设计与实施

Dowr

PDF所提出的低延迟MEC框架的核心是EPS和RNIS的集成。MEC框架的分层结构可以在图3中看到，显示了主要的软件组件。如图所示，包括最上层的应用程序基于通过Mp1收集的信息来管理网络。eNodeB和Open vSwitch将数据平面形成最底层。位于其中间的核心组件RNIS和EPS起着网络抽象的作用，为应用程序提供所需的接口。我们的设计和实施细节如下。

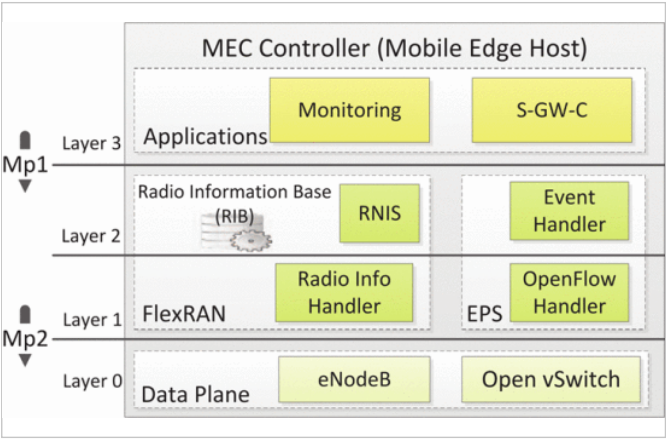


图3：MEC控制器（我的主机）及其接口的软件组件

A. Mec应用

MEC应用程序可以通过多种方式获取并传递核心和无线电侧的网络配置。规范的一部分规定，如果要求，应向MEC申请提供此信息。基本上，可以从无线电和核心网络提供结构化和有意义的信息。以这种方式，可以容易地实现基于无线电信息以适应数据平面决策的许多应用。在我们提出的框架中，实现了两个应用程序，即 *监视*和*S-GW-C*。

1) 监测

由于RNIS和EPS的集成，监控任务可以全面覆盖RAN和核心网络，包括控制和数据平面。从RAN通知的简单事件（例如CQI改变和资源块使用）或来自诸如分组丢弃的核心网络可以在指示的报告频率中被注册为感兴趣的事件。还可以注册更复杂的事件，例如网络拥塞程度与简单事件相结合，并从原始数据转换为有意义的信息。

2) S-GW-C

S-GW（S-GW-C）的控制平面作为位于MEC平台的应用从核心网络中分离和提取。S-GW-C充当网关，如3GPP中所规定的，控制UE初始附接过程，用于eNodeB间切换的移动性锚点等。但是，数据平面流量不再通过控制实体。S-GW-C仅通过Mp1向EPS通知关于新连接的UE，并且EPS处理剩余的过程以为每个UE建立默认承载。通过EPS，S-GW-C还可以在不了解OpenFlow的情况下收集数据平面统计数据。

B.边缘分组服务

SDN概念的一个优点是网络层的抽象，允许MEC应用程序通过一组接口开始与网络交互。从图3中可以看出，EPS使用 *事件处理程序*来促进应用程序的事件通知，它还涵盖了OpenFlow规则的解释和配置。定义了系统工作所需的基本API调用，可以将其组织为两组：*Mp1 API*和*Mp2 API*

1) mp1 Api

Mp1是应用程序在核心网络中建立基本功能并满足应用程序特定请求的接口。实现了以下功能：

默认承载者

在所提出的框架中，充当X-GW-U的核心网络中的支持OpenFlow的交换机具有集成到EPS中的专用API，用于X-GW-C以通过*UE 设置规则*调用来通知新UE刚刚连接到网络。然后，需要为UE建立用于建立默认承载的OpenFlow规则当调用该*UE 设置规则 API*时，该消息必须包括用于承载建立的身份，例如UE IP，承载ID，DL和UL隧道ID。对于每个承载，它具有不同的承载ID以区分彼此。每个承载的所有信息都需要通过*UE 设置规则*发送。因此，我们的设计遵循用于统一接口的RESTful API，允许在

一个API调用中发送由一个或多个承载信息组成的承载列表。然后，EPS将存储该UE信息并使用默认用户平面规则更新网络层，以便用户流量可以正常地遍历网络。

### Mec App特定

在所提出的实现中，为MEC应用提供了诸如监视无线电信息或修改单个用户业务处理的一般MEC APP API端点。关于数据平面API，它目前仅允许在每个用户流量基础上应用两个规则。不同之处在于，一个规则允许MEC应用程序请求必须复制某个UE的所有流量并将其发送到调用MEC应用程序内的接收器。另一个API类似，但不是复制，而是重定向所有流量。换句话说，流量要么被复制用于分析而不延迟或阻碍正常功能，而其他流量则直接在MEC处理。两者都有自己的好处。

### 2) mp2 Api

从EPS的角度来看，Mp2是OpenFlow连接到OpenFlow的交换机。首先，当应用程序运行并且独立打开具有OpenFlow支持的开关时，将发生触发执行交换机加入的逻辑处理的事件。这包括存储来自新交换机连接的提供信息以及发送默认OpenFlow规则。其次，当任何交换机检测到命令将数据包发送到EPS的规则匹配时，提供分组输入处理程序。在大多数情况下，这意味着MEC应用程序已请求来自某些网络设备的数据包进行分析或其他服务，并且数据包将通过Mp1适当地发送。最后，左转关闭OpenFlow连接时发生事件。随后，从存储器中移除交换机信息，并且在下一次连接之前将不再考虑将来的任何事件。

EPS创建和维护的OpenFlow规则类型可分为三组，如下所示：

#### 默认规则

有一组规则被推送到新连接的OpenFlow启用的交换机。一般的想法是这组规则只被推送一次，因此被称为默认规则。这些规则包括如何根据配置的网络设置处理数据包字段中几乎没有或根本没有更改的数据包，例如地址解析协议（ARP），域名系统（DNS）查询，无匹配操作和控制平面规则。

#### 特定规则

UE特定规则主要是在基于SDN的LTE网络中为UE建立默认承载。在设置默认规则之后，基于SDN的LTE网络的控制平面（S1-MME，S11和S5 / S8）正常工作，并且UE可以在没有数据平面功能的情况下成功连接。在此阶段，要求UE特定规则存在于交换机的流表中，以便建立默认承载。以S-GW-C为例，知道UE信息（TEID），在C中设置TEID规则，通过EPS切换，然后能够建立默认承载。

#### Mec应用规则

当用户连接到网络时，需要向EPS通知该事件，并且从MME向该UE提供特定的隧道信息，这通过Mp1 API完成。然后，将适当的OpenFlow规则发送到相应的交换机。

## C.无线网络信息服务

为了清晰地分离无线接入网络的控制和数据平面，FlexRAN被集成到我们的框架中[13]。FlexRAN主要用C++编写，遵循两层架构，控制器管理代理和在eNodeB上运行的代理，分别作为RNIS和Radio Info Handler集成。

### 1) Rnis

FlexRAN控制器的一个关键特性是RAN信息库（RIB），用于执行RNIS的主要任务。关于RAN的所有统计和配置相关信息，即UE和eNodeB，都在RIB中维护。只有控制器的RIB更新程序组件可以使用从代理程序接收的信息更新RIB，并且可以通过这种方式支持实时应用程序，而不是允许来自多个写入程序的写入冲突。

### 2) 无线电信息处理程序

为了控制和管理RAN的数据平面，FlexRAN Agent被集成为Radio Info Handler，它定义了一组基本上充当抽象层的功能，允许以技术无关的方式管理V.控制操作。此API定义了一组功能可以由数据平面使用以向控制平面通知诸如新传输时间间隔（TTI）的发起，已关闭的UE的状态改变以及UE的随机接入尝试之类的事件[13]。

## 第五节

## 系统评估

Down

在整个评估过程中，我们使用Open vSwitch v2.5.1和OpenFlow v1.0协议来处理数据平面流量。此外，为了具有GTP隧道功能，在Open vSwitch 2.5.1实现上应用OVS补丁<sup>1</sup>。然而，重要的是要注意具有OpenFlow和GTP支持的物理交换机可以与所提出的框架一起使用。所有组件，如eNodeB，核心网络，Open vSwitch和ME Host都在基于Linux的商用PC上运行。进行两种类型的评估以评估我们提出的框架：**兼容性**，其中在具有COTS UE的真实LTE网络中进行测量以评估延迟性能；和**可扩展性**，在模拟的LTE网络中进行测量，以评估重定向增加的用户流量时核心网络卸载的好处。

### A. 兼容性

OpenAirInterface (OAI) 是一种软件LTE平台，用作实时LTE环境。

OAI允许验证所提出的具有SDN的MEC框架可以在完整的LTE功能下运行，因此也可以提供相关的延迟测量。传统LTE和基于SDN的LTE的设置如图4所示。除COTS UE之外的所有实体都通过千兆以太网连接与实时LTE网络连接。COTS UE (HUAWEI E392 4G LTE dongle) 通过真正的RF前端 (Ettus B210 USRP) 连接。所有传导测量使用相同的eNodeB配置，即具有传输模式1 (SISO) 的FDD和频带7中的5MHz带宽。除了兼容性实验之外，测量的等待时间对应于从一个UE发送到的分组的往返时间 (RTT)。不同的服务器位于：台湾，美国，希腊，PDN和本地 (包括MEC平台)。对于每个服务器位置，使用不同的传输间隔时间间隔 (1.0s, 0.2s) 以不同大小的分组 (512字节, 1400字节) 发送分组。每个服务器位置的测量结果在图5中显示为测试组并且，位于PDN的服务器结果与位于MEC的服务器组合，作为一个测试组，在每个图的最后一个测试组中表示为本地。可以看出，对于从左到右的每个测试组，当比较位于台湾和本地的服务器时，使用建议的MEC框架将整体延迟显著降低10倍，并且在比较服务器时使用因子5位于美国/希腊和当地。我们还可以注意到，在每个测试组中，在传统和基于SDN的LTE设置之间可以获得延迟没有或几乎没有改善。这是因为x-GW和OVS的数据平面都在内核空间中执行，内核空间具有可比较的GTP隧道性能。由于控制和数据平面的分离，将数据平面卸载到交换机实现了很小的改进。这表明，基于SDN的LTE可以产生的主要好处是通过整合SDN和MEC控制器内的控制平面实现一对一的数据平面可编程性。此外，我们还可以从图中观察到，与PDN相比，通过将服务器置于MEC可以实现小的延迟增益 (参见本地测试组中的图5)。这是由于在所考虑的小规模LTE部署中S-GW和P-GW的接近度，例如，可以在公共安全用例中找到。然而，当考虑大规模部署时，S-GW和P-GW在地理上彼此远离，可以通过MEC避免诱导延迟 (即传输和处理)。结果不仅验证了所提出的低延迟MEC框架的可行性，而且还表明所提出的基于SDN的MEC可以提供所需的灵活性，以便将用户流量即时引导到本地或远程服务器以便改进延迟作为网络部署和条件的函数，同时保持与传统LTE架构的兼容性。

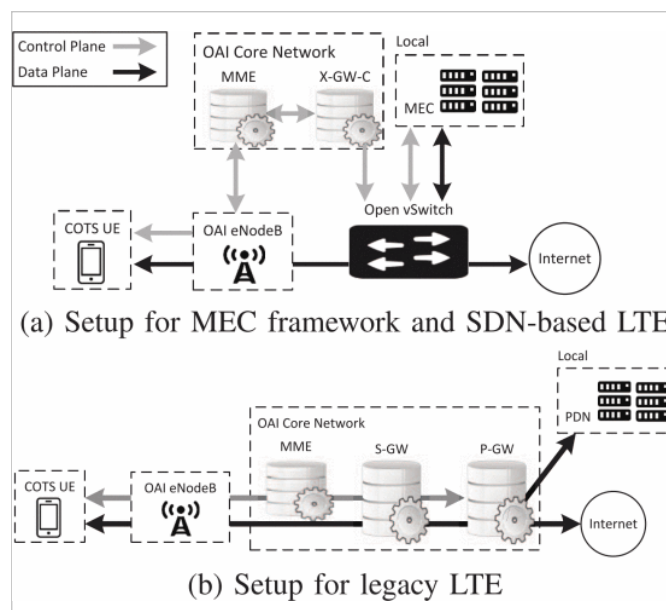


图4：  
进行了评估设置



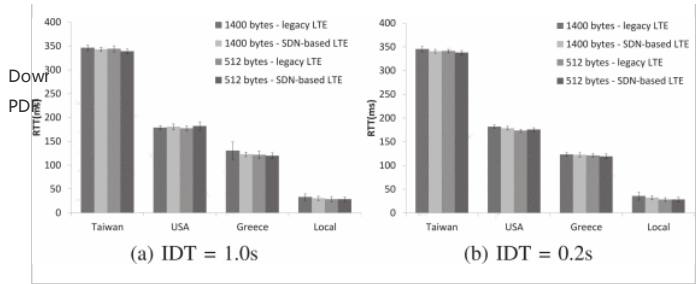


图5 :  
UE RTT测量

B.可扩展性

关于可扩展性性能, 我们使用与图4 (a) 中相同的设置, 除了控制平面流量 (S1-MME) 也由交换机处理的事实。为了确定基于SDN的核心实体的负载, 开发了Python脚本作为UE流量生成器, 以每10秒传输一小组值。在基于SDN的OAI LTE平台启动并等待连接后, 将添加UE流量生成器, 以便将连接用户的数量从1,10,50,100增加到200。同时, CPU资源启动被监控和记录。如图6所示, 当连接UE时, CPU使用率在两个数字中都在增加, 并且分别在S-GW和P-GW中达到约7%和1%。下一步是EPS开始增加重定向的UE流量的数量以及CPU使用率保持记录。从图6中可以看出, X-GW处的CPU利用率与连接的UE的数量成比例; 不仅验证MEC在动态流量卸载方面的益处, 而且在仅重定向一组UE时应用UE特定规则方面。

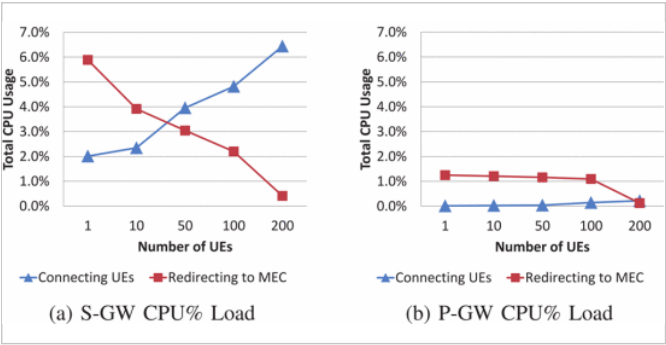


图6 :  
卸载的影响随着用户数量的增加而增加

第六节  
结论和未来的工作

本文提出并实现了一种基于SDN的低延迟MEC框架; 为MEC和移动核心网络提供灵活的数据平面可编程性, 同时保持与3GPP的兼容性。通过框架的实际实现获得的结果显示了显著的延迟减少, 并且可以使用MEC实现流量卸载; 表明MEC中的SDN的好处源于与MEC一起整合移动网络的控制平面。所提出的框架的低延迟特性是支持车载通信和内容优化中出现的新用例的关键。在将来,

致谢

导致这些结果的研究和开发得到了欧洲框架计划的资助, 根据H2020拨款协议第671639号为COHERENT项目和第723172号授权协议为5G! 宝塔项目。

作者

数据

参考

引文图

1. M. Patel等人, “移动边缘计算 - 介绍性技术白皮书”, *ETSI*, 2014.

[显示上下文](#) [Google学术搜索](#)

2. MT Beck等人, “移动边缘计算: 分类学”, *国际未来互联网进展会议*, 2014年.

[显示上下文](#) [Google学术搜索](#)

3. “ME-VoLTE: 用于移动边缘节能视频转码的网络功能”, *ICIN 2015*.

[显示上下文](#) [Google学术搜索](#)

4. L. Tong等人, “用于移动计算的分层边缘云架构”, *IEEE INFOCOM 2016 2016*.

[显示上下文](#) [Google学术搜索](#)

5. S. ea Nunna, “通过5G和移动边缘计算实现实时上下文感知协作”, *ITNG 2015*.

[显示上下文](#) [Google学术搜索](#)

6. R. Roman等人, “移动边缘计算雾: 对安全威胁和挑战的调查和分析”, 2016年.

[显示上下文](#) [CrossRef](#) [谷歌学术](#)

7. C.-Y. Chang et al., “Mec architecture lof lte / lte-a networks”, *ser. MobiArch '16*, 2016.

[在ACM上](#) [显示上下文](#) [访问](#) [谷歌学术](#)

8. K. Pentikousis等人, “Mobileflow: Toward software-defined mobile networks”, *IEEE Communications Magazine 2013*.

[显示上下文](#) [查看文章](#) [全文: PDF \(774KB\)](#) [Google学术搜索](#)

9. M. Martinello等人, “Keyflow: 用于向核心网络结构发展sdn的原型”, *IEEE Network 2014*.

[显示上下文](#) [查看文章](#) [全文: PDF \(254KB\)](#) [Google学术搜索](#)

10. V. Nguyen, Y. Kim, “基于sdnbased的移动分组核心网络的提案和评估”, *EURASIP 2015*.

[显示上下文](#) [Google学术搜索](#)

11. A. Ksentini等人, “在5g中使用sdn: 控制器放置问题”, *IEEE Globecom*, 2016.

[显示上下文](#) [查看文章](#) [全文: PDF \(591KB\)](#) [Google学术搜索](#)

12. A. Gudipati等人, “Softtran: 软件定义的无线电接入网络”, *ser. HotSDN '13*, 2013.

[在ACM上](#) [显示上下文](#) [访问](#) [谷歌学术](#)

13. X. Foukas等人, “Flexran: 用于软件定义无线电接入网络的灵活可编程平台”, *CoNext 2016*.

[在ACM上](#) [显示上下文](#) [访问](#) [谷歌学术](#)

引文	▼
关键词	▼
度量	▼

Purchase Details	Down	▼
Need Help?	PDF	▼
Other		▼

A not-for-profit organization, IEEE is the world's largest technical professional organization dedicated to advancing technology for the benefit of humanity.  
© Copyright 2019 IEEE - All rights reserved. Use of this web site signifies your agreement to the terms and conditions.

US & Canada: +1 800 678 4333  
Worldwide: +1 732 981 0060

IEEE帐户	购买细节	档案信息	需要帮忙？
» 更改用户名/密码	» 付款方式	» 通讯首选项	» 美国和加拿大：+1 800 678 4333
» 更新地址	» 订单历史	» 职业与教育	» 全球：+1 732 981 0060
	» 查看购买的文档	» 技术兴趣	» 联系与支持

关于IEEE *Xplore* | 联系我们 | 救命 | 无障碍 | 使用条款 | 非歧视政策 | 网站地图 | 隐私和选择退出Cookie

作为一个非营利组织，IEEE是世界上最大的技术专业组织，致力于为人民的利益推进技术。  
©版权所有2019 IEEE - 保留所有权利。使用本网站即表示您同意这些条款和条件。