

裝置對裝置通訊技術用於行動網路邊界運算

Device-to-Device Communication Technology for Mobile Edge Computing

楊人順

辛伯修

邱彥璋

蔡易行

Jen-Shun Yang, Shubhranshu Singh, Yen-Chang Chiu, Yi-Hsing Tsai

摘要

近年來針對「雲端基礎運算」這個主題已有大量的研究與開發。雖然雲端運算提供了龐大的商機，但同時也面臨了一些挑戰。其中可預見之挑戰之一，是目前的數據網路營運商和未來的5G網路，將遭遇數據流量大幅增加的情況。為了因應這種如指數般增加的數據流量與用戶的其他期望，就目前的網路設計原則，需要多種創新做法且予以重新考量。如本文所提之行動網路邊界運算，將為未來的數據網路營運商以及設備廠商提供了龐大的商機。由於此主題概念相對新穎，還有很多的研究正在進行之中，並仍在發展詳細架構。本文提出了一種新的行動網路邊界運算設計和架構，與即時系統的解決方案之實作細節，並對之予以討論。此方法使用了D2D的功能並納入提出之中繼閘道器，同時也利用了Device-to-Device (D2D)的許多好處。例如在D2D中繼閘道器直接通訊而不需要利用基地台轉傳，可以降低資料遺失率並且增加骨幹網路上行頻寬的使用率。亦或D2D通信在小區域網路的控制下與小區域用戶的共享資源，如此頻譜的利用率將得到提升。此外，它還能帶來的好處包括：減輕蜂窩網路的負擔、減少移動終端的電池功耗、增加位元速率(Bitrate)、降低網路基礎設施故障的發生率等，還能創造出許多小範圍點對點的數據服務。因此網路應用程式在這種新穎的結合了D2D與行動網路邊界運算的網路架構系統上運行，降低其反應時間有顯著的助益，例如在遲延方面以及核心網路訊號與數據卸載部分。

Abstract

In the recent past, there has been much research and development on cloud based computing. While cloud computing provides huge opportunities, it also imposes several challenges. One of the challenges that current data network operators and future 5G network are foreseeing is huge increase in data traffic. To fulfill such exponential data traffic growth, along with other user expectation, requires multiple innovative approaches and re-consideration of the current network design principals. Mobile Edge computing, as proposed in this paper offers huge opportunities to future data network operators, as well as to equipment vendors. Due to its relatively newer concept, still much research is ongoing and detail architecture is still evolving. This paper proposes and discusses a novel Mobile Edge Computing design and architecture, along with real-time implementation details of the proposed solutions. It exploits many benefits of D2D by incorporating D2D functionalities into the proposed relay-gateways. The application running on top of the proposed network shows significant benefits e.g. in terms of delay as well as core-network signaling and data offloading.

關鍵詞(Key Words)

行動網路邊界運算 (Mobile Edge Computing ; MEC)
裝置對裝置間(Devices to Devices ; D2D)

1 · 前言

行動網路邊界運算 (Mobile Edge Computing, MEC) 指的是在一個存取網路的環境中能提供雲端運算的能力，亦即能夠讓行動網路用戶感受到其服務的快速反應就像是鄰近的無線網路主機所提供的應用服務。由於它靠近行動網路用戶，而提供具有超低延遲時間和高頻寬，並直接找尋到可利用的應用程式與服務以提供與內容相關服務之即時無線網路資訊。這些服務能夠讓使用者感受到不同與以往的行動網路寬頻應用服務之體驗。行動網路邊界運算顧名思義就是讓使用者的需求由邊界回應，因此其對應內容、服務和應用程式的回覆得以加速。行動網路用戶在深入了解無線網路訊號品質條件之情況下，以高效率存取的網路和服務反應迅速的操作中享受到豐富的體驗。

數據網路或行動網路營運商正因不斷增加的行動網路流量，而面臨越來越多新的挑戰。雲端運算的特定應用程式與物聯網的佈署將進一步造成網路的擁塞。此外，多個應用程式和內容提供商會因為網路連結到雲端造成的反應時間延遲而面臨到巨大的挑戰。企業則想為客戶提供更高效率、更安全及延遲時間更低的連結服務之能力。在邁向5G時代，從一開始就需要有一些跳脫藩籬的設計和解決方案，以滿足行動網路流量的增加，行動網路邊界運算(MEC)就是用來針對許多此類問題並加以解決。數據網路營運商可為第三方合作夥伴建置無線網路的邊界，讓他們迅速地向行動網路用戶、企業提供完整的解決方案並能垂直整合其創新應用和服務。對於行動網路營運商與服務及內容提供商而言，這些鄰近、內容、靈活和速度之特性具有可轉化為創造商機的價值。

本文的其餘部分安排如下：第二節提供歐盟電信標準協會轄下的工業標準規範小組 (ETSI ISG : the European Telecommunications Standards Institute , Industry Specification Groups)所提案的行動網路運算和D2D通訊的背景說明。第三節描述所提出以D2D為基礎之行動網路運算之設計與架構細節。第三節接續介紹以D2D為基礎之MEC本地雲端、中繼閘道和MEC平台。第四節則著重在我們MEC的遲延

及訊號最佳化部分提供了一些分析。最後為本文之結論，包含了未來可能之工作及方向之想法。

2 · 相關工作

2.1 ETSI ISG行動網路邊界運算

近日來行動網路邊界運算已經開始受到大家關注。它被看作是新興技術的重要關鍵，且是下一代網路，包括5G的重要組成部分。ETSI就行動網路運算主題發表了一份白皮書[2]，此白皮書概述行動網路運算是如何具有低延遲性、鄰近性、頻寬高與即時存取無線網路資訊和位置感知等特性。它並舉例說明了下列應用程式的實施例，如汽車間的通訊、電子醫療、工業生產自動化、擴增虛擬實境、視訊智慧化的存取加速、遊戲和物聯網服務...等，如何使用行動網路運算而受益。

ETSI近來就行動網路運算創立了一個產業規範群組，名稱為ISG MEC，目的在為工業界發展一個標準化、開放性的環境，使跨多廠商平台之第三方應用程式並能有效運用且能無縫接軌[1]。ISG MEC要求所有應用服務提供者在行動網路運算環境上能承載應用程式之所需的元素，也就是將其應用程式、內容與服務可以在網路層之上承載。

2.2 裝置對裝置間(D2D)通訊

設備與設備間 (或稱D2D) 通訊係指使用者 (UE : User Equipment) 間之「直接模式」或「本地路由」之通訊。這種D2D的概念已存在很長一段時間，如無線網路直連、藍牙等即是。在Release-12和Release-13之工作項目之一部分中，3GPP就D2D已訂定了規格書，被稱之為「近端基礎通訊」或簡稱「ProSe」(Proximity Service)。目前正在進行之工作有兩方面：ProSe探索 (ProSe discovery) 與 ProSe 通訊 (ProSe communication)，兩者規範在規格書TS 23.303中[5]。為支援公共安全使用，3GPP同時規範使用者到網路中繼 (UE-to-Network Relays) 的標準協議，允許超出覆蓋率之使用者能透此標準

得以進行訊息的通訊。TS 36.211則是對無線電接收網路(RAN: Radio Access Network)部份予以規範，包括同步訊號設計與同步程式、第1式(type 1)及第2b式(type 2b)探索，關於探索則包含資源分配及探索訊號設計之物理層設計、第1型和第2型通訊、L3為基礎使用者到網路中繼及作為頻率間與行動營運商網路 (PLMN: Public land mobile network) 間探索之D2D。這些規格書含協議係用以支援1對1與1對多通訊。3GPP也已開始就Release-14展開作業。在其他方面，Release-14可能增加就ProSe規格書的修改以及新領域-如汽車對各類物體(V2X: vehicle to x)...等之工作項目。

3 MEC設計及架構提案

本文之MEC架構圖示於下圖1。它由多個中繼閘道器組合而成，其中一端連接到設備終端，而在另一端連接到核心網路。在本實驗室實作時，中繼閘道器功能被設計在無線網路分享器(AP: Access Point)中。除此之外，包括D2D性能和路由功能的這些中繼閘道器，係用以完成本地(區網)資源搜索的請求。

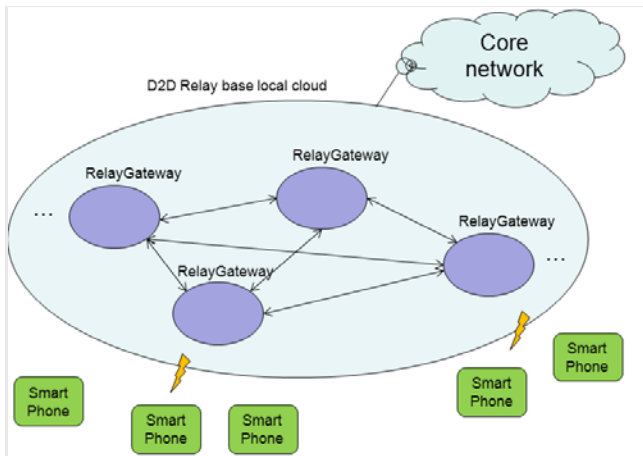


圖1：MEC的設計與架構

提出的設計不只提供應用程式或服務一個高度分散的運算環境，同時讓用戶在行動網路通訊下完成數據運算的處理。行動網路用戶可以在登錄後體驗MEC平台上的個人Web應用程式。這樣的平台提供高速頻寬而造就了新的商業營運模式及機會。

3.1.以D2D為基礎之MEC本地雲端

如圖1所示之中繼閘道器提供了支援本地雲端智慧型路由和卸載之功能。這些中繼閘道器在5 GHz的頻率運行，並依無線網絡直接連線(WiFi direct)之規範予以實作[15]。它能透過連接每個D2D中繼閘道器，以形成一種每個中繼閘道器彼此互相連接的網狀網路，而啟動設備間通訊。這樣的部署架構能加快部署及佈建速度、靈活調整以及網路訊號覆蓋之擴展。使用智慧型路由，能幫助D2D中繼網路快速地從任何連線故障中恢復。

3.2 中繼閘道器

如上所述，使用中繼閘道器彼此連接可形成一D2D中繼閘道網路。此外，設備終端能利用其D2D界面連接至MEC網路。圖2所示為本文提出之中繼閘道器的架構設計。

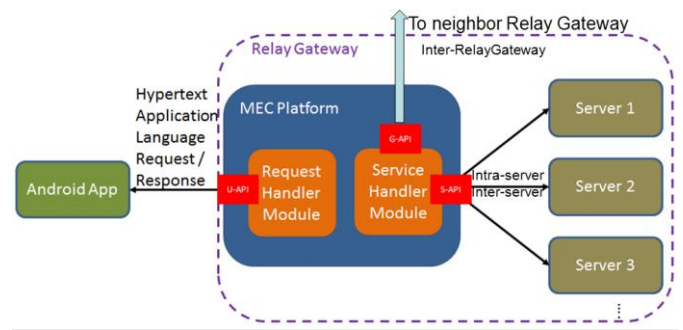


圖2. 中繼閘道器(Relay GW)的架構

每個D2D中繼閘道器包含一個MEC平台，且可做為本地伺服器。MEC平台有兩種模組，一為請求處理器模組；另一為服務處理器模組。請求處理器模組處理來自智慧型設備之服務請求；而服務處理器模組則做為伺服器或鄰近D2D中繼閘道器之中介模組，以實現在不同中繼閘道器間的負載平衡。圖3所示為請求處理器模組及服務處理器模組之處理步驟，步驟細節如下：

第1步：終端設備-如智慧型手機送出服務請求至最近的中繼閘道器，要求准許執行特定服務。

第2步：作為D2D中繼閘道器連接之MEC平台之一部份，中繼閘道器之請求處理器模組在接收智慧型手機之服務請求後，解析此請求以獲取服務資訊。中繼閘道器接下來將此請求發送至服務處理器。

第3步：基於接收到的服務資訊，服務處理器來檢核此特定服務是否存在。

第4步：如此項服務存在於本機，服務處理器即處理此項服務請求。否則，其將如圖4 MEC平台運算選擇演算法，選擇一個合適的中繼閘道器進行運算，然後發送此項服務請求至其服務處理器以處理此項任務。

第5步：服務處理器在服務程序結束後得到一個回傳結果。

第6步：成功完成後，服務處理器回報結果給請求處理器。請求處理器將結果編碼為一個通用的格式，然後送回到智慧型手機上。

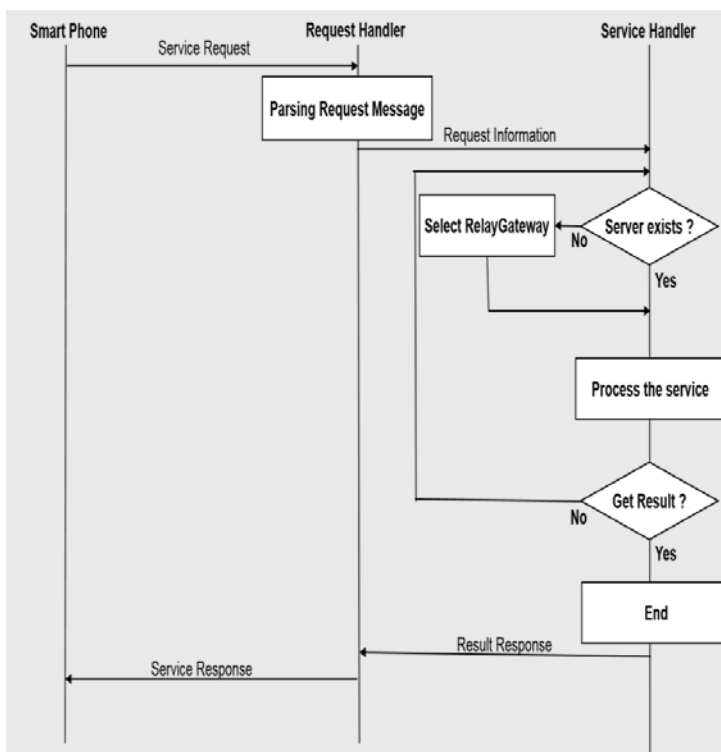


圖3：請求處理與服務處理器之流程圖

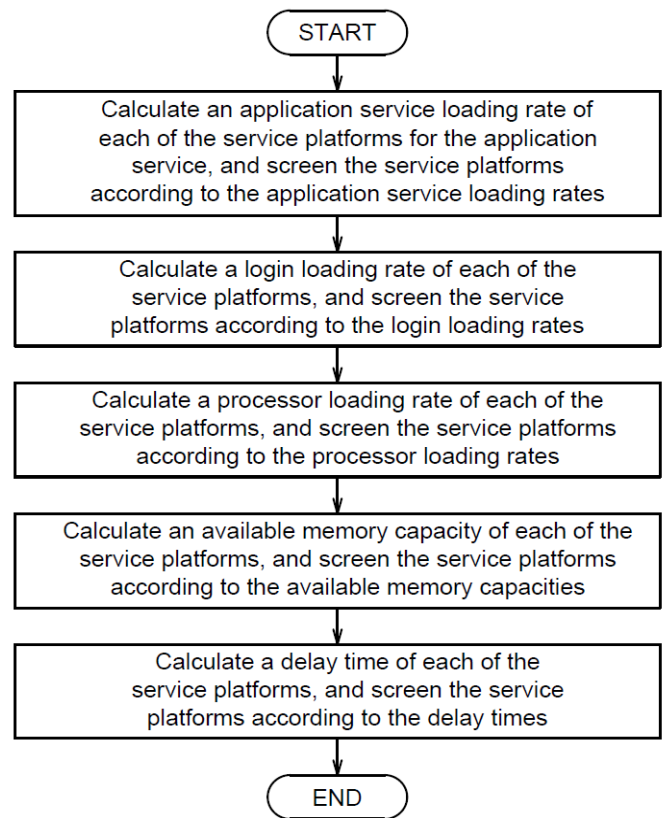


圖4：MEC平台運算選擇流程圖

上面說明之設計與運算使軟體開發者得以透過單一界面整合不同型態之服務，並可協助用快速輕鬆之方式整合本地雲端服務與智慧型通訊設備。

3.3 MEC平台

圖5顯示出當有多個MEC平台存在時之控制信號的傳遞方式。左、右雙向箭頭用於表示MEC平台內各模組之連接關係，而虛線表示本例中的數據傳輸。MEC平台1具有三個應用程式服務，例如SR1 (service 1)、SR2 (service 2)等等。MEC平台3則有三個應用程式服務，例如SR1 (service 1)、SR3 (service 3)等等。MEC平台n則有三個應用程式服務SR1 (service 1)、SR4 (service 4)等等。

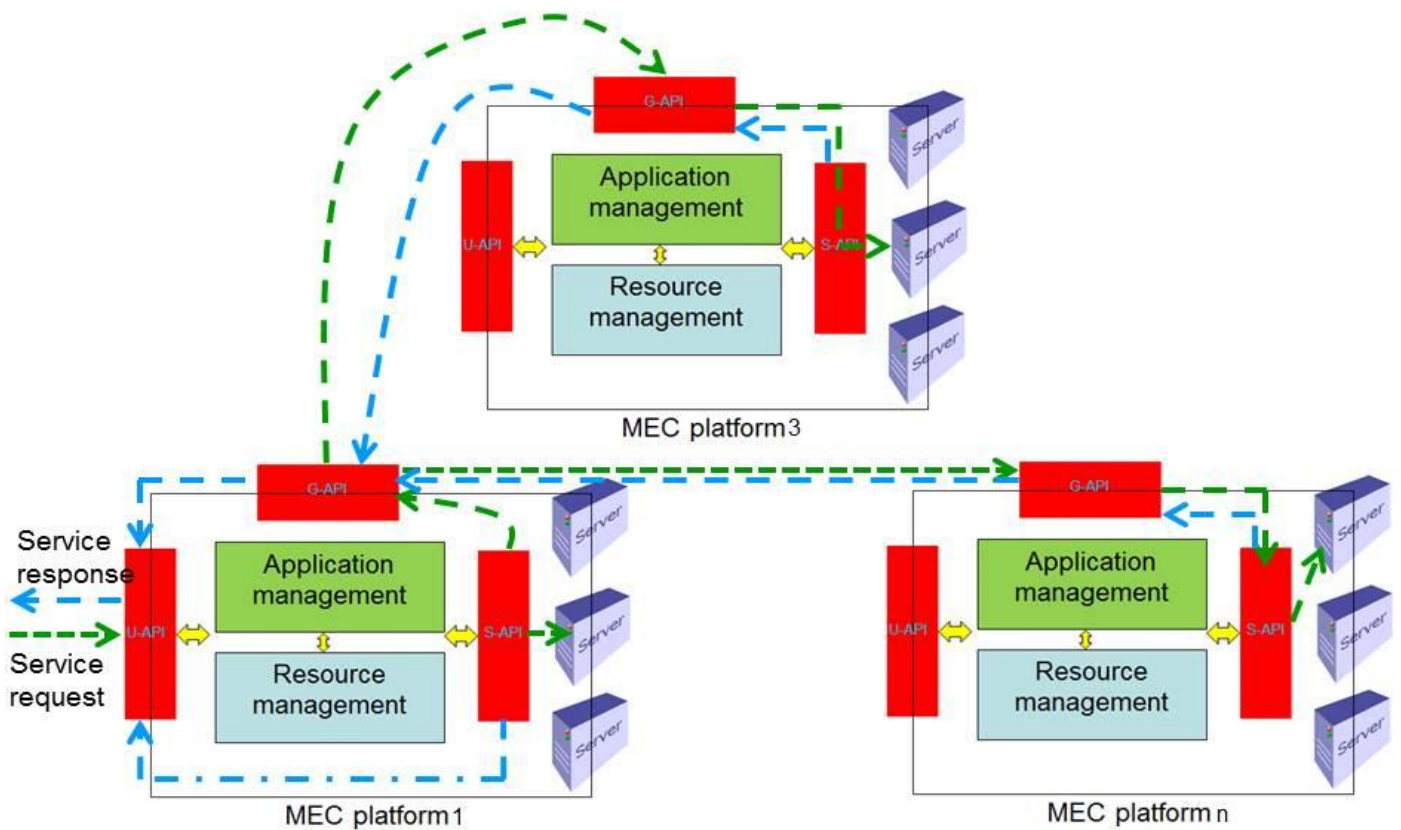


圖5：MEC平台間控制信號說明圖

手持式行動用戶透過U-API (User API)發送請求訊息至MEC平台。如本文在實作MEC平台，請求訊息是寫在一個標準的超文本應用程式語言 (Hyper Application Language)。在MEC平台的U-API接收到請求訊息後，資源管理模組 (Resource management)會分析此請求訊息之內容及其所需之虛擬化硬體和軟體。根據該請求訊息的應用程式服務，應用程式管理者 (Application management)提供了承載在MEC平台上之應用程式的中介軟體服務。S-API (Server API)伺服器控制應用程式和服務之間的通訊註冊登錄及認證。

圖6所示為MEC控管方式流程圖，特別是在MEC內的平台通訊。如圖6所示，S-API決定是否接受另一應用程式服務之請求訊息。如請求訊息中的服務要求可由本地MEC平台之應用程式完成服務，則此請求就近在本地處理。另一方面，如係來自另一非本地之應程式服務，其將根據請求訊息的第一應用程式服務選擇另一個MEC服務平台。

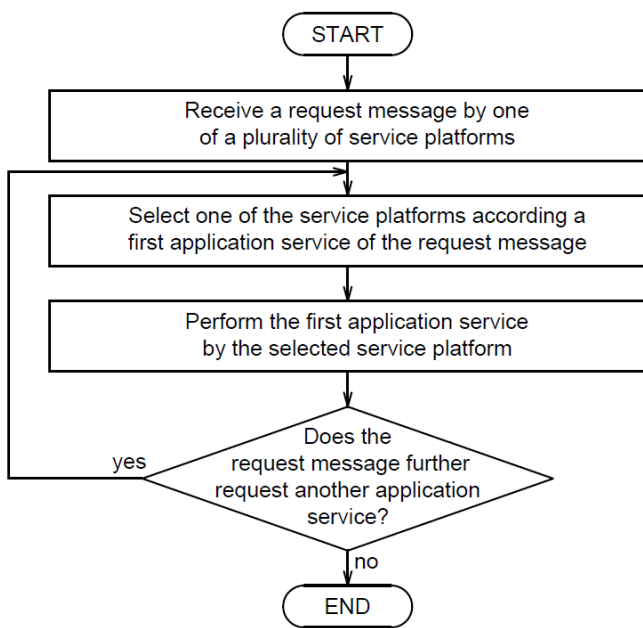


圖6：MEC控制方式流程圖

一般而言，針對服務處理器功能之統一的外部/內部服務API (Intra/inter Service)協議如下：

- 在服務與服務之間、服務與主機之間及主機與主機之間的統一API (Unify API)；
- 管理邊界服務；
- 增進軟體開發與整合之效率，且加速完成簡易功能的整合；

G-API (Relay-GW API)中繼閘道器API，具有動態地更新其硬體使用狀況的功能，包括中央處理器 (CPU：Central Processing Unit)使用率、可用內存容量...等。為了實現在D2D中繼網路中達成低延遲(short latency)和最小遲延時間(minimal delay time)，G-API就是使用通用API (Common API)的概念，其具體的做法為整合外部/內部中繼閘道器並提供連結路由，如此應用服務便能找到最合適的中繼閘道器。

3.4 實作

本文之行動網路邊界運算實作及支援應用程式均如圖7所示。下列是以D2D為基礎之網路應用情境：

- ①手機或ITRI Glasses收到Edge Cloud發出的Discovery Announcing訊息
- ②手機或ITRI Glasses利用LTE (Long Term Evolution)連線向網路管理系統查詢所對應

Server位置

- ③網路管理系統會依照Discovery訊息回報Edge Cloud中Server IP Address (or ID)給手機或ITRI Glasses，並通知特定的D2D relay GW進行服務
- ④手機或ITRI Glasses拍照影像，傳輸給指定的Server，並利用Parallel Process方式進行影像辨識
- ⑤Edge Cloud中Server會依照辨識結果將廣告/折價券送至特定的D2D relay GateWay,並推播至手機
- ⑥Edge Cloud中Server會依照辨識結果播放影片並呈現在使用者附近的電視

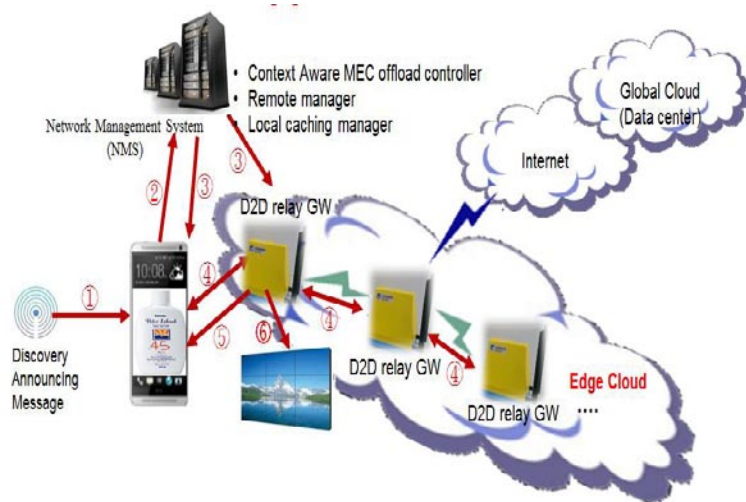


圖7：以D2D為基礎之網路應用情境

4 · 效能評估

圖8所示為在本地雲端(MEC平台)及由網路之谷歌硬碟 (google driver) 上，下載每個文件超過10次的兩者平均執行時間。在本地雲端，數據儲存在本地伺服器，由用戶直接連結；在谷歌硬碟，數據儲存在位於網路上之谷歌雲端硬碟空間。從圖8中可以看出，造訪本地雲端所需的傳輸時間小於造訪谷歌硬碟。從本地雲端cache中存取文件較從網際網路上雲端存取更為合理。

由於邊界服務是在接近終端設備上運行因而大大減少了延遲時間。表1顯示出網路上的封包在終端設備和伺服器之間的RTT (round-trip

time)往返時間。由於終端設備直接連接到本地雲端，只經過1次跳躍和幾個往返時間。在另一方面，終端設備嘗試抓取來自谷歌硬碟之數據，將經由很多路由器且往返時間要長得多。因此，由邊界上直接存取應用服務可以用來顯著減少延遲時間、改善用戶體驗、並可減少網路其他部分的壅塞。

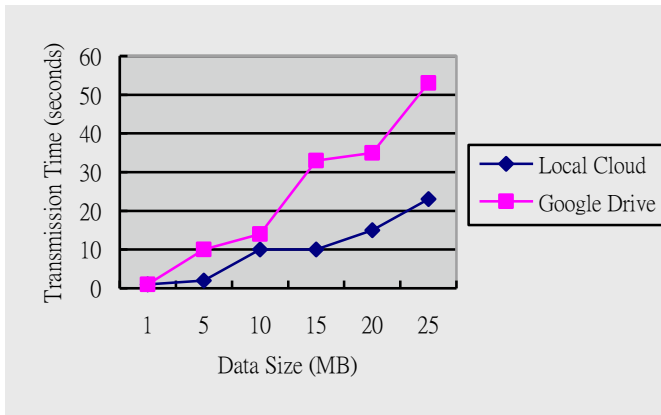


圖8：傳送時間對比數據大小

表1：跳躍平均次數及平均往返時間

	Hop	Average RTT
Local Cloud	1	1 ms
Google Drive	13	61 ms

5 · 結論

本文就以D2D為基礎之行動網路邊界運算系統之即時實作的技術細節說明。其中包含以D2D為基礎之MEC本地雲端(MEC local cloud)、中繼閘道器(relay GW)及MEC平台之完整解決方案及增強型的MEC架構。以即時系統之實作表現自終端用戶與網路之兩個面向則突顯了數個好處。所提出的解決方案為最佳體驗之系統設計，而將往返時間最小化，且將吞吐量最大化。其可用來將資訊推播給使用者並提供消費者或企業資訊，如旅遊資訊、體育事件資訊、廣告等。

未來的工作目標可以進一步就所提出之MEC架構上增加分散式快取(distributed caching)的機制，這是對於提供MEC完整解決方案上的一大挑戰。分散式快取架構提供回傳與傳送儲存資訊，且能提高用戶對設備、網路和系統，應用或業務的質量和性能(包括有效性和可用性等方面)的綜合主觀感受QoE。本地內容快取(Local content caching)的機制預計達到的目標為最多可以減少骨幹網路上35%的封包流量，如此可緩減網路擁塞的現象，以及提供行動用戶快速的網路服務。

參考文獻

- [1] ETSI Mobile Edge Computing: <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/mobile-edge-computing>
- [2] White Paper: ETSI's Mobile Edge Computing initiative explained https://portal.etsi.org/Portals/0/TBpages/MEC/Docs/Mobile-edge_Computing_-_Introductory_Technical_White_Paper_V1%2018-09-14.pdf
- [3] Mobile-Edge Computing (MEC); Service Scenarios: ETSI Standard Number: GS MEC-IEG 004 http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/MEC-IEG/001_099/004/01.01.01_60/gs_MEC-IEG004v010101p.pdf
- [4] Mobile-Edge Computing (MEC); Proof of Concept Framework: ETSI Standard: GS MEC-IEG 005 http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/MEC-IEG/001_099/005/01.01.01_60/gs_MEC-IEG005v010101p.pdf
- [5] 3GPP SA2 TS: 23:303: Technical Specification Group Services and System Aspects; Proximity-based services (ProSe); Stage 2
- [6] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate

- interface,” IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740-741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetics Japan, p. 301, 1982].
- [7] M. Young, The Technical Writer’s Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- [8] “Mobile-Edge Computing – Introductory Technical White Paper,” ETSI, Sep. 2014, URL: <http://www.etsi.org/>
- [9] “ Executive Briefing – Mobile Edge Computing (MEC) Initiative,” ETSI, Sep. 2014, URL: <http://portal.etsi.org>
- [10] Zhongren Cao , Matthew French , Rajesh Krishnan , Joshua Ng , David Talmage and Qinqing Zhang , “Content-Oriented Mobile Edge Technology System Integration Framework and Field Evaluation,” 2014 IEEE Military Communications Conference, pp. 1405-1410, Oct., 2014.
- [11] Hsien-Wen Chang, Kun-Yi Lin and Yen-Chang Chiu, “A Multihop Routing D2D Relay Gateway and Networking Technology,” ITRI Journal of Information and Communication Technology No.160, pp.53-59, Dec. 2014.
- [12] Hsien-Wen Chang, et al., “A Proximity-Based Message-Relaying Mechanism Using Wi-Fi Direct Technology for Public Safety Systems,” 2014 IEEE 11th Asia Pacific Wireless Communications Symposium (APWCS 2014), 28-29 Aug., 2014.
- [13] Michael Fagan , Mohammad Maifi Hasan Khan and Bing Wang , “Leveraging Cloud Infrastructure for Troubleshooting Edge Computing Systems,” 2012 IEEE 18th International Conference on Parallel and Distributed Systems, pp. 441-447, Dec., 2012.

- [14] “Boosting User Experience by Innovating at the Mobile Network Edge,” ETSI, Oct., 2014, URL: <http://www.etsi.org/>

- [15] WiFi Direct:
<http://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-direct>

作者簡介

楊人順



國立交通大學資訊工程研究所博士，現任職於工研院資通所視訊與多媒體通訊技術組/先進通訊系統與標準發展技術部經理。

[E-mail: jsyang@itri.org.tw](mailto:jsyang@itri.org.tw)

Shubhramshu Singh



國立交通大學資訊工程研究所碩士，現任職於工研院資通所/視訊與多媒體通訊技術組/先進通訊系統與標準發展技術部 技術經理。目前從事裝置間通訊技術之標準參與。

[E-mail : shubhramshu@itri.org.tw](mailto:shubhramshu@itri.org.tw)

邱彥璋



國立中正大學資訊工程研究所碩士，現任職於工研院資通所/視訊與多媒體通訊技術組/先進通訊系統與標準發展技術部。專長為影音多媒體技術。目前從事裝置間通訊技術之研究。

[E-mail : cyc@itri.org.tw](mailto:cyc@itri.org.tw)

蔡易行



中華大學資訊工程研究所碩士，現任職於工研院資通所/視訊與多媒體通訊技術組/先進通訊系統與標準發展技術部 技術副經理。目前從事裝置間通訊技術之研究。

[E-mail: alientsai@itri.org.tw](mailto:alientsai@itri.org.tw)