

LTE 家用基地台網路可移動訊務卸載技術

Traffic Offloading in LTE HeNB Networks with Mobility

Pei-Chen Qiu (邱培宸)

National Central University

101522047@cc.ncu.edu.tw

Jehn-Ruey Jiang (江振瑞)

National Central University

jrjiang@csie.ncu.edu.tw

摘要

在 LTE 網路中，為了減輕核心網路的負擔，訊務卸載(Traffic offloading)技術即為此而生。其中有一部份實作在家用基地台(Home eNodeB, HeNB)子系統上的訊務卸載技術將部分的流量以 HeNB 子系統內的區域閘道器(Local GateWay, L-GW)做為卸載點(Break-out point)讓封包不進入核心網路，由 L-GW 為使用者裝置(User Equipment, UE)轉送封包。然而此種訊務卸載技術卻有著不具備移動性的缺陷，導致使用者的服務若被卸載，將不允許離開卸載點的服務範圍，否則服務將被中斷。本論文提出一套在區域 HeNB 網路(Local HeNB Network, LHN)上可移動的訊務卸載技術。利用過濾封包的方式列管 LHN 內所有的服務及 UE，由 LHN 的 L-GW (Local GateWay)以不修改服務內容為前提，對 LHN 內的封包進行路由，以達到可移動之訊務卸載功能。

關鍵詞：LTE-A、Local HeNB Network (LHN)、訊務卸載

Abstract

The traffic in mobile communication networks will grow up year after year. The 3GPP organization proposed a series of traffic offloading methods in Long Term Evolution-Advanced system, which tried to offload part of traffic

from core networks to the Internet. There are some traffic offloading methods on Home eNodeB (HeNB) subsystem, Local IP Access (LIPA), and Selected IP Traffic Offload at Local Network (SIPTO@LN), providing communication ability with other objects by HeNB without access the core network. But the traffic offloading methods in HeNB subsystem have no mobility. We propose two methods, which have mobility more than others. The first method, LATO, provides LIPA function with handover ability. The second method, GATO, provides SIPTO function with hand-out ability.

Key words: LTE-A, Local HeNB Network (LHN), traffic offloading

一、緒論

在 LTE-A 網路中，各式各樣的新興服務產生了巨量的核心網路(Core network)資料流量[S12]，導致了 LTE-A 核心網路頻寬不足的問題[ericsson]。為此 3GPP 組織將訊務卸載技術收錄進規格書中[TR23.829] [TS23.401]，此技術利用卸載點負責資料封包之路由路徑選擇，以不進入核心網路或縮短封包在核心網路內路由路徑的方式，減輕核心網路的負擔。

其中有一部份是為家用基地台子系統所設計的訊務卸載技術[TR23.859]，以連接封包資料網路(Packet Data Network, PDN)的 L-GW 為 HeNB 的封包資料網路閘道器(PDN GateWay, P-GW)，做為訊務卸載的卸載點，UE 將封包交由 L-GW 去進行路由，由 L-GW 決定哪些服務可以被卸載[XPMV14]。其中包含：(1) 本地 IP 存取(Local IP Access, LIPA)：提供區域性質服務的卸載功能，例如：網路印表機、FTP 伺服器以及區域內兩使用者之通訊。(2) 區域網路的選擇 IP 訊務卸載(Selected IP Traffic Offload at Local Network, SIPTO@LN)：提供網際網路性質服務的卸載功能，例如：網頁瀏覽、線上影音服務。

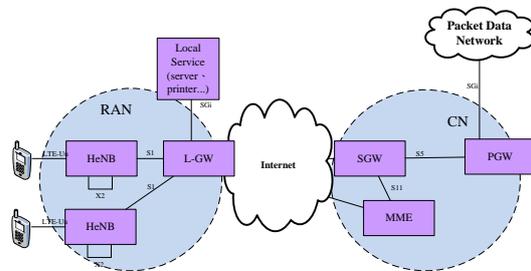


圖 1. HeNB 子系統架構

然而這些規格書中的訊務卸載技術卻有著一些困擾，首先由於 L-GW 與核心網路中的 P-GW 分屬兩個不同的角色[TS36.300]，所使用的 PDN 連接(PDN connection)也不相同，且 UE 只有在 L-GW 底下才能連接得上 L-GW，因此當 UE 離開 L-GW 的服務範圍後，將無法再繼續與 L-GW 溝通，由 L-GW 進行路由的服務也將被迫中斷[TS23.859]，也由於 L-GW 扮演著 HeNB 的 P-GW 導致若 UE 欲利用訊務卸載技術進行網路服務，則 UE 必須具備著能同時與兩個存取點(Access Point)進行存取的能力，這兩項問題令訊務卸載技術在實際運用上有著很大的侷限性。

然而在[TR23.859]中提到了 LHN 的概念，利用大量布置 HeNB 來組成 LHN，大幅增加了 L-GW 的服務範圍，有效的增強了 HeNB

子系統訊務卸載的實用性。不過即使如此，訊務卸載仍被限制在 LHN 的服務範圍內，若 UE 欲離開 LHN 的服務範圍，仍會遭遇到服務被迫中斷的困擾，因此若能讓訊務卸載不再受限於此，具有自由移動能力的訊務卸載技術將能大幅增進訊務卸載的實用性。

二、相關研究

在此之前有幾位前輩也在 HeNB 上的訊務卸載技術進行研究並提出幾份文獻。

其中文獻[MLQ11]提出了在 HeNB 增加了流量樣板(Traffic Flow Template, TFT)過濾承載封包的方式來挑選進行要訊務卸載的服務。

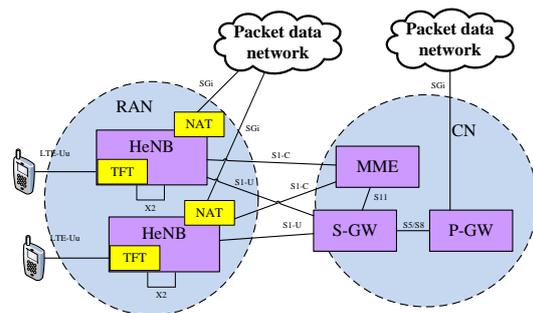


圖 2. 策略型家用基地台訊務卸載技術

當服務建立後，發送第一個封包進入到 HeNB 時，HeNB 會利用 TFT 對封包進行分析，分析的結果將會為封包所屬的服務選擇卸載策略，地方性質的服務將被標記為 LIPA 策略，以後此承載的封包將都以 LIPA 為策略進行卸載。而若是服務屬於網際網路性質則該服務將被標記為 SIPTO 策略，此後該承載將會以 SIPTO 為策略進行卸載。另外還有一部份的服務無法被卸載，將會標記為核心網路策略，此策略之服務將不由 HeNB 負責，直接送往核心網路。然而此研究以承載為粒度決定是否要卸載服務，卻造成了大問題。服務利用承載進行傳輸，然而承載卻不專屬於服務，是故同一個承載上會有著不只一項的服務。此方法能卸載的服務數量將受到承載同時進行的服務數量

所影響，當可卸載之服務與不可卸載之服務處於同一承載時，該承載上所有的服務將都無法被卸載。

另外在文獻[FMNZ12]則提出了家用微型基地台網路(Networks of Femtocells, NoFs)的概念，新增了區域性家用基地台閘道器(Local Femto-GateWay, LFGW)的元件，同時做為掌控 NoFs 控制層面(Control plane)的移動管理實體(Mobility Management Entity, MME)、NoFs 用戶資料層面(User plane)的服務閘道器(Serving GateWay, S-GW)、及連接封包資料網路的 L-GW。

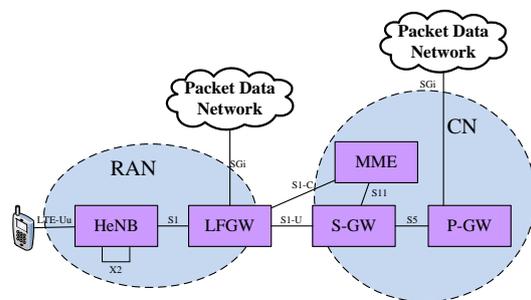


圖 3. NoFs 架構

藉由 LFGW 全能的性質，服務在 LFGW 下將連同控制層面的信令完全被卸載，大幅的減輕了核心網路的負擔，並且由於是利用與 LHN 相似的 NoFs 概念，是故服務的移動範圍不再限縮在 HeNB 的範圍內。然而，也因為 LFGW 能力很強，取代了核心網路上 MME 的工作，使得服務沒有註冊在 MME 的紀錄中，對核心網路而言，該項服務並不存在，也就不被核心網路所承認，是故當 UE 離開 NoFs 的範圍時，該服務將面臨中斷的下場。

而在文獻[CCLH+13]中則是針對訊務卸載技術的服務品質進行研究，提出一項在 LIPA 環境下的高服務品質網路電話機制。作法如同文獻[MLQ11]中新增 TFT 功能於 HeNB 上，使得 HeNB 具備過濾封包的能力，並額外

在 HeNB 增加了 MME 的部分能力，稱之為 Home MME (H-MME)，使 HeNB 具備建立、修改及刪除承載的功能，再增加了一種專屬的承載類別，稱為 Detection Radio-Bearer (DRB)，並利用 DRB 來進行卸載服務的封包傳輸。

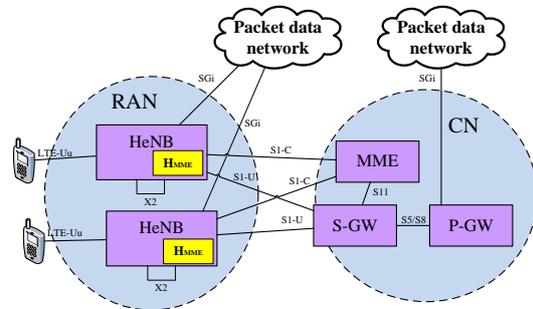


圖 4. VoIP on LIPA 示意圖

HeNB 先利用 TFT 的能力過濾出要被卸載的服務，再利用 H-MME 的能力，為 UE 建立 DRB 替換掉服務原先的承載，令封包只在 DRB 上傳輸，並由 H-MME 為其配對下行 DRB，至此，封包將於源 UE、HeNB、目標 UE 之間進行傳輸，不再需要進入網際網路或核心網路，並由於使用了專屬的承載，HeNB 只需對該服務進行一次過濾，即可分辨該服務，是故可提供高品質 VoIP 服務的訊務卸載。然而，由於此方法所建立的承載不被外界所認識，是故此方法將不具備移動性，再由於此方法需要竊取 UE 向用戶歸屬伺服器(Home Subscriber Server, HSS)註冊的金鑰 KASME，因此將有這安全性上的問題，再則由於區域服務的路由路徑較短，延遲也較為有限，因此所獲得之效益甚微。

以上三項研究，雖對訊務卸載技術之實用性有所提升，然而也各有其缺點，是故提出一項新的方法。

三、提出方法

1. 系統概念

為了使 HeNB 子系統上能夠自由移動的訊務卸載技術，本論文提出之方法在 L-GW 中

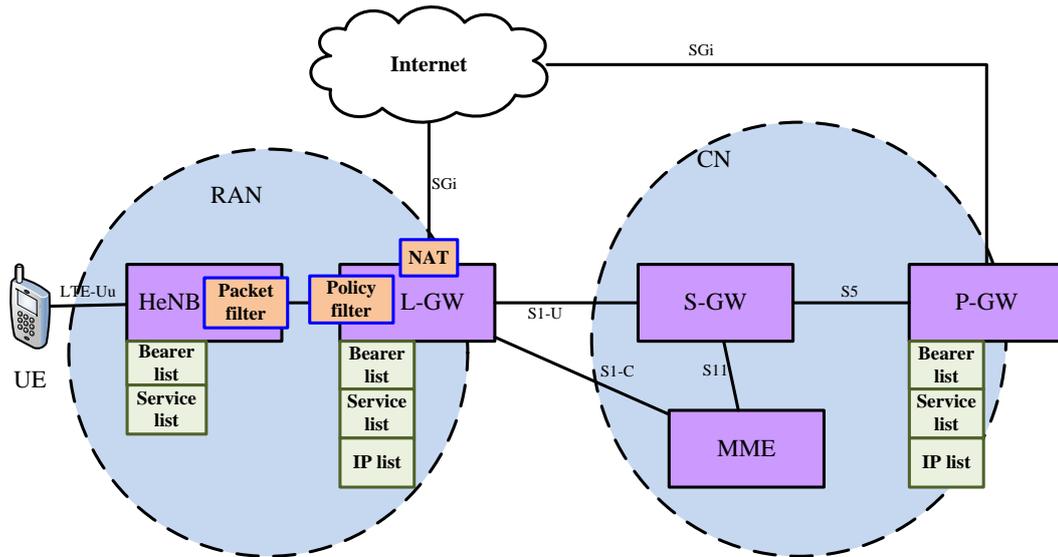


圖 5. LATO/GATO 系統架構

增加承載、服務及 UE 三項列表，並在 HeNB 中增加承載列表，並採用過濾的方式將所有的 UE、服務條列於 L-GW 的用戶列表與服務列表中，再經由 L-GW 解析出需要進行卸載的服務，並將需要卸載的服務所處的承載記錄於 L-GW 與 HeNB 的承載列表中。其中用戶列表記錄著 LHN 內所有的 UE，服務列表記錄著 UE 所有正在進行的服務，LHN 的承載列表記錄著 LHN 內所有建立在 HeNB 的承載，HeNB 的承載列表則各自記錄著 HeNB 所建立的承載，HeNB 將利用所記載的策略為 L-GW 決定是否要對承載進行解析，L-GW 則對 HeNB 認定需要解析之承載所攜帶封包進行解析，為其決定路由方向。將承載中可被卸載之封包引導向卸載之路由路徑。本研究分為不需要修改核心網路的區域訊務卸載”LATO”與需要在 P-GW 進行修改的網際網路訊務卸載”GATO”。

2. 系統設計

首先本論文以下列之格式設計承載列表、服務列表以及用戶列表：

表 1. 承載、服務及用戶列表

承載列表	服務列表	用戶列表
PDN address	Source IP	IP address
TEID	Destination IP	HeNB ID
Policy tag	TO Policy tag	IP@NAT
QoS level	UL TEID(s)	
	DL TEID(s)	
Service	QoS level	

承載列表藉由 UE 在進行 Handover、Tracking Area Update、Attach procedure、request PDN connectivity 時，由 LHN 內之 HeNB 取得後，通知 L-GW 將新增的 PDN connection 記錄進承載列表中。該列表記錄著以下參數 (1)UE 在各個承載的 PDN 位址，即為 UE 在該承載所使用的 IP 位址，(2)各個承載的 TEID，即為該承載之承載 ID，(3)HeNBs 對各承載的處理策略標籤(policy tag)，(4)各個承載的服務品質層級，(5)進行在各個承載上的服務。由以上資訊讓 L-GW 得以提供承載訊務卸載功能。

服務列表則藉由 Handover、Tracking area update、Attach procedure、request PDN connectivity、Service request 時，由 HeNB 辨

識出各項服務所用的承載，由 L-GW 對該承載之封包進行解析，找出新增加的服務，將之加入服務列表。該列表記錄著以下參數(1)來源 IP，(2)目標 IP，(3)L-GW 對各項服務的訊務卸載策略標籤(traffic offloading policy tag)，(4)該服務所使用的上行承載之 GTP-U TEID，(5)該服務所使用的下行承載之 GTP-U TEID，(6)各項服務的服務品質層級。

用戶列表則藉由 Handover、Tracking area update、Attach procedure、request PDN connectivity 時，由 LHN 內之 HeNB 找出新增加之 UE 的承載，由 L-GW 對該 UE 之封包進行監控，獲得 UE 所使用之 IP，該列表記錄著以下參數(1)UE 所持有的 IP 位址，(2)UE 所處的 HeNB 編號，(3)以及 UE 在 L-GW 的 NAT 中使用之 IP 位址。

再以下述功能進行封包過濾器(packet filter)、策略過濾器(policy filter)以及網路位址轉譯(Network Address Translation, NAT)之設計，其中封包過濾器設置於 HeNB，策略過濾器與網路位址轉譯設置於 L-GW：

封包過濾器 (packet filter)	負責在 HeNB 要將封包發送往 L-GW 之前，依照承載列表對該承載之處理策略，為封包標記上處理策略。
策略過濾器 (policy filter)	負責在 L-GW 收到來自 LHN 的封包後，依照承載之理策略決定是否對封包進行解析，對需解析之封包進行解析，並依照服務列表中對該服務之卸載策略標籤轉送封包。以及當收到來自 NAT 的 IP 封包時，依照服務列表之 IP 配對，為封包

	加上 GTP-U 標頭。
網路位址轉譯 (NAT)	負責在 L-GW 辨識出 GATO 封包後，參照用戶列表轉換封包之來源 IP，並將封包送往 PDN。以及當網路封包送達 L-GW 時，參照用戶列表轉換封包之目標 IP，將封包交與 L-GW 進行處理。

HeNB 與 L-GW 具有上述功能後，L-GW 便可為 LHN 內之 UE 提供訊務卸載之能力。

3. LATO/GATO

而卸載策略標籤又分為(1)於 LHN 內進行之語音通訊或區域網路存取的 Local Access Traffic Offload (LATO)、(2)於 LHN 內進行之網際網路存取的 Global Access Traffic Offload (GATO)以及(3)進行無法被卸載之服務的電信網路封包三種，其中電信網路封包由於無法被卸載因而需要進入核心網路，若 L-GW 遇到該類型之封包需將該封包原封不動地送往 S-GW。而其餘兩者則以下述方式進行訊務卸載：

3.1. LATO

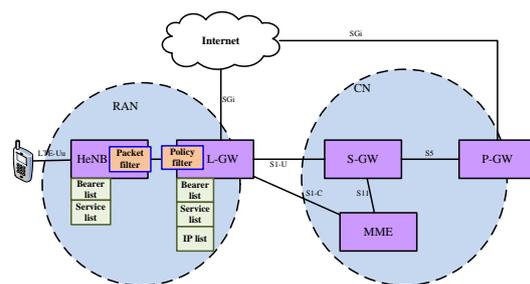


圖 6. LATO 系統架構

當 L-GW 決定對封包進行 LATO 訊務卸載時，封包將由 L-GW 移除原先的 S1 承載標頭，並加上下行的 S1 承載標頭，再由 L-GW 依照該下行 S1 承載標頭，將封包送往目標 UE 所在的 HeNB。完整的封包傳輸過程將依下圖順序進行。

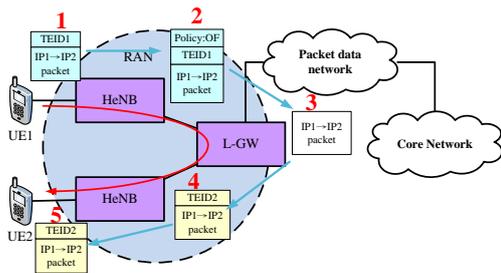


圖 7. LATO 封包傳輸過程

- Step 1. UE 往 HeNB 送出無線承載封包。
- Step 2. HeNB 收到封包後，將標頭換成 S1 承載標頭，並由封包過濾器依照承載列表之規定加上處理策略標籤，送往 L-GW。
- Step 3. L-GW 收到封包後，依照處理策略解析該封包。
- Step 4. L-GW 辨識出該封包屬於 LATO 封包後，依照服務列表之紀錄，為該封包加上下行承載標頭，送往目標 UE 所在之 HeNB。
- Step 5. HeNB 收到來自 L-GW 之封包，便可直接將送至目標 UE。

由上述過程可知封包並無進入核心網路，且封包之傳輸仍以服務原先之規定進行，並不影響 UE 與核心網路對該服務之認知，是故此作法所提供之傳輸能力並不因 UE 離開 LHN 而中斷，且無須對核心網路做任何修改，達成可移動之訊務卸載功能。

3.2. GATO

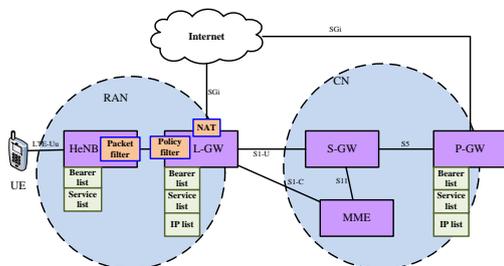


圖 8. GATO 系統架構

當 L-GW 決定對來自 LHB 之封包進行 GATO 訊務卸載時，封包將由 L-GW 移除封包

之 S1 承載標頭，再交由 NAT 轉換來源 IP，送進網際網路進行路由。而當 L-GW 收到來自網際網路之封包時，則由 NAT 依照用戶列表之紀錄，將該封包之目標 IP 換回 UE 之 IP，並由 L-GW 為封包加上 S1 承載標頭，送往目標 UE 所在之 HeNB，由 HeNB 送達目標 UE。完整的封包傳輸過程將依下圖順序進行。

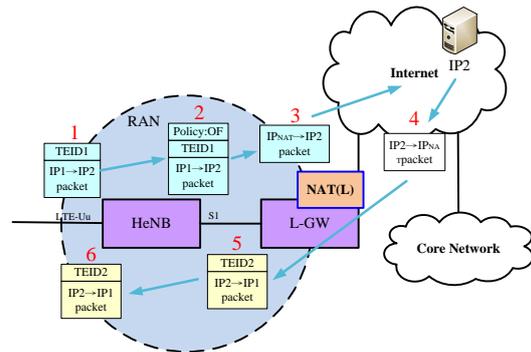


圖 9. GATO 封包傳輸過程

- Step 1. UE 往 HeNB 送出無線承載封包。
- Step 2. HeNB 收到封包後，將標頭換成 S1 承載標頭，並由封包過濾器依照承載列表之規定加上處理策略標籤，送往 L-GW。
- Step 3. L-GW 收到封包後，依照處理策略解析該封包。當辨識出該封包屬於 GATO 封包後，將封包交由 NAT 進行 IP 位址轉換，並送往網際網路進行路由。
- Step 4. 當 L-GW 收到網際網路封包時，將封包再次交由 NAT 進行 IP 位址轉換，讓封包變回原先之 IP 封包。
- Step 5. L-GW 為封包加上下行承載之標頭，送往 UE 所在之 HeNB。
- Step 6. HeNB 收到來自 L-GW 之封包，便可直接將封包送至目標 UE。

由上述過程可知封包無須進入核心網路即可進行網際網路存取，然而僅依上述做法卻無法提供具有移動能力之訊務卸載功能，是故網際網路存取之訊務卸載功能，必須對核心網路的

P-GW 進行額外之修改，P-GW 將紀錄自 LHN 離開之 UE 及其所持有之承載、正在進行之服務以及該 UE 於 NAT 之資訊，以便 P-GW 在收到 UE 進行網際網路卸載之封包時，可將封包轉送給 L-GW，由 L-GW 進行網際網路之路由，而回程封包則由 L-GW 送至 P-GW，由 P-GW 將封包送往 UE。

四、模擬與比較

1. 模擬環境

本研究針對 LHN 中訊務卸載量進行模擬，將分別在相同服務比例，不同的 UE 移動率以及相同 UE 移動率，不同的服務比例的環境下比較本研究與三篇相關研究所能提供之訊務卸載量。以下為模擬參數：

表 2. 模擬參數

參數	數值
UE 數量	200
模擬時間	60 分鐘
平均服務數量(each UE)	4
移動的 UE 比例(%)	10 - 50
閒置 UE 比例 (%)	10
區域網路服務比例 (%)	10、25、40
區域通訊服務比例 (%)	10、25、40
廣域網路服務比例 (%)	40、25、10
廣域通訊服務比例 (%)	40、25、10

UE 移動對卸載比例之比較

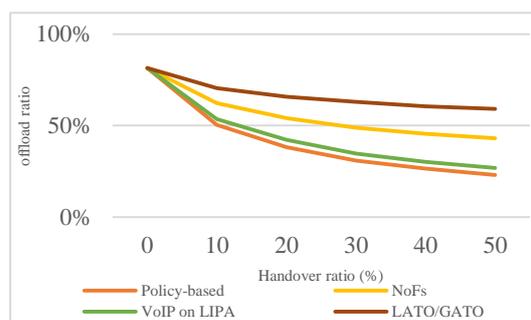


圖 10. 訊務卸載比例比較圖(不同移動率)

在可卸載服務比例(區域服務及無 QoS 需求之網際網路服務)為 75%，針對各系統在不同 UE 移動率的環境下所能提供之訊務卸載能力進行比較，可看到我們的 LATO+GATO 所提供之訊務卸載能力優於其他方法，即使在高變動的環境下仍能提供接近 60%的訊務卸載比例，原因就在於先前研究之訊務卸載技術所提供的訊務卸載能力只負責卸載由 HeNB 底下所發起之服務，對於在 LHN 外所提出之服務只提供小部分，甚至不提供卸載能力。而本研究提出之方法能卸載 UE 自 LHN 外帶進來之區域服務，是故當 UE 移動越頻繁，則系統之間的差異將更加明顯。

2. 服務種類比例對卸載比例之比較

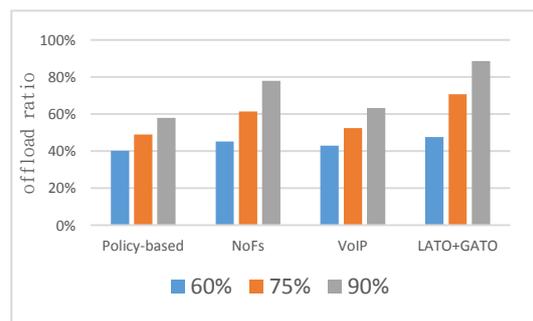


圖 11. 訊務卸載比例比較圖(不同服務比例)

在 UE 移動率為 10%，針對各系統在不同服務比例的環境下所能提供之訊務卸載能力進行比較，可看到當可卸載服務比例提升時，各系統之卸載比例均有所提升，然而本研究所能提供之卸載能力在各個場景下就可得到較好的結果，原因在於，當 UE 於 LHN 外發起的可卸載服務(連向 LHN 或無 QoS 需求之服務)即使 UE 進入到 LHN 的服務範圍，其他三種方法仍無法被卸載，是故其他 UE 所能提供的卸載能力較差。

五、結論

以往的研究大多在單一個 HeNB 上鑽研，沒有系統的規畫完整的區域電信網路架構，以致卸載技術無法提供有效的服務。而做區域電信網路研究的前輩又不願對 HeNB 的能力進行修改，反而造成區域電信網路需要核心網路提供額外的能力才能運作。因此本研究提出一種利用具有訊務卸載能力的家用基地台所組成的區域電信網路，提供區域電信網路內的訊務卸載，及具移出能力的區域訊務卸載方法。可以有效提供人員移動頻率高且區域流量較大的網路環境下兼顧服務連續性及訊務卸載，讓 UE 在區域電信網路與廣域電信網路之間移動時，流量將盡可能的被卸載且不會因為離開卸載點就導致中斷服務。盡可能降低電信網路的負擔情況下讓 UE 服務不中斷。

未來將繼續研究如何不透過核心網路協助，即可提供廣域服務的訊務卸載之移動能力。以及更有效率的服務辨別技術，以增進 L-GW 發配封包的速度，降低 L-GW 所造成的延遲。以及如何降低 HeNB 與 L-GW 進行封包解析之負擔。

致謝

首先感謝江老師給予指導，使我在此研究領域之思維與寫作上有長足的進步，也使本研究臻於完善。再感謝實驗室的同仁經驗之分享與討論，使我在研究遇到瓶頸時得以有所突破。

科技部計畫編號: NSC 102-2221-E-008 -050 -

參考資料

[3gpp] 3GPP <http://www.3gpp.org/>

[CCLH+13] C. H. Chang, H. L. Chao, C. L. Liu, and K. L. Huang, "A Local IP Access

[XPMV14] D. Xenakis, N. Passas, L. Merakos,

Mechanism for VoIP Service in LTE Home eNodeB Systems," in *Proc. of Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS)*, 1 – 6, July 2013.

[Ericsson] Ericsson website: <http://www.ericsson.com/>

[FMNZ12] J. Ferragut, J. Mangues-Bafalluy, J. Núñez-Martínez, F. Zdarsky, "Traffic and Mobility Management in Networks of Femtocells," in *Mobile Networks and Applications*, Volume 17, Issue 5, 662 - 673, October 2012.

[MLQ11] L. Ma, W. Li, X. Qiu, "Policy based Traffic Offload Management Mechanism in H(e)NB Subsystem," in *proc. of Network Operations and Management Symposium (APNOMS)*, 1 - 6, 2011.

[S12] C.B. Sankaran, "Data Offloading Techniques in 3GPP Rel-10 Networks: A tutorial," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 50, No. 6, 46-53, June 2012.

[TR23.829] 3GPP, "Local IP Access and Selected IP Traffic Offload (LIPA-SIPTO)," *TR 23.829 Release 10*, October 2011.

[TR23.859] 3GPP, "Local IP access (LIPA) mobility and Selected IP Traffic Offload (SIPTO) at the local network," *TS23.859 Release 12*, April 2014.

[TS23.401] 3GPP, "General Packet Radio Service (GPRS) Enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) Access," *TS 23.401 Release 12*, June 2014.

[TS36.300] 3GPP, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)," *TS36.300 Release 12*, July 2014.

C. Verikoukis, "Mobility Management for

Femtocells in LTE-Advanced: Key Aspects and Survey of Handover Decision Algorithms,” in *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, Volume 16, Issue 1, 64 – 91, 2014.