

UMTS 的訊務模型架構

Traffic Model Architecture for UMTS

Hung-Chin Jang

國立政治大學資訊科學系

jang@cs.nccu.edu.tw

Chen-Yu Yang

國立政治大學資訊科學系

g9110@cs.nccu.edu.tw

摘要

訊務模型(traffic model)在瞭解未來 IP 網路及解決其網路效能等相關問題上扮演著重要的角色。因 UMTS(Universal Mobile Telecommunication System)系統架構及其所提供的應用服務有別於第二代行動通訊網路,傳統的訊務模型並無法適用於描繪及分析 UMTS 的訊務。在此我們提出的訊務模型架構將包括移動模型、使用者行為模型、服務會期模型及無線電傳播模型等四個子分析模型,該架構完整地考量使用者行為(包括行為模式及移動模式)、服務需求、無線電功率及環境等因素,藉由分析 UMTS 網路使用者的各種行為與所產生的訊務,將有助於推導及預測使用者的行為模式與網路流量。

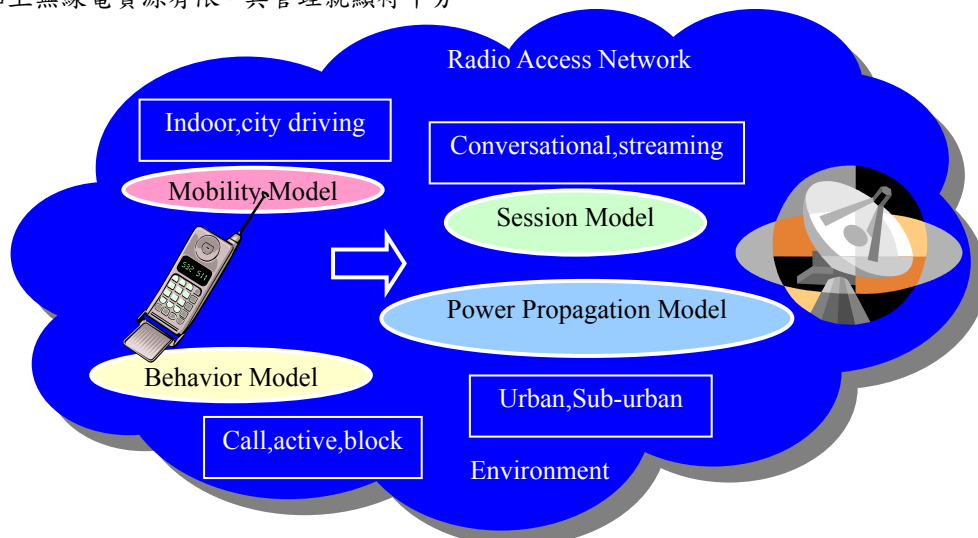
關鍵詞：UMTS, 訊務模型

重要。要完整瞭解 UMTS 系統中影響訊務的因素需從無線電功率、環境、使用者行為(包括行為模式及移動模式)及服務需求等多方面來探討(圖一)。行動通訊系統業者若能蒐集到使用者在不同時間所使用的服務、地理位置和移動模式,將有助於其在規劃系統資源時做有效的決策。此外,並非每位進入 UMTS 系統中的使用者都會要求相同的服務,即便對系統發出服務要求,也非都需使用等量的資源。系統若無有效地管理資源,對進來的使用者任意配置資源,有限資源會很快告竭。系統若能掌握使用者的行為模式,就能針對不同的服務要求,做最佳化的資源配置,並提供較佳的服務品質(Quality of Service, QoS)。在無線通訊網路上,訊務的產生會因為無線電控制錯誤或功率不足而導致傳送失敗或不能達到一定的通訊品質。行動通訊網路的連線品質取決於良好的無線電傳播功率,若能將其有效掌握便能提昇其服務品質。

一、背景

行動通訊網路與有線網路的主要差別在於它們的連線方式。無線電網路有 error-prone、time-variant 及 high latency 等問題,加上無線電資源有限,其管理就顯得十分

訊務特徵(traffic characterization)及訊務模型(traffic model)在瞭解未來 IP 網路及解決其網路效能等相關問題上扮演著重要的角色。在真實環境中行動通訊服務會受到多種因素影響,包括無線電功率、移動模式和服務需求。我們所提出的訊務模型將完整地考量使用



圖一：UMTS 的訊務模型架構

者行為(包括行為模式及移動模式)、服務需求、無線電功率及環境等因素,藉由分析 UMTS 網路使用者的各種行為與所產生的訊務,將有助於推導及預測使用者的行為模式與網路流量。

本論文的結構如下:第二節為相關研究;第三節為我們所提出適用於描繪 UMTS 的訊務模型架構;第四節為結論與後續研究。

二、相關研究

傳統的 Poisson process 為 memory-less、short range dependence,適用於描繪使用者的 arrival process。在 packet-switched 網路中,其訊務特徵為 heavy-tailed、self-similar、fractal、long range dependence;且其 session 的行為程序(behavior process)有別於 circuit-switched 網路中使用者的 arrival process。因此, Poisson process 並不適用於分析新興的訊務模型。

以 IP traffic 來說,最重要的統計特性為 burstiness 和 self-similarity。直觀來看,這代表測量的 IP traffic 可能隨著到達程序而呈現持續性地超過平均的趨勢,例如 bursts。整合式訊務模型(aggregated model)擷取整個訊務串流(traffic stream),並無特別考慮個別訊務源(traffic source),如來自不同的使用者;此模型已被證明可以正確地擷取 burstiness 和 self-similarity。

訊務特徵(traffic characteristic)的模型可分為分析式及非分析式可追蹤(analytically and non-analytically tractable)模型,其中分析式可追蹤模型有 MMPP、MAP、BMAP 及 HSMM,非分析式可追蹤模型有 fGN 及 fARIMA,茲分別介紹如下:

分析式可追蹤模型

(1) Markov-Modulated Poisson Process (MMPP)

在 MMPP 中,狀態的變化受到連續的 Markov chain 影響,且到達程序(arrival process)的邊際分佈是跟狀態獨立的。MMPP 是一種 Poisson process,其到達程序(λ)是由一個隨機過程(random process), $X(t)$, 所控制(modulate),到達程序只在 $\{X(t)\}$ 當前的狀態中才會發生。

(2) Markovian Arrival Process (MAP)

Poisson process 是建構通訊網路訊務常用的傳統模型,但卻無法完全滿足現今的通訊網路,例如封包交換網路(packet switch network),像區域網路和 ATM 網路。MAP 被提出的目的即是用以建構更具複雜訊務的模

型。MAP 的運作方式和 MMPP 類似,但到達程序如顧客或封包的到達可能會在離散(discrete)狀態的 Markov process 狀態變化過程中發生。MAP 比 MMPP 應用更為廣泛,其範圍亦包括 Poisson process 在內。

(3) Batch Markovian Arrival Process (BMAP)[2]

在 BMAP 中先定義前一封包與下一封包傳遞時相隔的時間叫做到達區間(inter-arrivals),有封包傳送的時候稱為 ON 週期,否則為 OFF 週期。BMAP 以批次處理到達程序,藉由批次的設計與批次大小(batch sizes of arrivals)的應用,以模擬 IP packet 到達時間(arrival time)。BMAP 將可提供更廣泛的模型去表現 IP traffic。

(4) Hidden Semi-Markov Model (HSMM)[3]

HMM (Hidden Markov model)所描述的狀態變化通常呈指數分佈(exponential distribution),而 Semi-Markov Model 狀態變化的機率分佈是沒有限制的、任意的,應用範圍比 HMM 更廣泛。HSMM 也稱為 generalized hidden markov model,因它比 HMM 更具一般性,更能被廣泛應用。HSMM 常被應用在語音辨識、金融、基因映對、排列生物序列、預測序列結構、推測進化發展關係和發現去氧核糖核酸序列上的基因上。它很適合用來分析複雜並有高度隱藏因素的環境,並且有相當的正確性。

分析網路時,有可能因為在經驗上資料不足,無法清楚知道網路狀態之間的變化,所以實際的網路環境應該是個有隱藏狀態(hidden state)的環境,我們可能無法完全知道狀態怎麼變化或有我們不知道的狀態存在,而狀態之間的變化也是任意的,因此,HSMM 是個很適合分析複雜網路環境的模型。

非分析式可追蹤模型

(1) fractional Gaussian Noise (fGN)

fGN 是一個推測的行程,有 self-similarity 的特性,然而不容易用來分析與追蹤。

(2) fractional Auto Regressive Integrated Moving Average (fARIMA)

Crovella[1]所提出的 Hosking's method 乃是應用 fARIMA 產生 self-similar sequences。fARIMA 適合用來表現訊號和躁訊,但它是非線性的模型而且需要反覆程序(iterative procedure)來解析所需的參數,在執行上較為緩慢。

Poisson arrival process 在 burstiness 模型上有其限制[4],經驗上 burstiness 跟 Similarity Network Traffic Model (SNTM)可以緊密結合在一起。SNTM 是非分析可追蹤模型,可以擷

取 burstiness 和 self-similarity[2]，但不易追蹤與分析，因此較不易應用在網路效能的評估上。在此我們建議應用 HSMM 並結合實際的觀測，發展出一套具彈性且能即時對網路做分析與追蹤的訊務模型。

Markoulidakis[5] 的訊務模型乃從 mobility、traffic environment 和 traffic stream 三方面來分析，藉以塑造 3G 網路模型。作者將使用者依其移動速度分為不同群組，在不同環境和不同群組的使用者會有不同的服務需求，因而產生的訊務也不同。他們以交遞率 (handover rate) 的觀點分析訊務模式，並應用交遞率演算模型來推測交遞率，然而並未考慮地形對無線電的影響。該模型是建立在理論推理上，並非藉實際量測而得，其結果會限制未來的延伸性及適用性。

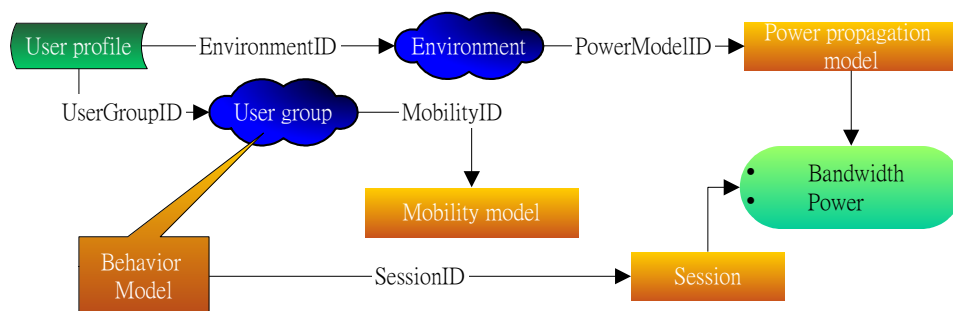
Klemm[2] 提出一個可分析和追蹤的模型，並由實際資料推導出訊務模型。該模型使用 BMAP 建構訊務模型，比 MMPP 和 MAP 更能廣泛地表現 IP traffic。在 3G 網路上，無縫式交遞管理跟使用者行為模式有很大關係 [3,5]，然而該模型並未納入使用者的行為模式，也未考慮無線電波對訊務模型的影響。

Kobayashi[3] 應用 HSMM 動態追蹤使用者狀態，根據使用者產生的狀態序列及在該地理位置觀察到的狀態，推算使用者的狀態變化、在該狀態中的逗留時間及所要求特定服務的機率；甚至可預測下一個時間狀態，求出近似 Gaussian process 的表達式，達到可分析、可追蹤又可表現 burstiness 的模型。

根據上述分析，我們建議應用 HSMM 結合批次到達的觀念以建構適用於 UMTS 系統的訊務模型。該模型應為可分析、可追蹤，並可表示成 Gaussian process，也能表現 burstiness 特性。

三、訊務模型架構

本論文所提出的訊務模型包括下列四個分析子模型，整個訊務模型的運作流程如圖二



圖二：訊務模型的運作流程

所示。系統可透過基地台動態追蹤使用者狀態，輸入統計資料和觀察資料，配合訊務模型自我學習機制，調整到最接近真實狀況的模式。

3.1 移動模型(Mobility model)

行動通訊的使用者會隨時間變化其所在位置，其連線狀況也會隨著時間而改變。當一位使用者在移動過程中離開舊基地台的涵蓋範圍，進入新基地台的收訊範圍，將啟動交遞 (handover) 機制。基地台的資源 (頻寬與無線電功率) 有限，新基地台如能預知該使用者的行為模式，預先保留所需頻寬，就比較不會因資源不足而導致交遞失敗。在此我們所提出的行為模型包括下列因素：速度 (以此區別使用者群組)，方向 (與交遞率關係密切)，位置 (此影響交遞率，並可得知使用者所在位置) 及使用服務傾向 (不同使用者群組其使用服務傾向也會有所差異，如高速公路上使用者所要求的服務多是語音或 GPS，企業大樓內的服務多為 Email 和 Web browsing)。

因每個基地台所在位置的型態不同，所呈現出來的訊務特徵也有差異 (表一)，我們可根據用戶的確切位置及其所屬基地台的訊務特徵，規劃出有效率的交遞策略。根據基地台或系統業者所提供之使用者移動方向、位置分佈和服務需求等統計資料，可建構出使用者行為模型。

我們可將使用者依移動速度及所在位置分成以下群組：家庭使用者、企業使用者、戶外徒步行人、火車乘客、高速公路上的使用者、市區開車的使用者及大眾捷運系統的使用者。

不同使用者群組有不同的 arrival rate 和 departure rate，並有不同的行為模式。使用者的位置狀態 (Location state, L) 可表示為

$$L = \{l_{11}, l_{12}, \dots, l_{ij}\}, i * j \text{ 種可能位置} \quad (1)$$

表一：使用者群組與地理位置及訊務特性關係表

地理位置	平均速度	總訊務量	交遞比率	訊務特徵
捷運、鐵路沿線	高	高	高	隨著捷運、鐵路的設施，其訊務有一定的方向性，
高速公路	高	中	高	除了在交流道會有一部份的訊預會分流出去，其它路段的訊務都限制在道路沿線
主要幹道	中	中	中	在每個路口訊務都會有數個方向的訊務會匯集或分流出去，有一定的方向性
非主要幹道	低	中	低	速度通常較低，但訊務的方向一般來說較為複雜。
徒步區	低	高	低	速度低，訊務量高，無一定的方向性。
車站口	低	高	低	訊務會集中在車站中，而交遞的方向會有兩種，一種是由車站放射出去，一種是往沿軌道前進訊無、速度也不快。
鄉村道路	中	低	中	訊務通常不高，無一定方向性。
山區	低	低	低	訊務、交遞頻率都不高，速度也不快。

使用者所在位置以X及Y軸座標表示，例如 $i_{11} = (100,34)$ 。 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_d\}$ ，d種終止狀態 (5)

方向狀態(Direction state, D)可表示為

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}, k \text{種方向} \quad (2)$$

移動方向因位置所在而定，使用者移動方向可分為 $(x-1,y)$ 、 $(x+1,y)$ 、 $(x,y-1)$ 、 $(x,y+1)$ 、 $(x-1,y+1)$ 、 $(x+1,y+1)$ 、 $(x+1,y-1)$ 及 $(x-1,y-1)$ 。使用者交遞跟使用者的速度和方向有關，基地台需要保留多少資源跟使用者的服務使用傾向有關。使用者群組的特性如表一所示。使用者群組(Group, G)可表示為

$$G = \{g_1, g_2, \dots, g_p\}, p \text{種使用者類別} \quad (3)$$

3.2 使用者行為模型(User behavior model)

使用者一開始可能以 new call 或 handoff call 的初始狀態進入網路，經過在系統中各種服務狀態的變化，最後可能或中斷、壅塞或通話完成而結束。初始狀態(Initial state, I)可表示為

$$I = \{i_1, i_2, \dots, i_c\}, c \text{種初始狀態} \quad (4)$$

目前預設的兩種初始狀態為 new call 和 handoff call。終止狀態(Absorb state, A)可表示為

目前預設有 block, drop, complete 三種終止狀態。使用者在系統中的狀態(Service state, S)可表示為

$$S = E \times D \times L \times G \quad (6)$$

其中，E為使用者的環境狀態，D為使用者的移動方向，L為使用者所在位置，G為使用者依速度分類所歸屬的群組，如行人或開車等。所有使用者狀態(Universe state, U)可表示為

$$U = S \cup \{I, A\} = \{A_1^1, A_2^1, \dots, A_M^1\} \quad (7)$$

狀態變化機率如圖三所示。

$$\tilde{M} = \begin{matrix} I \\ A \\ A_1^1 \\ \vdots \\ A_M^1 \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & a_{01} & a_{02} & \dots & a_{0,M} \\ a_{1d} & 0 & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1,M} \\ a_{2d} & 0 & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2,M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{M,d} & 0 & a_{M,1} & a_{M,2} & \dots & a_{M,M} \end{bmatrix}$$

圖三：狀態變化機率矩陣

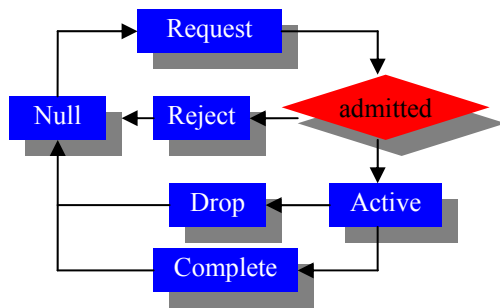
使用者可能在狀態 M 中要求服務，也可能在狀態轉變時要求服務。服務執行的時間與資源佔用率，可用服務需求模型和無線電傳播模型求得，在同一時間內可能會有數種不同服務同時進行。使用者的 process 跟他所產生的 session process 是不同的，我們可以假設使用

表二：使用者群組的分類與交遞服務務特性關係表

群組	訊務量	平均速度	交遞率	特性
行人	高	<5km	低	服務模式是任意
都市中的行車	中	20km~50km	中	服務模式多為語音、資料，交遞程度中等
高速公路	低	50km~100km	高	服務模式多為語音、資料，交遞程度大
火車	高	100~130km	高	服務模式是任意，交遞程度大

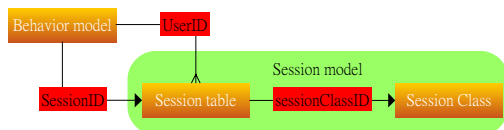
者是有多工執行的能力，每一個工作可以是一個應用程式或服務，產生一個 session 活動，session 的行為模式跟使用者的行為模式理論上是不同的，但我們可以分析在一個網路環境中有多少種 session 存在，並估計該種 session 的數目。

使用者在要求一個服務時會產生一個 session，一個 session 在起始時會先收集足夠的網路資源，在 admission controller 的控管下決定是否給予進入網路，session 允入後的活動時間依 session 種類而定。在行動網路的環境下可能會有 drop、不正常斷線或順利完成服務的情況發生。圖四為使用者產生一個 session 後的狀態變化圖。



圖四：Session 狀態變化圖

如使用者行動平台是個多工系統，就可以要求一個以上的服務，所以一個使用者會產生多個 session 在網路中活動，但行動通訊系統



圖五：Session Model 架構圖

中會有斷線及資源不足的情況發生。可以推論 session 的 arrival 跟真正在基地台所看到 session 的數目是不同的。

3.3 服務會期模型(Session model)

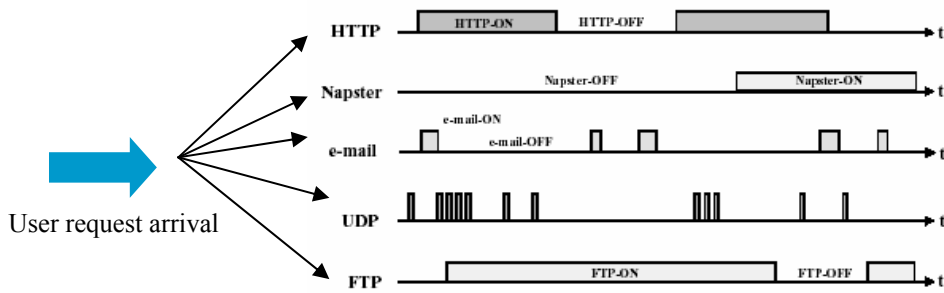
將服務類型做分類，分析服務特徵以求得各類服務的需求率與使用該服務的時間。分別針對不同的服務定義其 session 的行為模式計算存活時間，此模型架構如圖五所示。

根據 UMTS 的定義，將不同性質的應用，分成數種不同等級的服務，3GPP 已完整地將其標準化，此將促使未來在無線領域的封包服務更有效率。UMTS 所提供的 QoS 服務分為交談型(Conversational)、串流型(Streaming)、互動型(Interactive)及背景型(Background)服務四類。第三代行動通訊網路未來將朝 All-IP 網路發展，受限於 packet switching 的原有特性，有三大品質問題有待克服：延遲(delay)、抖動(jitter)及封包漏失(packet loss)。新近雖有許多 QoS 的研究，但大多數僅偏重頻寬管理，並不適用於將提供全面性服務之整合性行動通訊網路。因此，一個好的行動通訊網路管理，應針對各種應用服務之不同品質需求參數提供適當的資源分配與管理。

此外，UMTS 亦允許使用者同時執行多種服務(Multitasking)，如圖六所示。依照不同的服務類別，可歸納成互動模型(Interactive model)、串流模型(Streaming model)、交談模型(Conversational model)及背景模型(Background model)等四類。

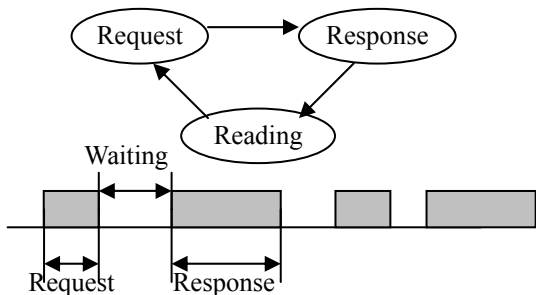
3.3.1 互動模型

互動模型可分為即時和非即時性，非即時性的服務有 Web browsing(圖七)、Ftp 等；即時的服務有 voice、on-line game 等，即時性服務對時間的要求較嚴。



圖六、多重服務示意圖

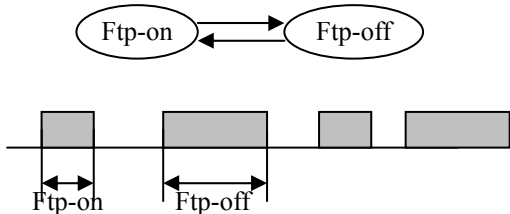
Web browsing model



圖七：Web browsing 狀態變化示意圖

Ftp model

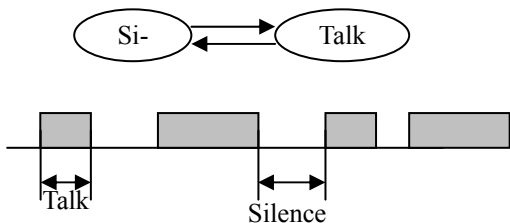
在使用 Ftp 傳輸檔案時，只有在上傳或下傳時會傳送資料。



圖八：Ftp 活動狀態變化示意圖

Voice model

在傳統的語音電話，二人(或多人)間的交談，常是一段一段的，也許是一人在講，其他



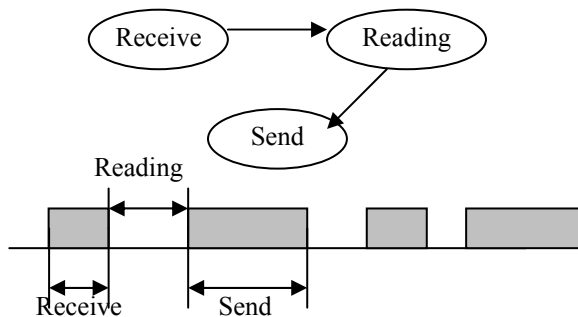
圖九：語音資料傳送與狀態變化示意圖

人在聽，或是講一段停一段，所以其資料傳輸方式類似 Interactive model，然而語音資料要即時傳送，否則會有 delay 或 jitter 的情形發生，如圖九所示。

3.3.2 背景模型

此類服務對時間要求較不嚴苛，可在背景執行，主要對 packet loss 的要求較高，如圖十一所示。

Email model



圖十：Email 封包傳送與狀態變化示意圖

從上述服務模型(session model)可整理出相關的機率分佈與封包傳送率，求出每種服務模型所需頻寬和服務時間。使用者可能在狀態中或在狀態的變化中要求服務。每個新要求的服務都會建立一個新的 session，一個使用者可能會有許多 session 同時進行，亦即 multitasking 的情況。我們可以推得下面公式。

(1) 服務需求率(Service request rate)

使用者對服務的要求可表示為

$$Request_m(j) = P_r(j|m) \tag{8}$$

$Request_m(j)$ 為在狀態 m 下要求服務 j 的機率。假設 $t_m(d)$ 代表在狀態 m 中逗留 d 時間

的機率； $N_m(t)$ 代表在 t 時間內在狀態 m 的人數，則 $N_m(t)$ 可表示為：

$$N_m(t) = (\lambda_{nc}(t) + \lambda_{hr_in}(t))(1 - \theta_{out}(x))t_m(d) \quad (9)$$

狀態 m 的 departure rate 可表示為

$$\lambda_m = N_m(t) / d_m \quad (10)$$

服務需求率可表示為

$$R_j(t) = \sum_{m=1}^M \frac{\text{Request}_m(j)}{d_m} N_m(t) \quad (11)$$

(2) 頻寬需求量(Bandwidth request volume)

在狀態 m 的頻寬需求可表示為

$$\text{Bandwidth} = \sum_{j=1}^J B_m(j) R_j(t) \quad (12)$$

$B_m(j)$ 代表在 m 狀態下要求 j 服務所需的頻寬。

(3) 功率需求量(Power request volume)

功率需求可表示為

$$\text{Power} = \sum_{j=1}^J \text{Power}_m(j) R_j(t) \quad (13)$$

$\text{Power}_m(j)$ 代表在 m 狀態中要求 j 服務所需的功率。

各類服務資源的分配可藉由 Radio Resource Management(RRM)控制，結合 RRM 和訊務模型可讓此模型更具彈性及適用性。

3.4 無線電傳播模型(Power propagation model)

行動通訊網路受無線電傳播模型的影響，在此提出的無線電傳播模型，包括環境與服務類型的影響因子。假設使用者移出原基地

台的比率是 $\theta(x)$ ， x 代表使用者所屬群組， $\theta(x)$ 跟使用者群組與 cell 大小有關。不同地形對無線電波會有影響，表三是環境模型的分類表。

表三、不同地形的傳播模型表

地形	範圍	傳播模型	建築物損失(db)
大都會區	人口密度 >15,000	$Lp=137+36.37*\log(d)$	20
都會區	1,500<人口密度 <15,000	$Lp=134+35.22*\log(d)$	20
次都會區	130<人口密度 <1,500	$Lp=127+34.78*\log(d)$	10
城鄉	人口密度 <70	$Lp=127+34.79*\log(d)$	10

環境類別(Environment, E)可表示為

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ ， n 種環境類別

3.4.1 基地台傳輸功率的計算

基地台的傳輸功率受到天線高度、環境及基地台與手機距離影響。我們可利用 Okumura-Hata 傳播模型的一般式來計算基地台的傳輸功率：

$$L_{path} = A - 13.82 \log H_b + (44.9 - 6.55 \log H_b) \log R - a(H_m) \quad (14)$$

其中 A 為路徑損失，是對特定環境地區模型化所使用的係數； H_b 為基地台天線高度； H_m 為行動台天線高度； R 為發送點到接收點的距離(半徑)。

3.4.2 行動使用者要求功率的計算

使用者要求功率受到諸多因素影響，其計算公式如下所列：

$$\begin{aligned} \text{Received power} = & \text{PUE} - \text{RBSsensitivity} - \text{IUL} \\ & - \text{LNFmargin} - \text{Pcmargin} - \text{BL} - \text{CPL} - \text{BPL} \\ & + \text{Gantenna} - \text{Lf} + \text{j} \end{aligned} \quad (15)$$

四、結論與後續研究

在本篇論文中，我們提出一適用於描繪及分析 UMTS 的訊務模型架構，該架構包括移動模型、使用者行為模型、服務會期模型及無線電傳播模型等四個子分析模型，該架構完整地考量使用者行為(包括行為模式及移動模式)、服務需求、無線電功率及環境等因素，藉由分析 UMTS 網路使用者的各種行為與所產生的訊務，可獲得如下有用的資料：服務要求率(service request rate)、服務需求量(service request volume)、功率需求量(power request volume)、阻塞率(blocking rate)、丟棄率(dropping rate)、交遞率(handover rate)等。其中，服務要求率、服務需求量和功率需求量可作為網路管理的參考；阻塞率和丟棄率是評估通訊網路效能的重要參數；交遞率在交遞管理的應用上有相當的助益。

面對即時、動態的網路環境，需要結合訊務模型以取得網路統計特性，進行網路資源規劃及配置，並持續監測網路記錄，不斷最佳化資源配置。未來我們希望能進一步設計一整合網路資源管理的架構，包含規劃、資源最佳化、訊務模式與模擬等機制，讓此模型在所應用的環境中自我調整，以達到最適合該環境的合理狀態。

五、參考文獻

- [1] Alexander Klemm, Christoph Lindemann and Marco Lohmann, "Traffic Modeling and Characterization for UMTS Networks," Proc. of the Globecom, Internet Performance Symposium, San Antonio TX, November 2001.
- [2] Hisashi Kobayashi, Shun-Zheng Yu and Brian L. Mark, "An Integrated Mobility and Traffic Model for Resource Allocation in Wireless Networks," The Third ACM International Workshop on Wireless Mobile Multimedia, 2000, pp.39-47.
- [3] J.G. Markoulidakis, G.L. Lyberopoulos and M.E. Anagnostou, "Traffic Model for Third Generation Cellular Mobile Telecommunication Systems," Wireless Networks, 4, 1998, pp. 389-400.
- [4] M. E. Crovella and A. Bestavros, "Self-Similarity in World Wide Web Traffic : Evidence and Possible Causes," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 5, pp. 835-846, Dec. 1997.
- [5] Sergio Ledesma and Derong Liu, "Synthesis of Fractional Gaussian Noise Using Linear Approximation for Generating Self-Similar Network Traffic," Computer Communication Review, vol.30, pp.4-17,2000.