

第三代行動網路品質服務的挑戰

QoS Challenges in Third Generation Mobile Networks

許瑜森 王讚彬

靜宜大學資訊管理學系

台中縣沙鹿鎮中棲路 200 號

g8911207@pu.edu.tw, tpwang@pu.edu.tw

摘要

本篇論文介紹第三代行動網路 (UMTS) 中 QoS 的概念及架構[1-2]。3GPP 將資料分為交談式、串流式、互動式、背景式這四種類別，而每一個種類都有特定的屬性值，以給予不同等級處理的作法，來達成 QoS 的目標，並且藉由階層式的設計架構來提供具有彈性的 QoS 服務，最後則是討論現階段在執行 3G QoS 可能遭遇到的問題，這些問題分別有電源的消耗、手機射頻的控制、無線頻道(寬)的使用率、核心網路的選擇、3G 內部 QoS 與外界之間的互連關係等等。

關鍵字：第三代行動網路 (3G)、品質服務 (QoS)、3GPP、UMTS

1. 導論

第三代行動無線網路系統正在世界各地發展中，有可能在今年的年底有一小部分的系統可以開始實際的運作，但是大部分的系統至少要兩年後，才能開始大規模的全面運作。對無線網路而言，能達到與有線網路相互競爭的速度，才是它定量的目標。無論最後哪一個標準的多工存取系統 (e.g., CDMA2000 or UMTS) [14] 會被採用，主要的挑戰還是在硬體及軟體上，特別是軟體的架構上，該如何來達到第三代行動無線網路系統的目標，是一個具有挑戰

性的課題。

第三代行動無線網路系統想要達成的目標如下：

- ◆ 提供行動使用者一個廣闊的電信通訊服務，讓行動使用者可以像使用固定線路的網路一樣，使用一個傳輸速率高達 2 MB/s 頻寬的服務。
- ◆ 提供使用者透過手持裝置、攜帶型裝置、車輛攜帶型裝置及固定的終端設備 [9] 來存取所提供的服務。
- ◆ 提供漫遊的行動使用者品質服務 (QoS)，讓他們有如處在自家的網路環境中。
- ◆ 提供聲音、資料、影像，還有其他特殊的多媒體服務。

為了達成這些服務，第三代行動網路系統帶來了一個徹底的改進，以封包交換 (packet switching) 的傳輸模式取代原有的線路交換 (circuit switching) 傳輸模式，甚至透過封包交換的網路來連接現有的線路交換行動電話網路。對封包交換的網路而言，QoS 的需求[10] 相較於線路交換網路而言變的更顯得重要，特別是那些對延遲相當敏感的應用程式。

第三代行動網路系統所提供的服務將資料分成四個不同的類別，每一個類別都有自己對於延遲的容忍能力及相關的 QoS 參數。

這些類別分別是：

1. 交談式類別 (Conversational class) -- 適合傳輸語音。
2. 串流式類別 (Streaming class) -- 適合傳輸聲音及影像。
3. 互動式類別 (Interactive class) -- 適合傳輸網頁及讀取資料庫的資料。
4. 背景式類別 (Background class) -- 適合傳輸沒有急切性需求的資料。

本篇文章編排如下：第二節介紹整個 3G QoS 的架構，第三節介紹 3G QoS 的類別及參數，第四節則討論現階段可能遭遇的問題。

2. QoS Architecture

為了讓網路能夠提供點對點的 QoS 品質服務[11]，在 UMTS 的架構中，設計一個具有層級性的架構來實現提供 QoS 品質服務，而對每一個層級的 bearer service 各自定義了應該有的特性與功能

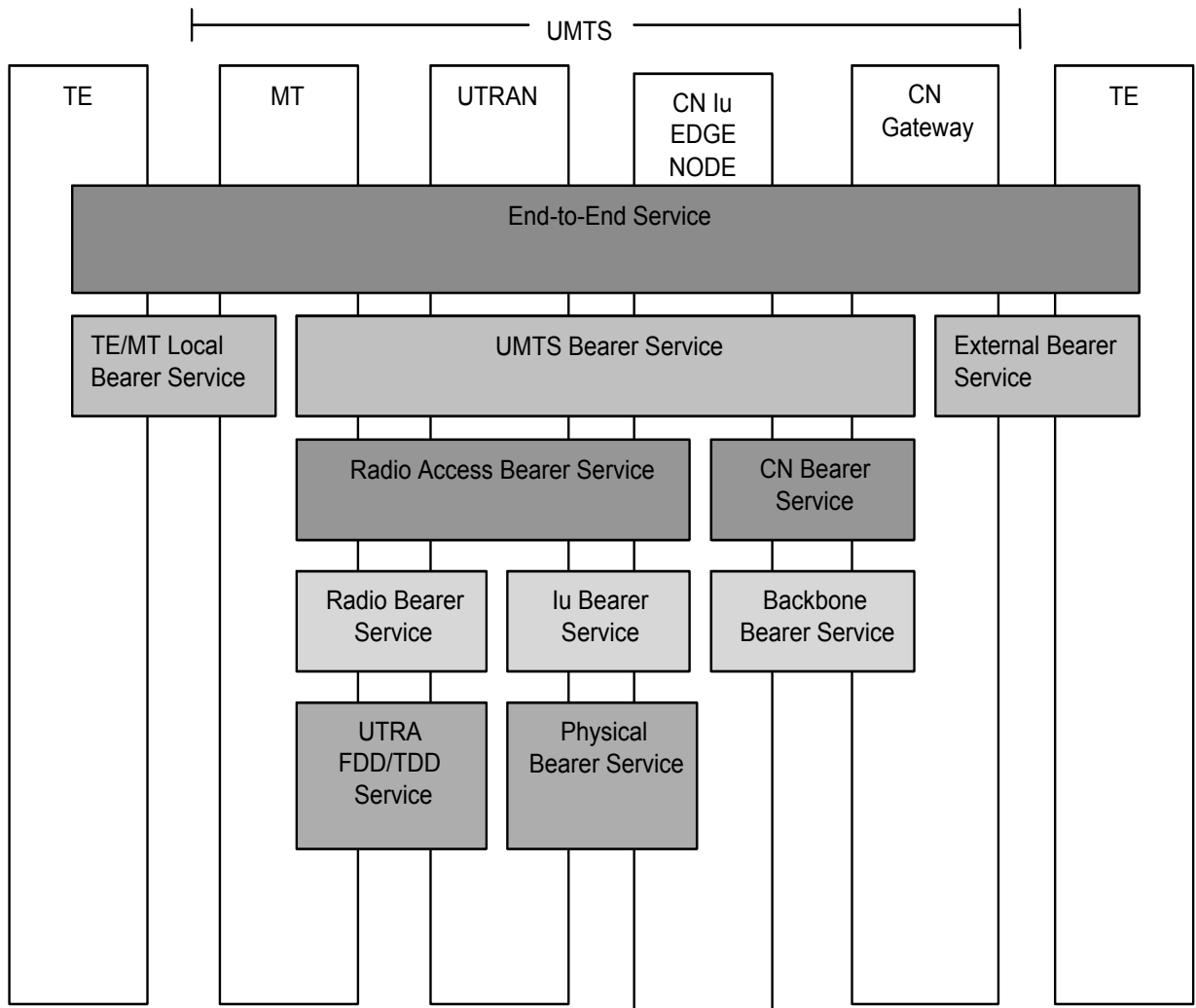


Figure.1: UMTS QoS Architecture [1]

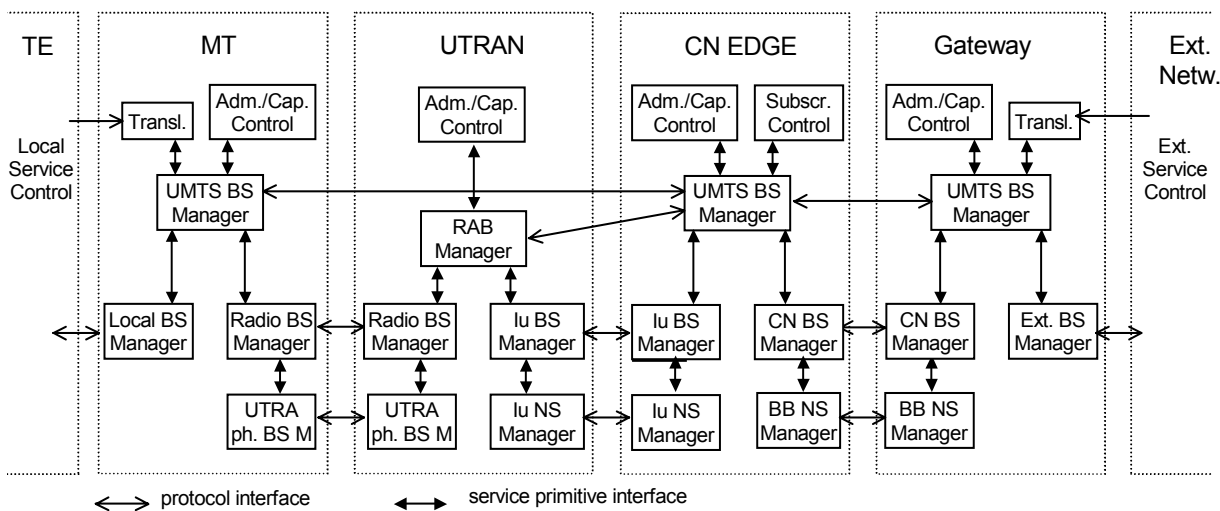


Figure 2: QoS Management function for UMTS bearer service in control plane [1]

2.1 Different level QoS overview in UMTS

UMTS 品質服務在設計初採取一個階層式的架構，如 Figure1，藉由階層架構的設計來提供彈性化的 QoS 服務，以下是整個架構的簡短說明：

在 UMTS 的網路中，每一階層的 bearer service 都會負責專屬的 QoS 品質服務。UMTS 的控制信號會依據應用程式所需要的點對點 QoS 需求來建立合適的 bearer。一旦一個適當的 bearer 被建立起來，使用者資料的傳輸及 QoS 品質服務的管理功將能提供真正的 bearer service 支援。

在階層式架構的模型中，(TE) 例如筆記型電腦，PDA 或行動電話 (MT) 藉由 UTRAN 來連接 UMTS 的網路。每一個終端設備 (TE) 使用一個 local bearer service 來與 MT 溝通，而這個 local bearer service 可以由一種支援 QoS 的 API 來完成[8]。

UMTS bearer service 是由系統服務者所提供，它提供在整個 UMTS 的內部網路中 QoS 品質服務的功能，並且與外部的網路作相互的連結。

External bearer service 則是在 UMTS 網路外的環境中提供 QoS 品質服務，可以採用現有 IETF 所提出之 Differentiated Services, RSVP-based service 或是採用其他 QoS 方法，並且能夠與 UMTS bearer service 之間相互連接。

UMTS bearer service 包含了 Radio Access bearer service 和 core network bearer service。而 radio access bearer service 又包含 radio bearer service 和 Iu bearer service。Radio bearer service 的角色主要是負責無線電介面傳輸的相關細節。Iu bearer service 則是負責提供 UTRAN 與 CN 之間的傳輸，並且對不同類型的封包提供不同等級的 QoS 品質服務。CN bearer service 則是使用一般的骨幹網路服務 (backbone network service) 技術，在 UMTS 的這個部分並沒有詳細的規範，所以可能使用現有的業界標準技術，例如，ATM。另外，CN bearer service 主要是負責 CN EDGE 與 Gateway 之間的傳輸服務，使用 UDP/IP 的格式來傳輸資料。

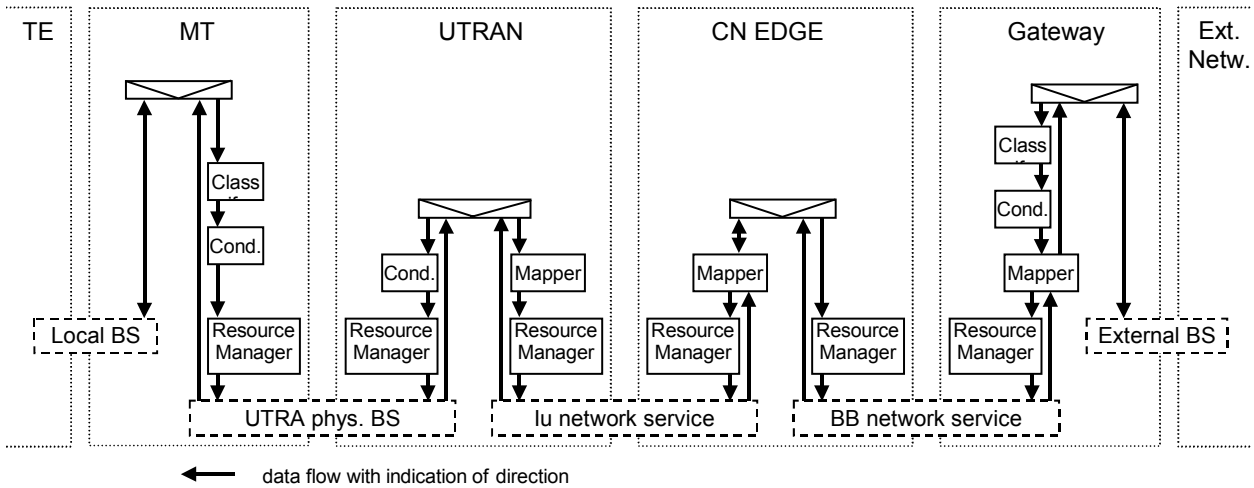


Figure 3: QoS management functions for UMTS bearer service in user plane [1]

2.2 UMTS QoS Management Functions

這個段落主要是詳細地介紹 UMTS 中 QoS 管理功能，說明在建立、修改和維持 UMTS QoS 服務時，各個 Bearer Service 之間的關係及內容。

2.2.1 Functions for UMTS bearer service in control plane

在控制方面的 QoS 管理功能主要是藉由信號溝通來建立並且維持 UMTS bearer service，Figure 2.說明了其中組成的元件和彼此的關係及所在的位置，元件的簡單說明如下：

Admission Control：這個模組主要的功能在於維持有關頻寬資源的獲得及配置的相關資訊，並且在當使用者提出頻寬保留要求時，決定是否給予頻寬資源的保留配置。在 CN EDGE 中的 admission control model 主要是負責對使用者所提出的 PDP context 和 QoS 參數值做最後的接受或拒絕的決定。

Translation：主要的功能是将外部的信號轉換成內部的信號，並且將它們轉送至下一層的 BS management，其中還包含了傳輸相關參數屬性的轉換。

Bearer Service Manager：BS manager 的主要功能是協調控制信號以建立，修改，並且維持所要求的 QoS 品質服務。每一個 BS manager 都是一個包含著多個物件管理者（component managers）的組合體，而這些物件管理者（component managers）各自管理著自己所屬的功能，例如，UMTS, radio, Iu, and CN BS manager。

另外有一些 BS manager 則會負責 QoS 品質服務參數數值的轉換。最後，在提供 QoS 品質服務之前，每一個 BS manager 可能會與 admission control entity 相互溝通。溝通的目的在於判斷使用者所要求的頻寬資源是否可獲得。

Subscription Control：它的功能在於讓 CN EDGE 的 BS manager 透過它來做確認，以決定是否有使用網路 QoS 服務的使用權。

2.2.2 Functions for UMTS bearer service in user plane

在使用者方面上的 QoS 管理功能主要是依據 QoS 的要求來傳輸使用者資料，Figure 3.說明了其中組成的元件和彼此的關係及所在的位置，元件的簡單說明如下：

Classifier : Classifier 主要的功能是依據使用者 QoS 品質服務的需求來分類並且指派封包;例如,依據 DiffServ 的 DSCP 或 TCP port number 來給予不同等級的品質服務。Classifier 分別存在於 MT 及 Gateway 中,各自負責指派並且分配來自 local bearer service 和 external bearer service 的封包。

Conditioner:Conditioner 的角色是一個監督者,隨時監看資料傳輸的狀態,檢查資料是否符合所給予的 QoS 等級,如果不符合的話就丟棄或是重新給予標記。Conditioner 藉由塑型 (traffic shaping) 或政策管理 (traffic policing) 來達成這個控制的目標。

Mapper : Mapper 主要功能是的依據 QoS 品質服務的要求給予每一個資料單元特殊的 QoS 品質服務的標記。

Resource manager : 資源管理者 (Resource manager) 的主要功能是負責管理使用者所需的頻寬資源的存取。因此,資源管理者需要對 QoS 品質服務的參數提供支援。並且,它可以藉由排程 (scheduling), 頻寬管理,或無線電電源的控制來達成上述的這些目標。

3. Qos Traffic classes & Attributes

在 UMTS 的架構中,traffic 被分為四種不同的類型。這四個不同的 traffic 是依據個別的延遲 (delay)、(bit rate)、(bit error rate)、處理的優先等級 (handing priority) 的特性來作分類。表 1 說明了這四個 traffic 類型的基本特性,表 2 則是這四個 traffic 類型相關參數的數值。

這四種 traffic 類型分別敘述如下:

交談式類別 (Conversational class): 交談式類別主要設計為了具有交談性質的及時性應用程式,例如,影像電話。它可以利用類似 ATM 的固定位元速率 (Constant Bit Rate

service) 的服務,提供使用者擁有永久固定的頻寬資源。

串流式類別 (Streaming class): 串流式類別主要設計為了串流性質的多媒體應用程式 [16], 例如,觀賞線上電影、節目。對串流式類別而言,某些程度的延遲是可以忍受的,因為在應用程式中具有一些暫存的空間,並且允許較高的延遲率。而串流式類別的傳輸模式如同 ATM 中的變動位元速率 (Variable Bit Rate service) 的服務。

互動式類別 (Interactive class): 互動式類別主要設計為了某些需要有一定程度的輸出率 (throughput) 的應用程式,例如,電子商務 (E-commerce), ERP(Enterprise Resource Planing), 互動式網頁等。在互動式類別中,資料傳輸的優先性被視為是相當重要的。

背景式類別 (Background class): 背景式類別主要設計為了傳統無優先等級之分的資料,例如,日常的電子郵件,例行的應用程式 (calendar application) 等等。而屬於背景式類別的這些資料在四個等級中是最低優先的,就是所謂傳統的盡力傳輸 (Best Effort), 也就是說當壅塞發生這類型的資料,將會最後被傳輸到網路上,並且最先把丟棄。

在 3GPP 的規格中[1-2]各自定義了這四個 traffic 類型的參數,這些參數所代表的意義大部分都可以從字面上得到解釋,除了 SDU format information 及 Maximum SDU size。Maximum SDU size 是指一個服務資料單元 (Service Data Units) 的大小,而它的功能主要是用來作存取控制 (admission control) 及政策管理(policing)。SDU format information 則是指可能的應用程式的服務資料單元的大小。它的功能主要是讓應用程式可以精確的定義它所要使用的資料單元大小,而這麼做是因為在手機與基地台的無線傳輸中,無線頻道控制站需要瞭解 SDU size information 這樣才能執行 QoS, 並且對無線頻道做有效率的利用。另

外，SDU error ratio、Residual bit error ratio 和 Delivery of erroneous SDUs 這些參數都會大大的影響無線頻道的使用及相關的參數值。

Conversational class vs. Streaming class

交談式類別與串流式類別之間的參數大部分都相同，大部分的參數它們兩個都具有，除了資料處理的優先順序 (Traffic handling priority) 外，這是因為它們兩個種類所傳輸的資料類型大部分都是語音相關的資料。而這兩類之間的主要差別在於傳輸的延遲 (Transfer delay)、(Residual BER)、(SDU error ratio) 的參數值不同，其中 SDU error ratio 在交談式類別中最大允許到 10^{-2} ，而在串流式類別中可允許到 10^{-1} ，這是因為在交談式類別所允許的最大延遲時間為 100ms，串流式類別所允許的最大延遲時間為 250ms，串流式類別具有較長的時間來作重傳的動作，所以允許擁有較大的錯誤率，其它詳細的差異數值可參考 Table 3。舉例來說，一個 AMR Speech codec payload 所需要的 Bit rate 大概是 4,75-12,2 kbit/s，所要求

的 Delay 不能超過 100ms，BER (bit error rate) 可以有兩種， 10^{-4} 及 10^{-3} ，但是對某些語音的應用程式而言，一個較高的錯誤率 (10^{-2}) 也是可以接受的。對一個 MPEG-4 video payload 來說，Bit rate 是可變動的，平均的範圍大概是 24-128 kbit/s 之間，或者是更高，而點對點之間的延遲時間大概是 150-400 ms，但是大部分的 video codec 的延遲都要小於 200 ms，BER 則可以是 10^{-6} (完全沒有品質的影響)， 10^{-5} (一點點品質的影響)， 10^{-4} (較差的品質)，依照使用者所想要的品質來選擇適合的 BER。

Interactive class vs. Background class

至於互動式類別與背景式類別之間的參數大部分也是相同，兩者之間的差異主要在於資料處理的優先順序，互動式類別具有優先處理的特性，而背景式類別只有所謂的盡力 (Best Effort) 傳輸的性質。

Table 1: UMTS QoS classes [1]

| Traffic class | Conversational class conversational RT | Streaming class Streaming RT | Interactive class Interactive best effort | Background Background best effort |
|-----------------------------|---|---|--|---|
| Fundamental characteristics | Preserve time relation (variation) between information entities of the stream Conversational pattern (stringent and low delay) | Preserve time relation (variation) between information entities of the stream | Request response pattern Preserve payload content | Destination is not expecting the data within a certain time Preserve payload content |
| Example of the application | Voice | streaming video | Web browsing | background download of emails |

Table 2: UMTS bearer attributes defined for each bearer traffic class [1]

| Traffic class | Conversational class | Streaming class | Interactive class | Background class |
|------------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| SDU format information | O | O | X | X |
| Transfer delay | O | O | X | X |
| Guaranteed bit rate | O | O | X | X |
| Traffic handling priority | X | X | O | X |
| Source statistics descriptor | O | O | X | X |

Conversational class & Streaming class vs. Interactive class & Background class

另外，前兩的類別與後兩的類別的差異在於 (SDU format information)、(Transfer delay)、(Guaranteed bit rate)、(Traffic hand priority)、(Source statistics descriptor)。因為後兩類大部分都是屬於 data 的形式，所以並沒有嚴格的要求傳輸的延遲時間並且不給予保

證的傳輸速率。

其中 (Source statistics descriptor) 是指在 SDU 的傳輸中是否有給予特殊的來源資料訊息，例如：語音的交談，因為語音的特性已經被廣泛的瞭解，所以如果 UTRAN 知道這是一個語音的資料，那麼它就可以依照它舊有的經驗來對這類型的資料作存取控制的處理。

Table 3: UMTS Bearer Service Attributes [1]

| Traffic class | Conversational class | Streaming class | Interactive class | Background class |
|-------------------------------|--|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Maximum bitrate (kbps) | < 2 048 (1) (2) | < 2 048 (1) (2) | < 2 048 - overhead (2) (3) | < 2 048 – overhead (2) (3) |
| Delivery order | Yes/No | Yes/No | Yes/No | Yes/No |
| Maximum SDU size (octets) | <=1 500 or 1 502 (4) | <=1 500 or 1 502 (4) | <=1 500 or 1 502 (4) | <=1 500 or 1 502 (4) |
| SDU format information | (5) | (5) | | |
| Delivery of erroneous SDUs | Yes/No/- (6) | Yes/No/- (6) | Yes/No/- (6) | Yes/No/- (6) |
| Residual BER | $5*10^{-2}, 10^{-2}, 5*10^{-3}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-6}$ | $5*10^{-2}, 10^{-2}, 5*10^{-3}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$ | $4*10^{-3}, 10^{-5}, 6*10^{-8}$ (7) | $4*10^{-3}, 10^{-5}, 6*10^{-8}$ (7) |
| SDU error ratio | $10^{-2}, 7*10^{-3}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$ | $10^{-1}, 10^{-2}, 7*10^{-3}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$ | $10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-6}$ | $10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-6}$ |
| Transfer delay (ms) | 100 – maximum value | 250 – maximum value | | |
| Guaranteed bit rate (kbps) | < 2 048 (1) (2) | < 2 048 (1) (2) | | |
| Traffic handling | | | 1,2,3 (8) | |
| Allocation/Retention priority | 1,2,3 (8) | 1,2,3 (8) | 1,2,3 (8) | 1,2,3 (8) |

Table 4: QoS functions and Challenges

| | 所需要的功能 | 現有的問題 |
|------------------|--|--|
| MT/TE | 將應用程式所需要的 QoS 需求，對應到 UMTS 的 QoS 參數 | QoS-aware resource management Power consume. |
| UTRAN | BS: 將無線存取所使用的 QoS 參數對應成 IP 封包格式的 QoS 參數，例如 TOS (Type of Service) RNC: 負責無線頻道資源的分配管理，及幫每一通電話分配所需要的頻寬，負責 RNC 與 CN 之間 tunnel 的建立及管理。 | IP Diffserv, Header overhead compression, fragmentation, Resource management Various queuing mechanisms such as WFQ, CBQ. [4-6] |
| CoreNetwork (CN) | EdgeNode: 負責 CN 內的資源管理，及幫每一通電話分配所需要的 CN 內中頻寬，負責與 RNC 及 GGSN 之間 tunnel 的建立及管理。 Gateway: 負責存取控制，重新標記，監督並且計量從外部的網路到 CN 之間的資料，標記從 CN 到外部網路的資料，服務層級協定 (Service Level Agreement) 的管理。 | QoS in ATM QoS in IP Backbone [7][12-13][17] |

4. 品質服務所面臨的挑戰

目前第三代行動網路在 QoS 方面的挑戰如 Table 4.所列，相關的問題簡單說明如下：

MT/TE 方面：這個方面主要是手機軟硬體的問題，硬體大部分是無線頻率及電源控制的問題，例如：如何增快手機射頻、減少發熱和降低電源消耗，執行 QoS 的功能意味著會花費更多的電源，電池所提供的電力有限，如何在電源消耗及 QoS 的執行上取得平衡也是一大問題，而軟體的問題則為應用程式的開發，應用程式必須具備 QoS-aware 的功能，或是有一個中繼軟體來作為與無線頻道控制機制之間的溝通，而應用程式該如何有效率的控制 QoS 所需的無線頻道是目前比較需要克服的問題。

UTRAN 方面：因為從 CN 到 UTRAN 之間，線路的傳輸速度會有明顯的降低，這個部分是最主要的瓶頸位置所在，所以特別要考慮頻寬管理的問題，如此才能提供良好的 QoS 機制。在 UTRAN 方面的考慮的其中包括無線電頻道相關的問題，以現有的 GPRS 來說明，在 GPRS 中定義了四種編碼方式，如果使用者要求使用較高品質的服務，那麼編碼方式就會有所限制，如此一來傳輸速率就會減慢。另外還有 IP 封包標頭負載過大的問題，IP 封包標頭負載過大導致傳輸效率低落，IP 標頭問題可以藉由標頭壓縮或切割的方法來解決，另外在與 CN 連接的網路中因為也是使用固定線路，所以可以將 CN 的 QoS 邊界延伸到基地台上，或是基地台控制站，另外有關資源管理的控制，可以利用不同類型的佇列 (queuing) 方法，來達成控制的目的。例如，CBQ、WFQ。另外也可以採用存取控制的機制來達成頻寬控制的目的，但是要如何衡量一個良好的基準點也是一個問題。

CoreNetwork (CN) 方面：因為 CN 是利用固定的線路，而以現在 3G 網路可能採用的

傳輸模式是 ATM 或 IP Backbone，如果採用 ATM 傳輸的話，因為 ATM 中的 QoS 機制已經定義的相當完備，所以只要能解決 3G QoS 與 ATM QoS 之間的互連問題後，則 3G QoS 的問題則可以解決。另外，現有的 3G 系統中如果想要以 All-IP [3][15]的架構來實行的話，則可能以 IP over ATM 這種模式來運作，這樣可能會增加網路管理的複雜度，造成管理的負擔，並且會使得營運的成本大大的提高。

如果採用 IP Backbone 模式的話，雖然現在建構 IP Backbone 的花費比建構 ATM 網路少，但是卻有 QoS 的問題。IETF 現在已經提出的 IP Backbone QoS 解決方法主要有幾種，Integrated Service(IntServ), Differentiated service(Diffserv), Multiprotocol label switch (MPLS). InterServ 主要是以頻寬保留的方式來達成 QoS 的目的，但是現階段 InterServ 已經被發現有擴充性問題，所以並沒有大規模的使用，大部分都是在小區域的環境中使用，未來可能會採用 Semi-Reservation 的方式[13]，以減輕頻寬浪費的問題。DiffServ 是將封包分類，並且給予優先等級的方式來提供 QoS 服務，DiffServ 雖然沒有擴充性問題，但是卻無法提供確定的 QoS 保證，使用者無法清楚的瞭解 QoS 的服務是否達成。接著則有混合式的架構被提出來，在這個架構中，具有 InterServ 功能的周邊網路由具有 DiffServ 功能的核心網路連結起來，以同時融合兩個架構的優缺點來提供 QoS 的服務。而 MPLS 最大的優點是擴充性強，非常適用於大型網路，其具有擴充性的好處主要是將複雜的路由處理程序，從網路的中心點移至邊緣節點，以減輕路由器的負擔。

另外，所謂 QoS 是強調點對點的服務，如果以 3G 的網路連接上 Internet，這時則需要與非 3G 的網路相連接，如何達到點對點的 QoS 服務呢？如果以 gateway 做轉換，是否會增加 gateway 的負擔並且造成網路傳輸速度的減

緩，進而造成整個網路的效率不彰，並且現在市場上已經有所謂的頻寬管理器出現，如果直接拿來使用，這樣的 QoS 方法是否可行？如果真的考慮到使用 VoIP，那麼額外增加的延遲又該如何解決，這些都是目前所要面臨的問題。

5. 結語

本篇介紹第三代行動網路中 QoS 的概念及架構 (3GPP) [1]，並且討論現階段在執行 QoS 可能遭遇到的問題，這些問題分別有手機的設計、無線頻寬的使用率、核心網路的選擇、3G 內部 QoS 與外界之間的互連關係等等。隨著用戶數量的增加，QoS 的議題更顯得重要，一來是確保重要資料得以及時傳遞，避免被不重要的資料延遲，二來也可以有效率的使用頻寬。雖然現階段的 QoS 機制還沒有明確的完成，且實行 QoS 也有很大的困難，但是不管在 3GPP、3GPP2 或是 IETF 都有大量的人員持續在研究中，相信未來在 QoS 的問題一定能夠得到充分的解決。

參考文獻

- [1] 3rd Generation Partnership Project, “QoS Concept and Architecture (Release 5)”, TS 23.107, v5.1.0, 2001-06.
- [2] 3rd Generation Partnership Project, “End to End QoS Concept and Architecture (Release 5)”, TS 23.207, v5.0.0, 2001-06.
- [3] Bos, B. and Leroy, S. “Toward an All-IP-Based UMTS System Architecture”, IEEE Network, pp.36-45, January/February 2001.
- [4] Dimitriou, N.; Tafazolli, R. “Resource management issues for UMTS”, 3G Mobile Communication Technologies, 2000. First International Conference on (Conf. Publ. No. 471), pp.401-405, 2000.
- [5] Dixit, S.; Yile Guo; Antoniou, Z. “Resource management and quality of service in third generation wireless networks”, IEEE Communications Magazine, Volume: 39 Issue: 2, pp. 125-133, 2001.
- [6] Dimitriou, N.; Tafazolli, R.; Sfikas, G. “Quality of service for multimedia CDMA”, IEEE Communications Magazine, Volume: 38 Issue: 7, pp. 88-94, 2000.
- [7] Garg, V.K.; Yu, O.T.W. “Integrated QoS support in 3G UMTS networks”, IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC., pp. 1187-1192 vol.3, 2000.
- [8] Gronbaek, I, “IP QoS bearer service elements for the converging fixed and mobile 3G.IP network”, Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2000 PIMRC 2000, The 11th IEEE International Symposium, Volume. 1, pp.19-23, 2000.
- [9] Imbeni, D.; Karlsson, M. “Quality of service management for mixed services in WCDMA”, Vehicular Technology Conference, 2000. IEEE VTS Fall VTC 2000. 52nd, Volume: 2, pp.565-572 vol.2, 2000.
- [10] Kalliokulju, J. “Quality of service management functions in 3rd generation mobile telecommunication networks”, IEEE Wireless Communications and Networking Conference, 1999. WCNC,

- pp. 1283 -1287 vol.3, 1999.
- [11] Koh, T.; Levenson, S.; Walton, T. “End to End QoS Considerations for UMTS”, IEEE Emerging Technologies Symposium: Broadband, Wireless Internet Access, pp.1-5, 2000.
 - [12] Koodli, R. and Puuskari, M. “Supporting Packet-Data QoS in Next-Generation Cellular Networks”, IEEE Communications Magazine, pp.180-188, February 2001.
 - [13] Kuo, G.S.; Mishra, A.; Prasad, R. “QoS and Resource Allocation in the 3rd Generation Wireless Networks”, IEEE Communications Magazine, pp.115, February 2001.
 - [14] Lin, Y.B. and Chlamtac, I. “Wireless and Mobile Network Architecture”, John Wiley & Sons, 2001.
 - [15] S Uskela, “All IP Architectures for Cellular Networks”, 3G Mobile Communication Technologies, pp.180-184, March 2001.
 - [16] Schonfeld, W.; Steinmetz, R.; Berier, N.; Wolf, L. “QoS in mobile multimedia networks”, Communication Technology Proceedings, 2000. WCC - ICCT 2000. International Conference on , Volume: 1, PP.791-796 vol.1, 2000.
 - [17] Venken, K.; Vleeschauwer, D.DE.and Vriendt, J.DE. “Designing a Diffserv-capable IP-Backbone for the UTRAN”, 3G Mobile Communication Technologies, Second International Conference, pp.47-52,26-28 March 2001.