



# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## MPEG 多媒體傳輸網路機制、協定及模擬測試環境的分析設計

### Design and Analysis of MPEG Multimedia Transport Mechanisms, Protocols, and Network Simulator

計畫編號：NSC 92-2219-E-009-006

執行期限：92 年 8 月 1 日至 93 年 7 月 31 日

主持人：蔡淳仁 國立交通大學資訊工程系

計畫參與人員：何健鵬、陳京何、曾建堂、游雅惠 國立交通大學資訊工程系

#### 一、中文摘要

目前最受廣泛使用的多媒體傳輸系統平台包括 Microsoft 的 Media Platform 和 RealNetwork 的 Helix Platform。但是這兩種系統所採用的主要核心技術均非公開的國際標準。目前有許多國際組織都在致力於製定公開標準技術的多媒體傳輸服務。其中，進行最積極的包括 3G 的標準制訂單位 3GPP 和互聯網的多媒體串流服務標準制訂組織 ISMA。另外，MPEG 也正在製訂一個通用的多媒體傳輸架構 MPEG-21。MPEG-21 的標準和 3GPP 及 ISMA 所製訂的標準主要差異在於後二者的標準是針對特定的網路架構和客戶端功能而設計，因而在實作上的技術大抵已有定案。而 MPEG-21 則採取較高層、較抽象的架構設計。如何將 MPEG-21 的概念實現則仍是一個十分有潛力的研究題目。另外 MPEG-21 試圖涵蓋的技術範圍也比較大。本計畫的主要目的在研究及設計在 MPEG-21 的架構下適用於 MPEG 多媒體數位內容的封包交換式網路傳輸機制、協定、及模擬測試環境。

**關鍵詞：**MPEG-4、MPEG-21、多媒體串流傳輸、封包交換式網路多媒體通訊、數位內容傳輸、多媒體網路模擬

#### Abstract

Today, the most popular multimedia distribution platforms are Microsoft Media Platform and RealNetwork Helix Platform.

However, these two systems are based on proprietary core technology, instead of open standards. There are many international organizations working on the standardization of multimedia communication services. Among which, the most successful organizations are the 3G mobile standards committee 3GPP and the Internet Multimedia Streaming Alliance (ISMA). In addition, MPEG is also defining a universal multimedia access infrastructure, MPEG-21. MPEG-21 is very different from those standards defined by 3GPP and ISMA in that it uses a very abstract approach, instead of addressing a specific network systems and a class of clients. Both 3GPP and ISMA streaming services standards have finalized the implementation details, while there are still many open issues for MPEG-21. Furthermore, MPEG tries to address a much broader scope than those defined by 3GPP and ISMA. The goal of this project is to study and design MPEG multimedia digital content transport mechanisms, protocols, and a simulation test environment for packet-switched networks under the scope of MPEG-21.

**Keywords:** MPEG-4, MPEG-21, multimedia streaming, packet-switched network multimedia communications, digital content transport, multimedia network simulation

## 二、緣由與目的

一個完整的分散式數位多媒體系統含蓋的範圍極廣，包括數位內容的製作、數位資料庫的建立、使用者收費機制、智財權保護機制、媒體傳輸伺服器、應用服務介面，和媒體接收播放器的設計等等。為了能有一個統一的國際標準能達到建構互通的分散式多媒體系統的目的，MPEG 國際標準組織在西元 2001 年開始製訂一個新的國際標準：MPEG-21。

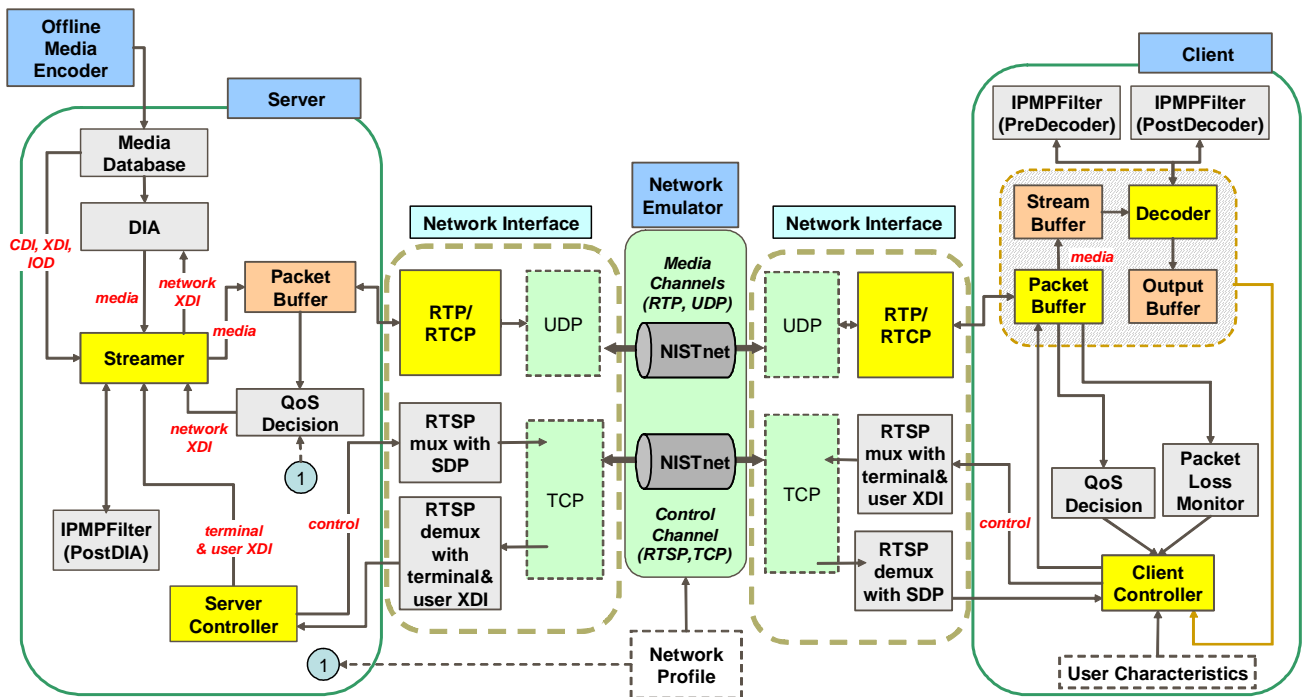
由於整個系統的重點在於能橫跨不同的網路架構和在不同的客戶端設備上（PC、手機、PDA 等等）提供一致而且最高品質的多媒體傳輸播放服務，因此傳輸系統的設計必須能動態的根據不同的平台調整。簡言之，一個數位多媒體傳輸系統的架構必需包含流量控制和容錯機制。另外，依據客戶端的能力來調整媒體資料流品質的能力也是十分重要的。本計畫的主要目的在研究以 MPEG 的多媒體 codecs 及 IETF 的通訊傳輸協定為核心的系統在不同的網路之下的流量控制和容錯機制。

另外，本計畫也會發展一個完整的多媒體 IP 網路測試模擬環境以提供多媒體應用系統進行效能分析。這樣的網路模擬器，對於多媒體傳輸系統的設計，具有極高的價值。特別是多媒體通訊協訂，必須能有相當的強韌性，以對付一個不可靠的通訊管道所有可能產生的資料誤失。在發展系統的過程中，一個可控制的完整的通訊網路模擬器，將可幫助鎖定需要加強的部份。另外，也可以有利於改進現有的通訊協訂，以及幫助分析多媒體網路一些參數的調整對整個傳輸系統設計會產生的影響。

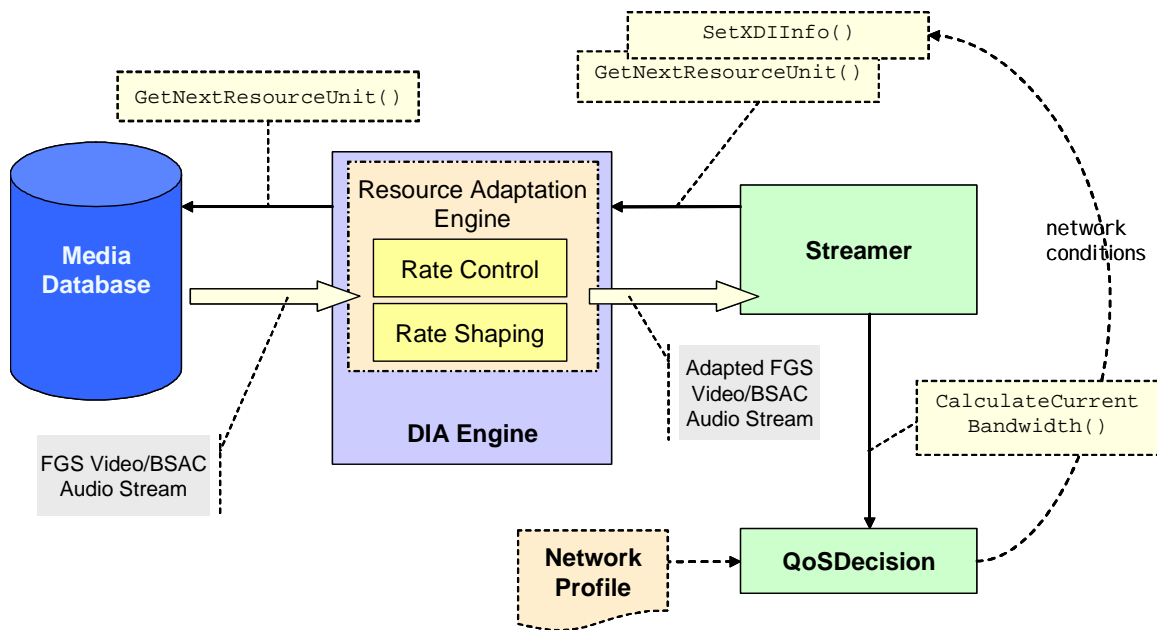
## 三、結果與討論

本計畫主要的重點之一在於制定 MPEG-21 的多媒體傳輸共通測試平台。目前此平台標準已經成為 Committee Draft (CD)，在短期內就會成為國際標準[1]。在這個整合計畫下，總計畫團隊為 MPEG 所設計的開放原始碼包含了完整的可調式媒體伺服器、網路模擬器、及媒體播放器。詳細的架構請參考[1]（附件一）中只針對系統的設計作大略的介紹。

首先，我們設計的 MPEG-21 的多媒



圖一、ISO/IEC TR21000-12 的多媒體傳輸共通測試平台的架構



圖二、媒體調適引擎

體傳輸共通測試平台的架構如圖一。其中包含以下主要元件：

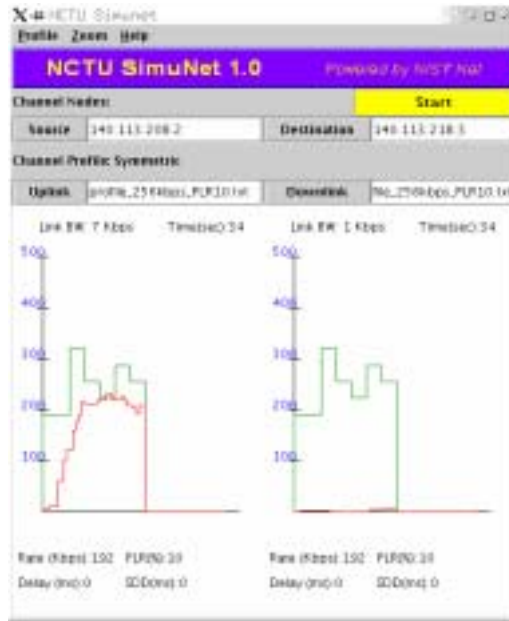
1. 多媒體伺服器。目前媒體伺服器可以支援 MPEG-4 ASP 和 FGS 的 video 及 BSAC 的 audio。整個媒體伺服器又可以分成五個子模組。首先是伺服器控制模組 (Server Controller)，這是用來負責 ISMA [15] 相容的 RTSP [8] 控制協定的機制。其次是串流傳輸模組 (Streamer)，根據網路狀況的好壞，串流傳輸模組會估算出要從原始媒體資料中抽取出多少流量的資料，並呼叫數位內容調適模組(DIA)，最後將 DIA 模組傳回的資料加以切成封包，並在適當的時機傳到網路上。最後，在媒體伺服器中負責估算網路狀況的好壞的是服務品質評估模組(QoS Decision)。服務品質評估模組除了可以支援真正的網路偵

測演算法外，還可以透過後門和網路模擬器溝通，以進行演算法的驗證和測試。最後，在媒體伺服器中還有一個媒體資料庫模組，可以提供多媒體資料的索引支援。不過，目前這部份只是利用簡單的樹狀檔案結構來根據檔名做索引。一個可調式媒體伺服器的核心，就在於媒體調適引擎，這部份我們的設計如圖二。

2. 多媒體播放器。這個程式包含了以下幾個模組。首先是媒體解壓縮模組，目前這部份和媒體伺服器一樣，可以支援 MPEG-4 ASP 和 FGS 的 video 及 BSAC 的 audio。其次是傳輸協訂控制模組(Client Controller)，這是用來負責 ISMA 客戶端相容的 RTSP 控制協定的機制。第三個模組是封包接收狀況監視器(Packet Loss Monitor)。這個模組負責

```
# You can have as many lines of comments as you wish.
#
# Time(sec) PLR(%) Bandwidth(bps) Delay(ms) SDD Network_Buffer_Size
0 0 100000 20 0 80
5 2 70000 10 0 80
10 1 90000 10 0 80
15 3 110000 10 0 80
```

圖三、網路模擬控制檔



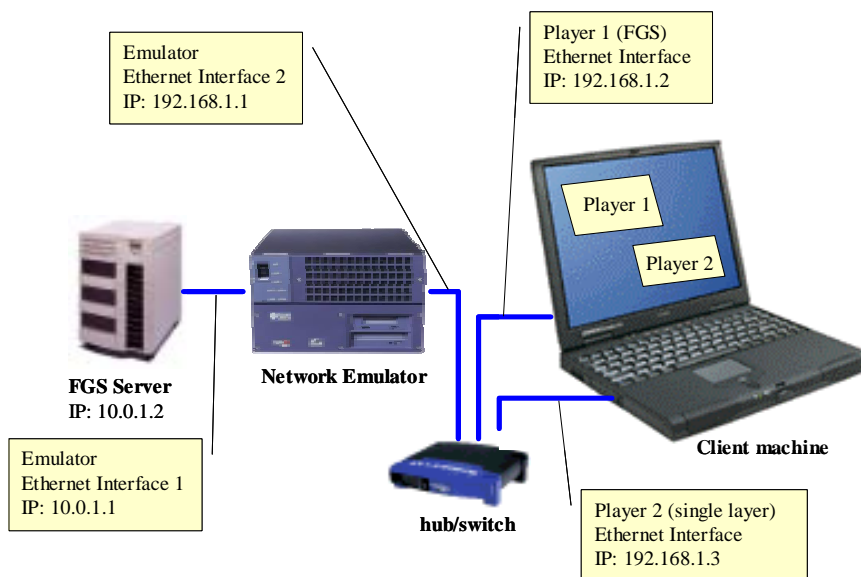
圖四、網路模擬界面

計算封包接收狀況的統計資料，以通知媒體伺服器進行適當的媒體調適。最後在媒體播放器裏也有一個服務品質評估模組(QoS Decision)，這是為了支援客戶端主導的流量控制機制。

3. 網路模擬器。這是一個在 Linux 下執行的網路模擬器(emulator)。我們是以由美國標準局所發展的 NIST Net [16] 為核心，為它加上一個以 Java 設計的使用者界面。在設定好模擬器後，它會根據一個控制檔(如圖三)來設定網路狀況，並隨時畫出實際網路流量(圖四)。

整個 MPEG-21 的多媒體傳輸共通測試平台架設的狀況如圖五。

本計畫的另一個重點是流量控制和容錯機制的設計。在這方面，為配合 MPEG-21 Scalable Video Codec 的標準制定及 MPEG-21 Digital Item Adaptation 的理念，我們進行了碼率失真最佳化(rate-distortion optimized)可調式串流傳輸機制的設計。目前在這方面較知名的是由 P. A. Chou 等人發展的系統[2]，不過這套方法目前發表的成果以理論分析為主，在實作上有很多細節並沒有提出解決方



圖五、MPEG-21 多媒體傳輸共通測試平台

案，而且在頻寬變化大的網路環境下，串流傳輸最難達到的平滑播放要求也沒有考量。

在可調式位元串流傳輸中，影像資料可以分成好幾次傳送，每次的傳送都可以幫助解碼端得到更接近於原影像資料的重建訊號，因此可調式位元串流的調適 (scalable bitstream adaptation) 設計必須考慮到如下幾點：必須支援多樣化的更新運作 (update operations) 以產生有效可解碼的串流、將資料刪除時不能違反解碼相關性 (decoding dependencies) 的原則、允許在各個次元 (dimensions) 的可調性、對於媒體的特性 (如：碼率、失真率、frame rate、frame size... 等) 必須提供所有可能的可調適性、針對不同的調適單元 (adaptation units) 可能必須設計不同的調適決策、對於網路服務品質 (quality of service, QoS) 設計所有可能的調適方法。媒體資源的傳遞和調適在可調適的地點 (location of adaptation) 我們可以分成：傳送端驅動調適 (sender-driven adaptation)、接收端驅動調適 (receiver-driven adaptation)、網路驅動調適 (network-driven adaptation) 等三個不同的類別來考量。而對於可調式位元串流系統，可以把視訊資料分成一個基礎層和一個或多個加強層，解碼器可以選擇只解碼基礎層以獲得較低品質的重建訊號，或再加上一些加強層以獲得較高品質的重建訊號。

本計畫針對以下傳輸模組進行設計以達到最佳的全維度可調式媒體動態傳輸的效能：

1. 媒體封包相依性控制：媒體封包相依控制 (packet dependency control) 的設計目標是針對提供較高的錯誤抵抗能力 (higher error-resilience) 和消除影像封包的重傳 (retransmission) 需求。典型的多媒體串流在影像封包之間具有強烈的相依關係，如果其中一個影像封包在傳送過程中丟失，則與這個封包有相依關係且跟隨在後的 frames 在解碼時將可能會受到影響。網路調適性的媒體封包相依控制模組可以用來改善可調式多媒體串流的錯誤抵抗能力和減少延遲 (latency)，在此，可以運用一個樹狀的模型來記錄通道的封包丟失率

(channel loss rate) 和錯誤傳遞 (error propagation) 以達成有效的控制機制。

2. 碼率最佳化傳輸控制：這部份的設計是針對 [2] 的方法進行改良。一個多媒體封包傳送的率碼失真最佳化控制架構必需在資料單元群組之間利用解出 Lagrangian cost function of expected rate and distortion 的最小值來有效率的分配時間和頻寬的網路資源。在率碼失真最佳化控制的多媒體串流系統中，決定那些封包在每個可傳送機會是否應該被試著傳遞到客戶端是依據此一封包的截止期限、傳送過程的歷史記錄、通道的統計資料、回饋的資訊、封包間的相依性和如果封包可以在接收端正常解碼之每一封包可以減少的失真度來一起進行評估。
3. 傳輸系統驅動的媒體播放速度控制：在媒體傳輸時封包與封包之間的到達時間是隨機的，或者封包的到達時間雖然是有固定的時間但卻跟隨著連續隨機錯誤 (random errors bursts)。動態媒體播放 (adaptive media playout) 允許我們在媒體 frames 的傳送期間獨立分開的去調整播放的速度，並因而給我們在到達解碼端的截止期限 (arrival deadlines) 之前可設計一些控制機制，例如，以較慢的速度播放這個 frame，並延長這個 frame 後續 frames 的到達截止期限，針對影像而言，frame 週期的調整可以簡單的設計成調整每個 frame 的時間週期，另針對聲音而言，將音訊號處理的過程與時間軸的刻度連結以維持訊號的品質。因此，動態媒體播放技術能被用在多媒體串流系統以減少用戶端受到延遲的影響，用戶端的緩衝器可以用來對抗隨機的封包遺失和延遲，但如果使用較大容量的緩衝器雖可以吸收掉較大的頻寬變動，但也會在客戶端造成較長的播放延遲，動態媒體播放技術將利用可變動的播放速率來緩解客戶端緩衝器溢滿缺空 (buffer overflow and underflow) 的問題，並且降低播放延遲的情形。一個先進的系統會分析在動態媒體播放技術中延遲和緩衝器溢滿缺空的狀況，並調整動態播



放的速率以防止緩衝器溢滿缺空的情形發生，其目標是將播放的延遲 (playout delay) 最小化，並且降低因傳輸延遲時間太長而誤以為封包遺失的比率 (late loss rate)。

4. TCP-friendly 流量控制：這個傳輸模組是用來控制 data units 的傳送速率。當 data units 的群組較大時，我們應該限制傳送端的傳輸速率，如此一來傳送端和網路的資源才不會被太多的傳送資料淹沒，為了達到這個目的，一個系統可以採用 equation-based 的 TCP 流量控制機制，目的是讓 UDP-Based 的媒體播放傳輸系統在傳送封包時，不要排擠同時在傳輸的 TCP 頻寬，並可使整個系統長時間的頻寬使用量接近一般的 TCP session 頻寬用量。根據 TCP-friendly 流量控制所量測出來的頻寬，多媒體串流可以被動態地調整傳送速率，並讓傳送速率的變化量儘可能的平緩，以符合多媒體串流的需求。而在網路擁塞情況很嚴重時，不但可以充分利用目前網路上的可用頻寬，並在與 TCP flow 競爭可用頻寬時也會讓 TCP flow 可以較公平的分享可用頻寬。不過一般 TCP-friendly 的機制所慣用的“等差性流量增加，等比性流量減小”演算法有一個很大的問題，就是位元速率會呈現出顯著的振盪特性，它會嚴重地影響多媒體串流的品質一致性。目前我們正針對這個缺點進行改進。

#### 四、計劃成果自評

本計畫研究內容與原計畫相符程度十分吻合。在達成預期目標情況方面、除了多媒體傳輸系統網路動態 QoS 偵測、流量控制、及容錯系統相關文獻研究外，目前已經進行完成第一版本的 MPEG 多媒體數位內容所需的傳輸層流量控制模組機制開發。這部份的研究重點在於探討如何根據網路頻寬及動態 QoS 偵測模組的輸出，來調整多媒體封包的傳輸時序和流量控制以提高有效傳輸量並降低封包漏失率。還有在媒體伺服器 and 媒體播放器之間的串流式容錯機制方面，總計畫團隊為 MPEG 所開

發的系統是以 ARQ 的機制來達到傳輸失誤控制。不過因為多媒體傳輸可容許部份的資料漏失，在知覺傳輸品質 (perceptual transmission quality) 和頻寬運用效率之間 (efficient bandwidth usage) 取得一個最佳化的平衡點是本部份的研究重點，本計畫也已經初步完成這部份設計的開發。另外，關於網路頻寬及動態 QoS 偵測模組的研究設計也已經開始進行，本模組會針對 MPEG 多媒體數位內容的傳輸和不同網路服務系統 (mobile networks, Internet 等等) 之間的特性進行設計。在論文發表方面，本計畫主要是以發表 MPEG 會議文件 (M 編號文件 14 篇，W 編號文件 6 篇) 及制定 MPEG 標準 (1 項) 為主。

#### 五、參考文獻

- [1] ISO/IEC JTC 1/SC 29, *Information Technology – Multimedia Framework (MPEG-21) – Part 12: Test Bed for MPEG-21 Resource Delivery*, ISO/IEC TR 21000-12: 2004(E), 2004.
- [2] P. A. Chou and Z. Miao, "Rate-distortion optimized streaming of packetized media," *IEEE Transactions on Multimedia*, February 2001.
- [3] Chun-Jen Tsai, Mihaela van der Schaar, and Young-Kwon Lim, *ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG11 N5494: Working Draft of ISO/IEC TR21000-12 Resource Delivery Test Bed*, MPEG Awaji Meeting, December 2001.
- [4] 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project, Technical Specification Group: Services and System Aspects, "Transparent End-to-end Packet Switched Streaming Service (PSS); General Description (Release 5)," *3GPP TS 26.233*, v5.0.0, March 2003.
- [5] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG11, *Information technology -- Coding of Audio-visual objects - Part II: Visual*, *ISO/IEC 14496-2:2001*, January 2001.
- [6] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG11, *Information technology -- Coding of Audio-visual objects - Part III: Audio*, *ISO/IEC 14496-3:2000*, May 2000.
- [7] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*, RFC 1889, January 1996.
- [8] H. Schulzrinne, A. Rao, and R. Lanphier, *RTSP: Real Time Streaming Protocol*, RFC 2326, April 1998.

- [9] M. Handley and V. Jacobson, *SDP: Session Description Protocol*, RFC 2327, April 1998.
- [10] J. Chaoui et al., *OMAP: Enabling Multimedia Applications in Third Generation (3G) Wireless Terminals*, Texas Instrument Technical White Paper SWPA001, December 2000.
- [11] M. Berekovic, H.-J. Stolberg, and P. Pirsch, "Multicore System-on-Chip Architecture for MPEG-4 Streaming Video," *IEEE Transactions on Circuit and Systems for Video Technology*, Vol. 12, No. 8, pp. 688-699, August 2002.
- [12] 3GPP SSA Technical Specification Group, *Multimedia Messaging Services; Functional Descriptions*, 3GPP TS 23.140, v5.0, March, 2002.
- [13] 3GPP SSA Technical Specification Group, *Transparent End-to-end Packet Switched Streaming Services (PSS) – Protocols and Codecs*, 3GPP TS 26.234, v5.0, March, 2002.
- [14] 3GPP SSA Technical Specification Group, *Transparent End-to-end Packet Switched Streaming Services (PSS); General Descriptions*, 3GPP TS 26.233, v5.0, March, 2002.
- [15] ISMA, *Internet Streaming Media Alliance Implementation Specification*, v1.0, August 2001.
- [16] NISTnet:  
<http://snad.ncsl.nist.gov/itg/nistnet>