

융합망에서의 멀티미디어 서비스 QoS 유지 방안
QoS provisioning Scheme for Multimedia Services
in Convergence Network

- ▶ 투고자 : 이문호 (청운대 멀티미디어학과), 이종찬 (군산대 컴퓨터정보학과)
- ▶ 원고 매수 : 표지(1), 본문 및 참고문헌(8)
- ▶ 표의 수 : 0 개
- ▶ 그림의 수 : 6 개

요 약

장소와 시간에 무관하게 누구와도 하나의 단말기로 멀티미디어 통신을 할 수 있게 하기 위한 이동통신 시스템이 단일표준으로 되지 못하고 복수표준으로 진행됨에 따라 이종의 접속망들로 구성되는 융합망이 불가피하게 되었다. 이러한 융합망 환경에서는 멀티미디어 서비스의 지속성을 유지하기 위한 QoS 보장 방안이 필수적이다. 본 논문에서는 멀티미디어 세션의 지연이나 손실 등을 지속적으로 관찰하고 계약된 SLA의 QoS 기준 만족 여부를 평가하고 이를 바탕으로 이종 망 내에서의 QoS 적응 및 조정을 수행함으로써 멀티미디어 서비스의 QoS 를 유지하는 방안을 제안한다.

Keywords: B3G, handover, OoS, resource management.

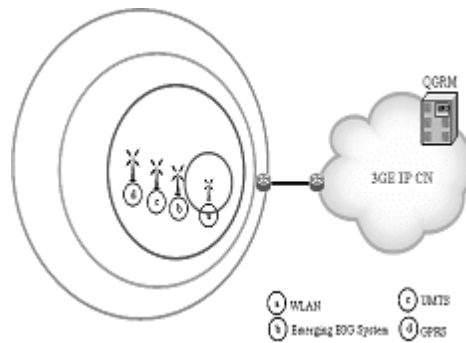
1. 서 론

장소와 시간에 무관하게 누구와도 하나의 단말기로 멀티미디어 통신을 할 수 있게 하기 위한 3세대 이동통신 시스템인 IMT-2000에 대한 표준이 단일표준으로 되지 못하고 복수표준으로 진행되게 되었다. 이에 따라, ITU-R WP8F는 IMT-2000 이후의 시스템에 대한 상호 인터워킹을 보장하는 비전을 설정하고, “보다 빠른 데이터 전송속도의 지원”과 “다양한 유무선 접속(Access) 시스템과의 융합 (Convergence)”을 차세대 이동통신의 주요 목표로 하여 융합 망(Convergence Networks)상에서 고속 대용량의 융합 서비스(Convergence Service)의 지원을 정의하고 있다. ITU-R WP8F는 고속이동시 100Mbps, 정지시 1 Gbps의 전송속도로 멀티미디어 통신서비스를 제공하는 새로운 능력을 가짐과 동시에 3세대, 2세대, 기타 무선접속기술을 모두 아우르는 시스템을 B3G (Beyond IMT-2000 : Beyond 3G)으로 정의하였다. 보다 빠른 데이터 전송속도와 지역적으로 넓은 영역에 대하여 최적의 서비스를 현실적으로 지원하기 위해서는 기존의 WPAN, WLAN 뿐만 아니라 3GE (3G Evolution) 등의 다양한 접속망들을 융합하여, Hot-spot 영역 위주로 고속 데이터 통신을 지원하며, Hot-spot 이외의 지역에는 기존의 시스템과 All-IP 기반의 네트워크 연동에 의하여 하나의 이동 단말기로 최적의 서비스를 제공할 필요가 있다[김희동, 2003][ETRI, 2005]. 이와 같이 고속의 이동과 로밍이 가능하고, 고품질의 멀티미디어 서비스를 목표로 다양한 유/무선 통신 시스템들이 통합된 융합망 구조에 있어서는 통합 단말기의 이동으로 인해 발생하는 문제에 대한 해결하기 위한 방안 (hand-over by mobile mobility) 뿐만 아니라 수행중인 서비스에 대하여 협약된 서비스 품질 (QoS)의 저하가 일정시간 계속될 경우, 개별적인 이종 접속망의 상이한 특성에 관계없이 새로운 접속망으로 절체시켜 줌으로써 서비스 지속성을 보장하는 방안도 필수적이다[Mario et, al. 2004][Ryu S et, al, 2005]. 이러한 목표를 달성하기 위해서는, MT의 서비스의 현 상태를 주기적으로 분석하여, MT의 특성, 응용의 특성 및 QoS 클래스, 각 망의 상태에 따라 핸드오버될 이종 시스템과 그 시스템에 알맞은 QoS 파라미터를 결정하고 이를 근거로 한 핸드오버 (hand-over by OoS control) 의 실행이 요구된다[2-3]. 현재까지 핸드오버에 대한 연구는, 가입자가 현재 서비스 받고 있는 망의 서비스 지역 외부로 이동할 경우, 사용자 미연결이나 서비스 중단으로 인하여 발생하는 문제를 해결하기 위한 방안에 대해 집중되어 왔다. 본 논문에서는 융합망

에서 seamless 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 방안의 하나로서 서비스 세션의 상태를 지속적으로 모니터링하고 지연이나 손실 등을 주기적으로 분석하여, 계약된 SLA (Service Level Agreement)의 QoS 기준 만족 여부를 평가하고, 그 상태가 일정 시간 동안 협약된 QoS 기준 값 이하로 저하되면 이중 시스템으로 서비스를 절체함으로써 QoS를 제공하는 방안을 제시한다.

2. 이중 접속망과 자원관리

(그림 1)은 이중의 접속망들이 계층 셀 구조로 구성된 형태를 보인다. Inter System Hand-Over (ISHO) 는 서로 다른 관리 환경하에 있는 3GE 시스템, 기존의 WLAN, UMTS, GPRS 등과 같이 서로 다른 망 기술을 사용하는 이중의 시스템간의 핸드오버를 의미한다. ISHO 에서의 제어 구조는 수평적 핸드오버의 경우 보다 복잡하며 사용자에게 투명한 이중 망으로의 서비스 절체 즉 핸드오버를 위한 다양한 사항들을 고려하여야 한다.



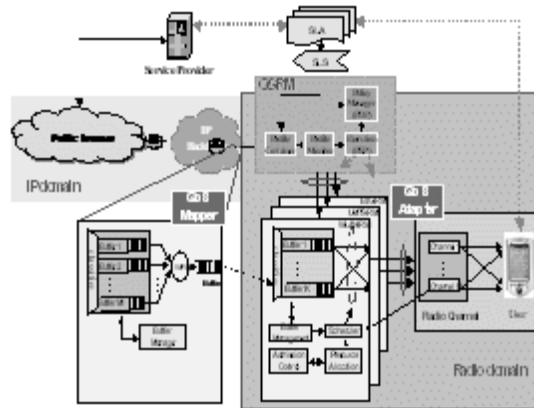
(그림 1) 이중 망 시스템에서의 계층 셀 구조

계층화된 구조를 갖는 융합망 내에서 특정 망으로 이동 시, 사용자는 망 용량, 토폴로지, 관리 정책 등이 상이한 시스템에 접속할 수도 있으며, 채널 특성 (대역폭, 손실, 지연), QoS 지원 능력이 상이한 무선 접속 기술을 적용할 수 있고, 멀티미디어 세션의 유지를 위하여, 상이한 컴퓨팅 파워, 디스플레이 능력, 통신 대역폭을 갖는 MT로 서비스를 전환할 수 있다. 또한 상이한 서비스 요구 사항과 하위 계층의 지원을 위해 MT에 가장 적합한 응용으로의 전환도 고려할 수 있으며 이러한 모든 요소들은 망 양단 사이의 QoS 서비스 제공을 복잡하게 하고 서비스 조정 능력을 제한할 수도 있다[Guenkova et. al, 2004].

2.1 QoS 지원을 위한 자원관리

(그림 2)는 계층화된 망 구조에서 핸드오버 시, QoS 를 지원하기 위한 자원관리 기법을 보인다. 융합 망 구조에서는 종단간 QoS를 제공하기 위해 응용의 특성에 따라 소스 및 대응 단말이 접속하는 접속 네트워크에서의 QoS 제공(radio domain)과 IP 백본 네트워크에서의 QoS 제공(IP domain), 그리고, 이들 간의 연동(IP-radio inter-working domain)을 고려해야 한다. 본 논문에서 제안하는 방안의 일부인 QGRM(그림 2참조)은 종단사이의 QoS 를 지원하기 위한 지역 QoS 자원 관리자(local QoS resource manager)의 역할을 수행한

다.



(그림 2) QoS 지원을 위한 자원관리

융합 망의 경우, 다양한 이종 망(Heterogeneous Network)을 수용하고 있으므로 이종 망 하부계층의 QoS 특성을 상위계층에서 개별적으로 지정할 경우에는 QoS 제어 구조가 대단히 복잡해진다. 본 연구에서는 상위 응용계층에서 해당 응용 서비스 SLA의 QoS Profile을 확인하면 이를 종단 간 세션 설정의 파라미터로 적용한다. 이와 같은 세션 설정은 종단간 세션 설정이지만, 하층구조에서는 다양한 이종 망에 거쳐서 통신이 일어날 수 있으므로 종단간 세션 결정 시 자원관리 구조와 연동하여 하부 망의 특성에 맞는 QoS 지원을 적용한다. 예를 들면, MT의 상태를 확인한, QGRM은 현재의 부하 상태, 다른 성능 요소 그리고 정책에 관한 정보를 MT에게 전송하고, QoS Mapper와 QoS Adapter를 이용하여 데이터의 신규 경로 설정 시, QoS 맵핑 및 조정을 수행하며 SLS (Service Level Specifications)에 의하여 규정된 QoS 수준의 유지 뿐만 아니라, D-ISHO 발생 시, 이에 대처하기 위한, SLA 기반 QoS 운영 메커니즘을 포함한다. SLA가 사용자와의 계약에 의하여 규정되면, 각 접속 망에서 자원을 제공하거나 할당하기 위하여 제공되는 한 개 이상의 SLS가 생성된다. SLS로부터의 QoS 파라미터는 QGRM에 전송되고, 이를 근거로 사용자의 QoS 수준에 각 이종의 망에서 제공된다. 제안하는 방법은 효과적인 QoS 제어를 위하여 SLA에 기반한 QoS 제어 기능을 사용하며, 이를 통하여 무선 구간에서의 QoS 제공 방안은 물론 유무선 연동 시에 QoS를 효율적으로 제공하고, QoS 관리를 위하여 사용자의 세션 제어 기능을 수행한다. 세션 제어 기능은 MT의 서비스 처리 기능으로 세션 발생, 해제까지의 기능 뿐만 아니라 핸드 오버에 관한 전반적인 제어를 담당하며 QoS 제어를 위하여 망 및 셀의 상태, 가용 자원 그리고 세션 상태에 대해 지속적으로 관찰한다.

(그림 2)에서 QGRM은 Profile Monitor, D-ISHO Admitter, System Selector, QoS Adapter, QoS Renegotiator 등의 기능 블록들로 구성된다. Profile Monitor는 서비스 중인 응용의 지연이나 손실 등을 지속적으로 모니터링 함으로써 계약된 SLA의 QoS 기준 만족 여부 등과 같은 QoS management를 위하여 컨텍스트 정보를 수집하고 모니터링을 수행한다. 이를 위하여 ASP가 서비스 사용자와의 합의를 통하여 사전에 정의된 수준의 서비스를 제공하기로 맺은 협약인 SLA 값을 적용한다. 사용된 SLA의 기본 파라미터로는 패킷 손실률, 패킷 전송 지연, 그리고 패킷 지터를 적용한다. Profile Monitor에 의하여 분석된 결과가 지속적으로 협약된 SLA QoS 수준 이하로 저하되면, 이를 D-ISHO Admitter에

D-ISHO triggering 메시지를 전송함으로써 D-ISHO를 명령한다.

D-ISHO Admitter는 Profile Monitor 가 보고한 정보를 분석하여 강제 ISHO 여부를 결정한다. D-ISHO Admitter는 강제 ISHO 여부를 결정하기 위하여 해당 응용 서비스의 트래픽 특성에 따라, loss, delay, jitter 등 어느 파라미터를 기준으로 할지를 결정하고, Profile Monitor로부터의 정보가 파라미터의 기준 값을 초과하면, 그 값이 지속적으로 변동하는 값인지를 판단한 후, 강제 ISHO 여부를 결정한다.

재접속을 위하여 MT가 선택하는 이중 셀들은 각각의 개별적 시스템 특성과 역할을 가지고 있으므로 특정 시간 및 장소에서 특정 서비스를 수행하기 위한 최적의 셀을 선택하는 것은 복잡한 문제다. 그러므로 사용자는 융합 망에서 사용자 및 운영자의 다수의 셀 선택 요소를 고려하여 최적의 이중의 셀을 선택함으로써 통신 품질 및 요금 측면에서 유리한 접속 망에 접속하고, 사업자는 무선자원의 효율적 사용과 이중 접속 망의 트래픽 분배를 통한 가입자 수용 능력 증대가 가능해야 한다. 이 과정은 2 단계의 셀 선택 과정에 근거한다. 1 단계 셀 선택은 기본 선택 단계로서, MT가 특정 접속 망에 접속하기 위하여 기본적으로 필요한 요구 사항에 근거하여 접속 망을 선정한다. 이를 위한 선택 요소는 수신신호 세기, 인증 여부, 서비스 지원 여부, MT의 이동속도 한계이다 MT는 1단계 선택을 통하여 선정된 어느 접속 망에도 접속 가능하다. 이는 MT가 특정한 접속 망에 접속하기 위한 최소 조건의 충족 여부를 확인하기 위한 것으로서, 이 조건에 충족된다면 그 셀로의 접속에는 문제가 없지만, 사용자 및 시스템 운영자의 요구 사항은 고려하지 않았으므로 최적의 선택은 아니다. 따라서, 최적의 선정을 수행하기 위하여, 상위의 1단계 선택에 충족하는 셀의 번호가 2차 선택 과정에 입력되고, 2 단계 셀 선택에서 D-ISHO를 위하여 최적인 셀의 결정에 중점을 둔다. 2단계 선택을 위하여 필요한 주요 결정 요소는 가용자원 존재와 셀 부하이다.

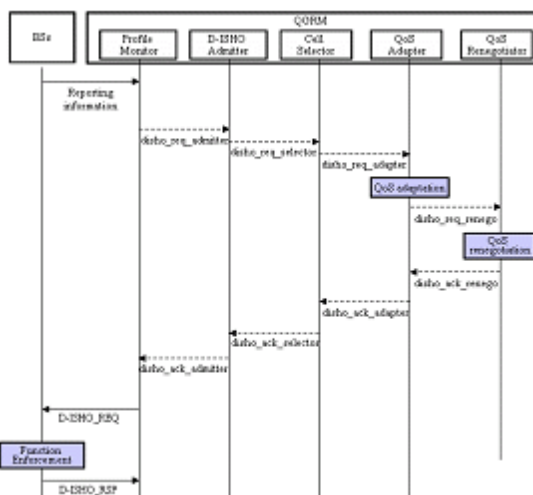
D-ISHO 여부가 결정되고 이중 셀로의 절체가 확정된 이후, 고려해야 할 요소는 Seamless QoS의 제공으로서 새로운 이중 망 환경과 디바이스 성능에 적합하도록 데이터 스트림의 QoS 조정 (adaptation)이 필요하다. 즉, 이미 제공받고 있는 QoS가 이기종 시스템에 접속되어도 사용자의 QoS 요구에 부합되는 서비스를 제공하기 위한 QoS 파라미터로 정확하게 조정 이 이루어져야 한다. QoS adapter는 D-ISHO 동안, SLA에 근거한 QoS조정을 지원하고, 조정된 QoS 정보를 기반으로 QoS Renegotiator 는 이중 망의 경계까지 세션 협상을 다시 수행하며 필요하다면 중단간 재협상을 수행한다.

SLA QoS 파라미터를 바탕으로 기존에 서비스 중인 이동망과 선정된 이중망, 그리고 응용 서비스의 이전 SLA의 파라미터와 선정된 SLA QoS 파라미터를 비교 분석하여 재협상 여부를 결정하고 재협상을 수행한다. 재협상이 수행되는 예로서 선정된 이중 시스템에서 이전 시스템의 QoS를 보장할 수 없을 때(downward D-ISHO), 선정된 이중 시스템에서 QoS를 향상시키기를 원할 때 등을 생각할 수 있다. 그러나 두 시스템 간에 협약한 QoS가 동일하거나, 선정된 이중 시스템의 QoS 범위가 이전 시스템의 QoS 값을 포함할 경우(upward D-ISHO)에는 재협상을 수행하지 않고, ISHO 결과를 ASP에게 보고하고 재협상 절차를 대신한다.

2.2 자원관리 하위 모듈간의 인터페이스

주기적으로 세션의 QoS 모니터링을 실시하여 MT와 ASP 사이에 협약된 서비스 수준(즉, SLA)의 유지 여부를 조사하고 만일 협약된 SLA에 근거하여 QoS 저하가 발생할 경우, ISHO admitter에 의하여 ISHO 여부를 결정하고, Cell selector에 의하여 최적의 이중 핸드

오버 셀을 결정된 후, 이중 핸드오버 할 셀과의 QoS를 조정해야 한다. 물론 최적의 QoS 조정은 이전 서비스 수준을 계속적으로 유지하는 것이며, 최소한의 수준 강등을 고려해야 한다. QoS 저하가 발생된 경우 Profile Monitor의 분석을 토대로 QoS 저하가 관찰되면 ISHO 여부를 결정할 수 있다. 즉 QoS Monitor는 주기적으로 세션에 대한 QoS 모니터링을 실시하여 만일 특정 세션에 대한 QoS 저하가 발생하면 QoS 보장을 위한 방안을 RM-PEP (Resource Manager-Policy Execution Point) 에 지시하며, HARQ등의 QoS 유지 방안에도 불구하고 QoS 저하가 지속될 경우, 이중 망으로의 ISHO를 통한 QoS 유지 여부를 조사한다. 이러한 분석 정보를 바탕으로 D-ISHO admitter는 기대 수준 이하의 QoS 상태를 나타내는 세션에 대하여 ISHO 관련 결정을 한다.



(그림 3) 모듈 인터페이스(D-ISHO)

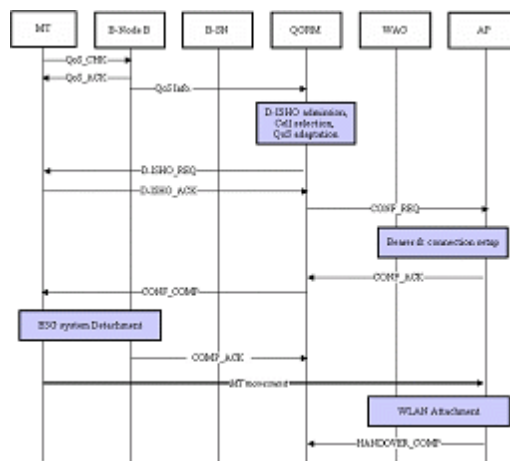
특정 세션에 QoS 저하 발생할 경우 실행되는 서비스 수준 유지 절차가 (그림 3)에 보인다. 본 논문에서 제안하는 자원관리 메카니즘은 특정 세션의 QoS 수준을 지속적으로 모니터링하여 QoS 저하에 대처하기 위한 상응 조치를 취한다. Profile Monitor는 주기적으로 세션 분석을 수행하고 협약된 서비스 수준 이하로 QoS가 저하되면, 분석 결과를 D-ISHO Admitter에게 전송한다. 관련 QoS 정보 및 SLA 정보 등에 근거하여 ISHO 여부를 결정한다. D-ISHO를 결정 후, MT의 상태, 셀의 상태, 그리고 SLA 정보 등에 근거하여 Cell Selector는 최적의 셀을 선정한다. D-ISHO Adapter는 Cell Selector에서 선정된 이중의 셀과의 QoS 수준 조정을 수행한다. 만일 QoS 저하가 발생하기 이전의 QoS를 유지할 수 있다면 최선의 QoS 조정이 되지만, 불가피하게 서비스 QoS 수준 변경이 요구되는 경우에는 세션의 QoS 재협약을 수행한다. D-ISHO의 종류는 Profile Monitor의 협약된 QoS 파라미터의 분석에 따라 나누어지며 해당 기지국에 D-ISHO를 요구하는 경우와, MT와 기지국 간의 서비스 유지 방안을 시행했음에도 계속해서 QoS 저하가 발생할 경우, 해당 기지국으로 D-ISHO를 요구하는 경우 등을 생각할 수 있다.

3. 3GE 와 WLAN 간의 ISHO 시나리오

세션의 서비스 중에 SLA에 의거 정해진 QoS 수준이 유지되지 못하고 지속적으로 저하가 발생할 경우에 D-ISHO를 수행한다. D-ISHO 시에 이기종 망에서는 기존의 망에서 제공되었던 수준의 QoS 를 제공해야 한다. 만일 3GE-AS에서 MT가 이동하는 동안 WLAN 지역에서 QoS가 저하된다면 WLAN으로 QoS 유지를 위하여 D-ISHO를 수행한다. 3GE-AS의 QoS 저하에 대한 ISHO는 MT가 WLAN으로 이동할 경우 혹은 중첩 지역에 있을 경우 모두 해당한다. 중첩 지역에 있을 경우에도 MT가 3GE-AS 서비스에 대한 QoS 저하 시에 WLAN으로의 D-ISHO를 수행한다. 또한 QoS 저하에 대한 D-ISHO 수행은 3GE-AS에서 WLAN으로의 ISHO 뿐만 아니라 WLAN에서 3GE-AS로의 D-ISHO도 가능하다. WLAN의 Hot spot 지역에서 서비스중인 MT는 WLAN의 트래픽 과부하로 QoS 수준이 저하될 경우 3GE-AS로 D-ISHO를 수행한다. 이 경우 자원관리 메카니즘은 MT가 WLAN에서 사용하던 서비스에 대한 QoS를 보장하여야 한다(그림 4 참조).

만일 QoS 저하가 발생할 경우, QoS 보장을 위한 방안을 E-Node B에 지시하며, E-Node B는 HARQ등의 QoS 유지 방안을 시행하고, 주기적으로 Profile Monitor에 상태 정보를 전송한다. QoS 저하가 지속될 경우, Profile Monitor에 의하여 분석된 결과에 근거하여 D-ISHO admitter는 D-ISHO 여부를 결정하고 B-Node B를 경유하여 MT에게 D-ISHO 수행 메시지를 전송하고 D-ISHO 수행 절차를 시작한다. cell selection, QoS adaptation and QoS renegotiation 등의 D-ISHO operation을 순차적으로 수행한다.

WLAN에 대해 MT가 요구하는 QoS 수준이 제공될 수 있는 가를 조사한다. 만일 WLAN이 MT의 요구 QoS를 제공할 수 있으면 세션 연결에 대한 설정 및 조정된 자원 할당 수행을 요청한다. 이 요구 메시지를 수신한 WAG는 연결 설정과 해당하는 자원을 할당하고 자원관리 메카니즘에게 그 결과를 통지하며 수신된 결과를 바탕으로 WG-PEP를 통하여 MT에 대해 ISHO의 성공적인 수행을 유도한다.



(그림 4) 3GE system으로 부터 WLAN으로의 D-ISHO

4. 성능 분석

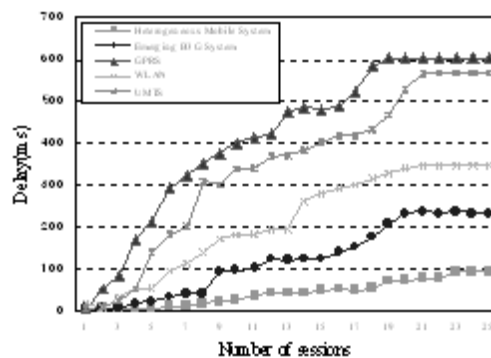
시뮬레이션은 ETRI에서 제안한 B3G 시스템[5]을 근거로 하였으며, MT의 유형에 따라

고속의 MT와 저속의 MT로 분류하였고 저속 MT는 60%, 즉 보행자는 정지 상태(50%)와 보행중인 상태(50%)로 분류하고 고속 MT는 40%로 가정하였다. path-loss에 의한 평균 신호 감쇠는 전파 거리의 3.5 배에 비례하고 shadowing은 6dB의 표준 편차를 갖는 log-normal 분포를 따른다고 가정하였다.

MT는 4개의 접속 망에 접속 가능 (MT 인증 여부 확인) 하며, 4개의 셀이 모든 서비스를 지원 (서비스 인증 확인)한다고 가정한다. 또한 서비스 수용을 위하여 자원을 일정 확보하고 있으며, QoS는 전송 지연만을 고려한다고 가정한다. 본 연구에서는 평가 인덱스로서 서비스 비용, 사용자 선호도, 속도 지원, 그리고 전송 지연, 그리고 부하를 사용한다.

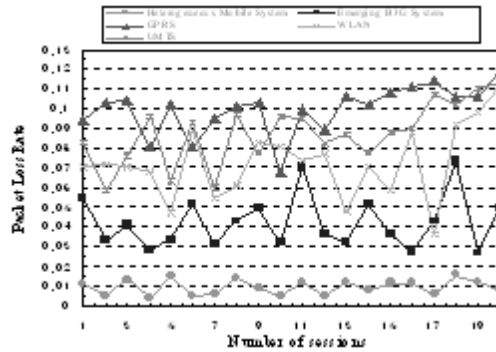
접속 망은 4개의 후보 셀로 하며, 제안된 메카니즘이 각 접속 망에 대해 MT의 세션 제어에 관여한다. 접속 망간에 발생하는 ISHO를 위하여 4 개의 접속 망의 후보 셀 지역이 중첩적으로 구성된다고 가정하며, MT는 중첩 구조의 망 지역에서 SLA에 의하여 협약한 서비스 수준을 지정 망을 통하여 제공받을 수 있다. 또한 이기종 망에서 ISHO를 통하여 발생하는 서비스 변경에 대한 SLA 제어가 제공된다.

(그림 5)는 제안된 메카니즘을 사용한 융합망과, 한 종류의 접속망을 사용하는 경우에 대해 멀티미디어 세션의 수에 따른 평균 전송 지연시간을 비교한 것이다. 멀티미디어 세션의 수가 증가할수록, 제안된 메카니즘을 적용한 융합망의 경우 전송 지연이 현저하게 향상됨 알 수 있다. 이는 서비스 중인 접속 망에서 멀티미디어 세션의 QoS 저하가 발생할 경우에 QoS 변이를 최소화하기 위하여 최적의 접속 망으로의 D-ISHO가 수행되고 세션 제어 기능을 통하여 D-ISHO Admitter, Cell Selector, QoS Adapter 및 QoS Renegotiator의 기능 모듈들을 체계적으로 실행하여 현재의 서비스 스트림에게 가장 적합한 이종 시스템으로 서비스를 절체함으로써, 서비스 연속성을 최대한 보장할 수 있다. 핸드오프 시, 본 메카니즘이 적용된 융합 망을 각각의 이종 망과 비교한 성능 향상 여부가 평가 대상이므로, 멀티미디어 세션을 수용하지 못하는 시스템은 패킷 손실률의 평가에서 제외하였다.



(그림 5) 평균 전송 지연의 비교

(그림 6)은 평균 패킷 손실률에 대한 비교를 보인다. 계층화된 이종망의 지연이나 손실 등을 지속적으로 모니터링 함으로써 계약된 SLA의 QoS 기준 만족 여부를 평가하고 이를 바탕으로 이종 망 내에서의 멀티미디어 세션의 D-ISHO 하는 방안은 각각의 접속망에만 의존하는 방안에 비하여 1.5-1.6배 이상의 성능 향상을 보임을 알 수 있다.



(그림 6) 패킷 손실률의 비교

5. 결론

본 논문에서는, 이중 접속망들로 구성되는 융합망 환경에서 멀티미디어 서비스의 QoS를 유지하기 위한 방안을 제시하였다. 본 논문에서 제시하는 방안은 멀티미디어 세션의 지연이나 손실 등을 지속적으로 관찰하고 계약된 SLA의 QoS 기준 만족 여부를 평가하고 이를 바탕으로 이중 망 내에서의 QoS 적응 및 조정을 수행함으로써 seamless한 멀티미디어 서비스를 제공하고자 하였으며 시뮬레이션 결과에 의하면 멀티미디어 세션의 평균 지연 및 패킷 손실률에서 성능 향상을 보였다. B3G 이동통신 서비스의 실제적인 구현을 위해서는 추가적인 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] 김희동 (2003), "ITU-R WP8F 표준화 회의 동향", 한국정보통신기술협회
- [2] 무선전송기술연구부 (2005), "4세대 이동통신 시스템 개발 계획서," ETRI.
- [3] Chunming Liu and Chi Zhou (2005), "An Improved Inter-working Architecture for UMTS WLAN Tight Coupling," *IEEE Communications Society / WCNC 2005*.
- [4] Guenkova-Luy T, Kassler A.J. and Mandato D (2004), "End-to-End Quality-of-Service Coordination for Mobile Multimedia Applications," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 22, pp. 889-903.
- [5] Mario Munoz et, al.(2004), "A New Model for Service and Application Convergence in B3G/4G Networks," *IEEE Wireless Communication*, vol.11, no.5, pp.6-12.
- [6] Ryu, S. Oh D., Sihn G., and Han K.(2005), "Research Activities on the Next Generation Mobile Communications and Services in Korea," *IEEE Communication Magazine*, vol.43, no.9, pp.122-131.