

B3G 이중 액세스 망에서의 자원관리 프레임워크 연구

이종찬¹, 이기성^{2*}

¹군산대학교 컴퓨터정보공학과, ²호원대학교 컴퓨터·게임학부

The Design of Framework for Resource Management in B3G Heterogeneous Access Networks

Jong-Chan Lee¹ and Gi-Sung Lee^{2*}

¹Dept. of Computer Information Eng., Kunsan National University

²Div. of Computer and Game, Howon University

요약 상이한 망이 공존하는 LTE-Advanced에서 기존 음성 서비스에 적용된 절차적이고 정적인 제어방식으로는 서비스 연속성을 효과적으로 지원하는 것은 현실적으로 어렵다고 여겨진다. 본 연구에서는 QoS 지원을 기반으로 서비스 연속성을 효과적으로 지원하기 위한 자원 관리 프레임워크를 제시하고자 한다. 제안된 자원 관리 프레임워크는 이동 단말기 및 기지국의 상태 정보 변화에 따라 관련 기능- ISHO, 셀 선정, 자원 할당, 부하 제어, QoS 매핑 등의 설정을 동적으로 제어하고, 각각의 기능들이 변화에 적응하여 조정되고 재구성하는 과정을 주고받으면서 서비스 연속성을 만족시키기 위하여 상호 작용한다. 이를 위하여 4 종류의 ISHO를 지원하기 위한 각 모듈간의 연계 순서도를 기술하고, ISHO 시나리오가 고려된다.

Abstract In LTE-Advanced that different networks coexist, it is considered that it is actually difficult to provide service continuity with a procedural and static control method applied to the existing voice service. This research suggests a resource management framework to support the service continuity effectively based on QoS support. In other words, as context information of mobile terminal and base station changes, set-up of related functions such as ISHO, cell selection, source allocation, load control, and QoS mapping is adapted; each function fits into the change, exchanges the process of reorganization, and interacts; these actions go toward to satisfy service continuity. For this aim, the sequence diagram between the function modules for supporting four kind of ISHO is described and then a scenario for ISHO is considered.

Key Words : LTE-Advanced, ISHO, Resource Allocation, PEP, PDP

1. 서론

WCDMA 망이 R6까지 발전하면서 다운링크(down-link) 14.4Mbps, 업링크(up-link) 5.8Mbps의 고속 데이터를 지원할 수 있게 되었지만, 향후 4세대 이동통신으로 진화하기 위해서는 망의 구조와 성능을 높여야 할 필요성이 제기되었다. 이에 따라 ITU는 4G 이동통신 기술을 IMT-Advanced로 규정하고, 높은 전송률, 망 융합, 끊임

없는 연결(seamless connection) 등을 특징으로 정의하고 있으며, 현재 위의 요건을 충족시키는 기술로서 3GPP의 LTE(Long Term Evolution)-Advanced가 주목받고 있다 [1-3]. LTE-Advanced에서는 Hot-spot(예를 들어 WiFi) 영역 위주로 고속 데이터 통신을 지원하고, Hot-spot 이외의 지역에는 기존의 시스템과의 연동을 통해 어느 지역에서든 하나의 MT로 Terminal mobility와 Session mobility 시에 서비스 연속성을 제공해야 한다. 그러나 상

이 논문은 2011년도 군산대학교 교수장기국외연수경비의 지원에 의하여 연구되었음

*Corresponding Author : Gi-Sung Lee

Tel: +82-10-2866-5170 email: ygslee@howon.ac.kr

접수일 12년 09월 04일

수정일 12년 10월 04일

게재확정일 12년 11월 08일

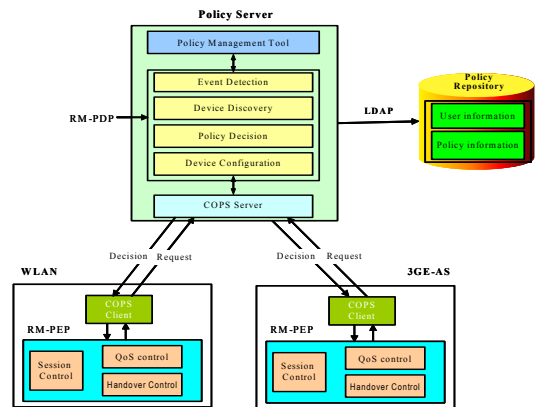
이한 망이 공존하는 LTE-Advanced에서 서비스 연속성을 효과적으로 지원하는 것은 현실적으로 어려운 문제로서 LTE-Advanced 망을 형성하는 리소스 및 망의 형상(대역, 에러율 등)들이 가변적으로 변하기 때문에 기존 음성 서비스에 적용된 절차적이고, 인위적이고, 정적인 제어방식으로는 제어가 불가능하다고 판단하고 있다. 특히 다양하고 이질적인 통신 시스템들은 All-IP 기반의 다중 망을 통하여 연동되며[4-7], 이러한 All-IP 기반 멀티미디어 응용을 효율적으로 지원하기 위하여 이중으로 구성되는 액세스 망에서의 자원 관리(resource management)가 중요한 문제가 된다. 다양한 유무선 시스템들의 IP 기반의 백본에 연결되어 있는 구조에서 사용자 및 운영자가 원하는 QoS를 제공하기 위해서는 응용의 특성에 따라 소스 및 대용 단말이 접속하는 접속 망에서의 효율적인 자원 관리 방안의 제공이 필수적이다[7-9].

따라서 다양한 이중의 액세스 망들이 공존하는 융합망 환경에서 TE/H-BS/H-AN/IP-CN에 위치하는 계층 별 자원 관리 블록 간의 연계성을 갖는 자원 관리 망을 구축하고 시스템 운영자의 자원 운영 정책과 망의 상태에 따라 적응적으로 자원을 관리함으로써 사용자 및 운영자가 원하는 목표 품질을 보장하고, 계획된 유효 서비스 영역을 유지하고, 높은 시스템 용량을 제공할 수 있다. 이를 위하여 정책 기반의 자원 관리(QoS Adaptive Resource Management; 이하 QARM) 프레임워크를 제안한다. 또한 이를 기반으로 MT의 이동 및 현재 상태 그리고 이중망의 상태 등에 따라 3 종류의 시스템 간 핸드오버(inter-System handover; 이하 ISHO)를 지원하기 위한, 각 모듈간의 연계 순서도 및 ISHO 시나리오를 제시한다. 이는 3 종류의 ISHO 특성에 따라, 망 관리자의 이중망 운영 정책에 근거하며, 자원 관리 기능들이 가변적으로 변화하고 이 변화된 자원 관리 기능들을 적용함으로써, 최적의 성능을 갖도록 한다.

2. 이중망과 QARM

QARM의 정책 응용 계층은 RM-PMT(Policy Management Tool)로서 자원 관리 정책을 지시하고 변경하고 디스플레이 하는 사용자 인터페이스를 제공한다. 또한 관리되고 있는 장치의 자원 관리 상태를 표시한다. 정책 제어 계층은 RM-PR(Policy Repository)와 RM-PDP(Policy Decision Point)로 구성된다. RM-PR은 정책 정보를 저장하고 입출력하는 디렉토리 서비스 저장 장치이고, RM-PDP는 실제 정책을 결정하고 각각의 하위 기지국에 결정된 정책을 전달하는 장치이다. RM-PEP(RM-Policy Enforce-

ment Point; 이하 RM-PEP)는 실제 자원 관리가 발생하는 부분이다. 이 부분이 실제 정책 실행점이 되며 정책 서버가 실제 각 이중망의 상황을 모니터링 하고 각 정책에 대한 데이터베이스를 가지고 있어서 이중망 각각의 기지국에 대하여 세션 제어(session control), QoS 제어(QoS control), 핸드오버 제어 등을 망 상황에 따라 동적으로 제어하게 된다. 정책서버와 하위 기지국과의 통신은 COPS를 사용한다. 이러한 정책은 사람이 이해할 수 있는 형태로 망 관리자에 의해 RM-PMT를 사용해서 만든다. RM-PMT는 이를 해석하여 시스템에 알맞은 형태로 RM-PR에 다시 저장한다. RM-PDP는 복잡한 정책 변환과 해석을 통해 정책 결정을 수행하고 RM-PEP는 RM-PDP가 보내준 정책 결정에 따라 그에 맞는 자원 관리를 수행한다[10].



[그림 1] 정책 교환 (RM-PEP ↔ RM-PDP)
[Fig. 1] Policy Exchange (RM-PEP ↔ RM-PDP)

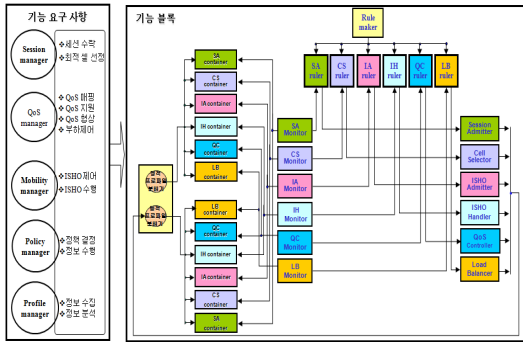
그림 1과 같이 RM-PEP와 RM-PDP 간에 정책 교환 및 설정을 위해 COPS를 사용한다. COPS는 급변하는 이중망 상황에 따라 또는 가입자 가입조건 변화에 따라 동적으로 정책이 바뀌는 경우에 사용한다. 동적으로 이벤트가 발생하면 RM-PDP는 즉시 정책을 결정하고 COPS 서버를 사용하여 그 정책이 필요한 RM-PEP(하위의 기지국 또는 제어국)의 COPS 클라이언트에게 COPS 프로토콜을 사용하여 정책- 세션 제어, QoS 제어, 핸드오버 제어를 요구한다.

3. RM-PEP의 자원관리 프레임워크

3.1 기반 구조

QARM은 서비스 제공을 위하여 SLA(Service Level

Agreement) 기반의 QoS 관리 방안을 적용한다. SLA가 사용자와의 계약에 의하여 생성될 때, 각 망에서 자원을 제공하거나 할당하기 위하여 제공되는 한 개 이상의 SLS(Service Level Specifications)가 생성된다. SLS로부터의 QoS 파라미터는 QARM에 전송되고, 이를 근거로 하여, 사용자의 QoS 수준이 각 이종망에서 제공된다. 본 연구에서 제안한 QARM의 구조가 그림 2에 보인다.



[그림 2] 자원 관리를 위한 RM-PDP 모듈
[Fig. 2] RM-PDP for Resource Management

3.2 RM-PDP의 핸드오버 관련 제어 구조

이종망 상에서 발생하는 ISHO는 이동을 통한 핸드오버뿐만 아니라 셀 내에서 서비스 중에 QoS가 저하될 경우, 특정 접속 망의 부하가 가중할 경우 그리고 높은 수준의 QoS로의 요구가 발생할 경우에 발행할 수 있다. 각기 다른 특성을 갖는 ISHO의 수용 여부를 결정하기 위하여 ISHO admitter는 4 개의 하위 모듈을 두고, ISHO 요구를 처리한다. 이종망에서 고려해야할 ISHO를 분류하면 표 1과 같다[11-16].

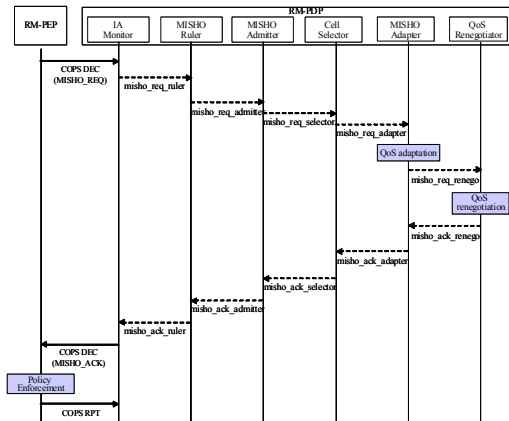
[표 1] ISHO의 분류
[Table 1] Classification of ISHOs

기능	역할
U-ISHO (Upgrading ISHO)	QoS 증대 요구에 의하여 발생
M-ISHO (Moving ISHO)	MT의 이동에 의하여 발생
B-ISHO (Balancing ISHO)	특정 셀 또는 접속 망의 부하가 가중할 경우에 발생
D-ISHO (Degrading ISHO)	QoS 저하(전송지연, 패킷 손실)에 의하여 발생

3.2.1 M-ISHO 처리 절차

M-ISHO 시에 고려해야 할 사항은 세션에 대하여 정해진 QoS 수준에 대한 재정의이다. 만일 ISHO 이후에도

동일한 QoS 수준을 유지할 수 없다면 QoS 재협상 (Renegotiation)이 필요하다. M-ISHO adapter는 이러한 M-ISHO 시의 QoS 조정에 관여한다. RM-PEP로부터 ISHO 요구에 대한 COPS REQ를 수신한 RM-PDP의 IA monitor는 정보 분석을 수행하고, 이 결과를 IA ruler에게 전송한다. IA ruler는 분석 결과가 조건에 부합할 경우, 정책 규칙(rule)을 M-ISHO admitter에게 전송하고, M-ISHO는 수락 여부를 결정하며, Cell selector에서 ISHO할 최적의 셀을 선정한다.



[그림 3] QARM에서의 M-ISHO 처리 절차도
[Fig. 3] M-ISHO procedure in QARM

이후, 선정된 이종망 셀로의 QoS 변경을 요구한다. QoS 변경 요청을 받은 M-ISHO adapter는 선정된 핸드오버 셀에서 제공 가능한 QoS 수준을 결정하고, 해당 세션에 대해 QoS에 적합한 자원을 할당한다. 하지만 만일 서비스 QoS 수준 변경이 불가피할 경우 세션에 대한 재협상을 수행한다. 그림 3에 M-ISHO 처리 절차를 보인다.

3.2.2 B-ISHO

Load balancer에 의하여 이루어지는 부하 분산은 특정 셀에 트래픽 과부하 발생할 경우 동일한 QoS를 유지하면서 이종망으로의 ISHO를 통하여 부하를 분산시키는 기능을 수행한다. 만일 동일한 QoS를 유지하면서 다른 이종망으로의 부하 분산(load balancing)이 가능하다면 일부 세션에 대한 ISHO이 가능하다.

그림 4는 이종망으로의 부하 분산 과정을 보이고 있다. LB monitor의 정보 분석에 의하여 과부하(overload)가 감지되면 이를 LB ruler에게 통보하여 정책 결정을 받는다. Load balancer는 정책 규칙에 근거한 우선순위에 의하여 ISHO를 수행할 서비스 세션들을 선정한 후, 선정된 세션에 대하여 B-ISHO 수락 여부 결정, 셀 선정, QoS

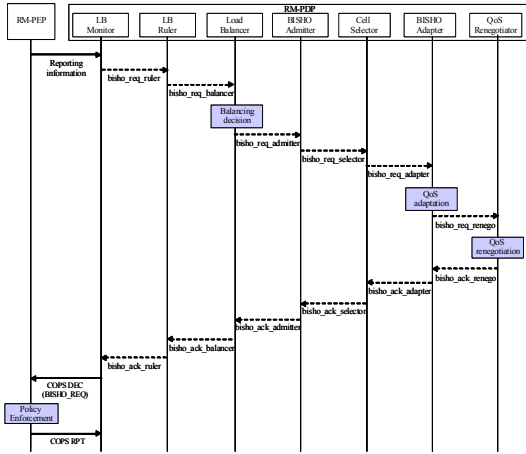
조정, 그리고 재협상이 필요하다면 QoS 재협상을 통하여 부하 제어 과정을 수행한다.

4. 시나리오

4.1 M-ISHO 시나리오

기존의 핸드오버처럼 MT가 서비스 지역을 벗어나면서 발생하는 신호 세기 기반의 ISHO이다. 만일 WiFi이 LTE-AS 지역 내부에 설치되어 있다면, 이 경우 발생하는 ISHO는 WiFi에서부터 LTE-AS로의 핸드오버이다. 이 과정을 그림 6에 보인다.

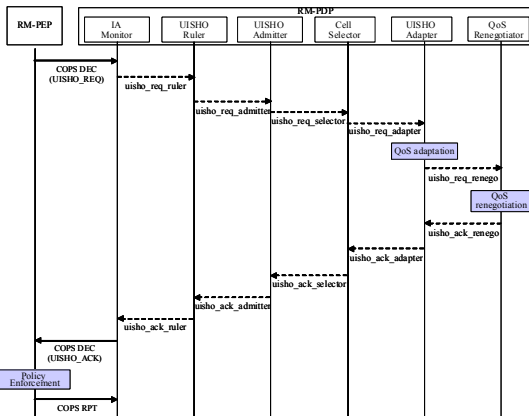
MT가 WiFi 지역을 벗어난다면 WiFi AP로 도달하는 전파의 신호 세기가 낮아지면서 LTE-AS의 E-Node B로부터의 신호 세기가 증가한다. MT는 M-ISHO REQ 메시지를 WG(WiFi Gateway)-PEP를 경유하여 RM-PDP에게 전달한다. RM-PDP는 E-SN-PEP에게 M-ISHO를 위한 연결 설정에 대한 요구와 MT에 대한 정보를 제공하고, E-SN-PEP는 E-SN과 Node B에 대해 핸드오버에 대한 연결 재설정을 요구한다. 이를 통하여 LTE-AS 망에서 MT에 대한 새로운 연결 설정 및 자원 할당이 수행되며, 이 결과를 RM-PDP에 전송한다. 연결에 대한 승인을 받은 RM-PDP는 E-SN-PEP를 통하여 MT에 대해 ISHO의 성공적인 수행을 유도한다.



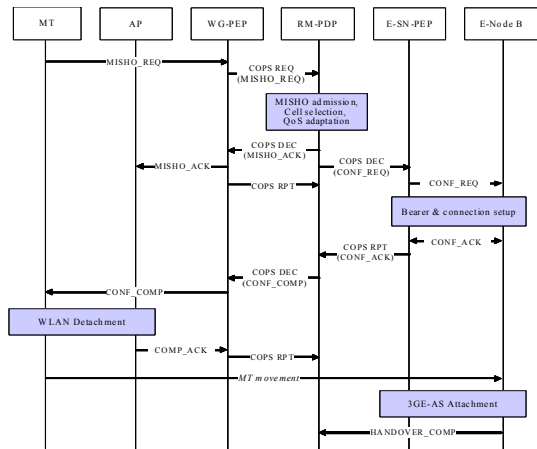
[그림 4] QARM에서의 B-ISHO 처리 절차도
[Fig. 4] B-ISHO procedure in QARM

3.2.3 U-ISHO 처리 절차

세션의 QoS 상승 요구로 인하여 U-ISHO를 수행할 수 있다. MT로부터 QoS 향상 요구가 발생하면, RM-PEP는 RM-PDP에게 COPS REQ 메시지를 보낸다. QoS 향상에 관한 COPS REQ 메시지를 수신한 RM-PDP는 이미 설정된 정책 규칙을 통해 알맞은 정책 결정을 하고 해당 RM-PEP에게 정책에 맞는 실행을 할 수 있도록 정책 정보를 포함하여 COPS DEC 메시지를 전달한다. COPS DEC 메시지를 받은 RM-PEP는 이 정책 결정에 맞는 행동(action)을 실행하고 COPS RPT 메시지를 RM-PDP에게 되돌려 보낸다. 그림 5에 그 절차를 보인다.



[그림 5] QARM에서의 U-ISHO 처리 절차도
[Fig. 5] U-ISHO procedure in QARM



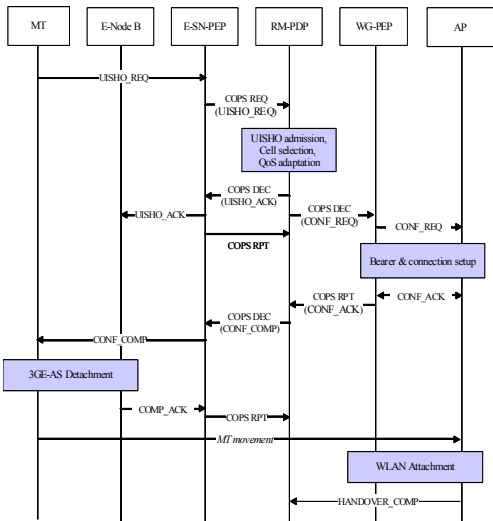
[그림 6] M-ISHO 시나리오
[Fig. 6] M-ISHO Scenario

4.2 U-ISHO 시나리오

U-ISHO는 기존의 MT의 이동에 의한 ISHO가 아닌 중단간 QoS 상승을 위하여 수행하는 핸드오버로서 세션의 서비스 중에 다른 중첩된 이중망으로 QoS 상승을 위하여 세션의 ISHO를 수행해야 한다. LTE-AS에서 WiFi로 QoS 상승을 위한 U-ISHO를 수행하기 위해서는, WiFi에서는 LTE-AS의 서비스 수준 보다 더 높은 트래픽 전송 수준을 제공해야 한다. 또한 WiFi에서 심각한 트래픽 과

부하로 인하여 정상적인 서비스가 어려울 경우 LTE-AS로의 서비스 전환을 수행해야 한다. 그림 7은 LTE-AS 망에서 MT가 QoS 상승을 위하여 WiFi으로 U-ISHO를 수행하는 절차를 보인다.

MT가 LTE-AS에서 WiFi 지역에 진입할 경우 또는 LTE-AS와 WiFi의 중첩 지역에 있을 경우, QoS 수준을 높이기 위하여 U-ISHO를 수행할 수 있으며, 이를 위하여 QoS 상승을 위한 ISHO 요구 메시지를 E-SN-PEP에게 전달한다. U-ISHO 요구 메시지를 받은 E-SN-PEP는 RM-PDP에게 요구 메시지를 전달하고, RM-PDP는 QoS 상승을 위한 자원 상태를 조사하고 QoS 상승이 가능하면, 이를 E-SN-PEP에게 회신하고 WG-PEP를 통하여 WiFi에서 U-ISHO를 위한 연결 설정 및 자원할당을 수행한다. 연결 설정 후에 MT에 대해 QoS 상승을 위한 ISHO 수행을 전달한다. 만일 WiFi에서의 트래픽 과부하로 인하여 QoS 상승이 여의치 않을 경우 U-ISHO admitter가 QoS 상승을 위한 MT의 ISHO 요구를 거절한다. U-ISHO admitter는 자원점유지표와 MT의 외부 프로파일을 참조하여 해당 네트워크의 자원 상태를 확인 한 후에, ISHO 수락 여부를 결정하고 이를 MT에게 전달한다.

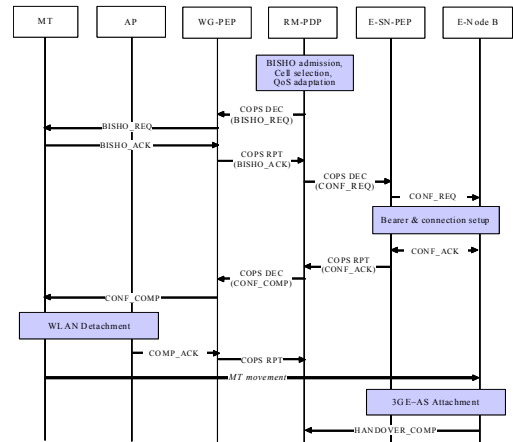


[그림 7] U-ISHO 시나리오
[Fig. 7] U-ISHO Scenario

4.3 B-ISHO 시나리오

RM-PDP의 LB monitor는 정책 활성화 조건(condition of firing policy; CFP)에 근거하여 수집된 정보를 분석하고, 분석 결과에 따라 RM-PDP는 B-ISHO를 수행한다. LTE에서의 부하 분산은 이중망을 구성하는 각각의 망에서 발생하는 트래픽 과부하에 대한 처리 방안으로서, 이

종망에서는 부하 분산에 의하여 망의 이용률을 높일 수 있다. 여기서 고려해야 할 사항은 부하 분산 수행 여부의 판단으로서, 이는 수행에 대한 시점과 가능성을 말한다. 수행 시점은 셀의 과부하를 감지하고 B-ISHO 여부를 결정하는 시점을 의미하고, B-ISHO 가능성은 B-ISHO가 결정된 세션과 동일한 QoS의 제공 여부를 의미한다.



[그림 8] B-ISHO 시나리오
[Fig. 8] B-ISHO Scenario

B-ISHO는 LTE-AS에서 WiFi, WiFi에서 LTE-AS로 발생할 수 있다. 과부하가 감지되면 Load balancer는 우선순위에 근거하여 ISHO를 수행할 세션들을 선정한 후, 선정된 세션에 대하여 B-ISHO 수락 여부 결정, 셀 선정, QoS 조정, 그리고 재협상이 필요하다면 QoS 재협상을 통하여 부하 제어 과정을 수행한다. 이를 그림 8에 보인다. 우선순위를 근거로 이중망으로 B-ISHO를 권고 받은 MT는, B-ISHO 승인 메시지를 WG-PEP를 통하여 RM-PDP에 전달하고, RM-PDP는 E-SN-PEP를 통하여 연결 설정 및 자원할당을 요구한다. 이에 따라, LTE-AS에서 MT에 대한 새로운 연결 설정 및 자원 할당이 수행되며, 이 결과를 RM-PDP에 전송하고, 연결에 대한 승인을 받은 RM-PDP는 U-ISHO를 수행한다.

5. 결론

LTE-Advanced에서는 Hot-spot 영역 위주로 고속 데이터 통신을 지원하고, Hot-spot 이외의 지역에는 기존의 시스템과의 연동을 통해 어느 지역에서도 하나의 이동 단말기로 단말 이동과 세션 이동 시에 서비스 연속성을 제공해야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 정책 기반의

자원 관리 프레임워크를 제안하고 이를 기반으로 4 종류의 ISHO를 지원하기 위한, 각 모듈간의 연계 순서도 및 ISHO 시나리오를 제시하였다. 향후 본 논문에서 제안된 ISHO 구조의 구체화 및 알고리즘을 고도화하기 위한 세부적인 연구가 필요하다.

References

- [1] Hyun-Ho Choi; Dong-Ho Cho., "Takeover: a new vertical handover concept for next-generation heterogeneous networks," IEEE Transaction on Vehicular Technology, Vol. 4, pp 2225-2229, June 2005.
- [2] K. Ayyappan and R. Kumar, "QoS Based Vertical Handoff Scheme for Heterogeneous Wireless Networks," International Journal of Research and Reviews in Computer Science, Vol. 1, No. 1, pp. 1-6, 2010.
- [3] S. Frattasi and H. Fathi, "Defining 4G Technology from the User's Perspective", IEEE Network, Vol. 20, Issue 1, pp. 35-41, Jan.-Feb. 2006.
- [4] A.H. Khan, M.A. Qadeer, J.A. Ansari, and S. Waheed, "4G as a Next Generation Wireless Network," International Conference on Future Computer and Communication, pp. 334-338, Apr. 2009.
- [5] S. Ryu, D. Oh, G. Sihm, and K. Han. "Research Activities on the Next Generation Mobile Communications and Services in Korea," IEEE Communications Magazine, Vol.43, No.9, pp.122-131, September, 2005.
- [6] D. Lee and J. Lee, "Handover Control Method Using Resource Reservation in Mobile Multimedia Networks," IEICE Transaction on Communications, Vol. 92-B, No. 8, pp. 2684-2697, Aug. 2009.
- [7] Simone Frattasi, Hanane Fathi., "Defining 4G Technology from the User's Perspective," IEEE Network, Volume 20, Issue 1, January.-February. pp. 35-41, 2006.
- [8] P.Khadivi, T.D.Todd, S.Samavi, H.Saidi and D.Zhao, "Mobile Ad Hoc Relaying in Hybrid LAN/Cellular Systems for Dropping Probability Reduction", Proceedings of the 9th CDMA International Conference (CIC 2006), Korea, pp.25-28, March 2006.
- [9] K.Ayyappan and R. Kumar, "QoS Based Vertical Handoff Scheme for Heterogeneous Wireless Networks," International Journal of Research and Reviews in Computer Science (IJRRCS), Vol. 1, No. 1, pp. 1-6, 2010.
- [10] J. Lee, G. Lee, "An End-to-End QoS Control Method for Heterogeneous Networks," Korea Academy-Industrial Cooperation Society," Vol. 10, No. 10, pp. 2715-2720, Oct. 2009.
- [11] G. Lee, S. Jeong, J. Lee, S. Park, "A Policy-based Resource Management Framework for QoS Improvement of Mobile Terminals in heterogeneous Network," Korea Society of Computer Information, Vol. 15, No. 11, pp. 125-133, Nov. 2010.
- [12] Ki-Young Cho, Ho-Seok Nam, Seung-Cheon Kim, Jun-Nyun Kim, "A Study on the Performance Analysis of Wireless Networks for Mobile Convergence in V2V Environments", *Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication*, VOL.11, No.3, pp. 161-168, June, 2011.
- [13] Hae-SeongCho,Ju-PhilCho, "Implementation of Wireless Automatic Control System for Vehicle Interior Environment", *Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication*, VOL.10, No.5, pp. 287-291, October, 2010.
- [14] Jong-Young Ahn, Young-Sub Kim, Sung-Su Kim, Kang-In Hur, "A study on Non-contacted Transmitter Switch for Vehicle", *Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication*, VOL.10, No.5, pp. 245-249, October, 2010.
- [15] JunyoungHeo, "QoS-guaranteed Routing for Wireless Sensor Networks", *Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication*, VOL. 11, No. 6, pp.23-29, December, 2011.
- [16] Sun-Jin Oh, "Design and Evaluation of a Weighted Intrusion Detection Method for VANETs", *Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication*, VOL.11, No.3, pp. 181-188, June, 2011.

이종찬(Jong-Chan-Lee)

[정회원]



- 1996년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터 공학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터 공학과 (공학박사)
- 2000년 10월 ~ 2005년 4월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2005년 4월 ~ 현재 : 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과 부교수

<관심분야>

차세대 이동통신, 센서 네트워크, 무선 멀티미디어

이 기 성(Gi-Sung Lee)

[정회원]



- 1993년 2월 : 송실대학교 컴퓨터 공학과 (공학사)
- 1996년 8월 : 송실대학교 컴퓨터 공학과 (공학석사)
- 2001년 8월 : 송실대학교 컴퓨터 공학과 (공학박사)
- 2001년 9월 ~ 현재 : 호원대학교 컴퓨터·게임학부 교수

<관심분야>

이동멀티미디어통신, 모바일 컴퓨팅, 컴퓨터네트워크 보안