QoS 보장을 위한 UMTS와 WLAN의 인터워킹 구조

김 효 진[†] · 유 수 정[††] · 이 정 갑[†††] · 송 주 석[††††]

요 약

최근 Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)와 Wireless Local Area Network (WLAN)의 장점을 효율적으로 사용하기 위한, 두 네트워크의 인터워킹 구조에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 UMTS와 WLAN은 그 전송량의 차이가 커서, 전송 품질이 저하되기 쉽다. 그러므로 본 논문에서는 tight coupling을 기반으로 이동성 예측 기법을 이용한 동적인 서비스 품질 (QoS: Quality of Service)을 보장해주기 위한 두 네트워크 간 인터워킹 구조를 제안한다. 또한, 이렇게 제안한 인터워킹 구조를 ns-2로 시뮬레이션 하였으며, 그 결과 제안하는 인터워킹 구조가 기존의 인터워킹 구조에 비해 핸드오프 손실률을 줄이고, 핸드오프 순간 QoS를 제공해주지 않는 방법보다 훨씬 더 많은 양의 패킷을 전송한다는 것을 알 수 있다.

키워드 : 인터워킹 구조, 서비스 품질, Tight Coupling, Universal Mobile Telecommunications System, Wireless Local Area Network

A Study of UMTS-WLAN Interworking Architecture for Guaranteeing QoS

HyoJin Kim[†] · SuJung Yu[††] · JungKap Lee[†††] · JooSeok Song[††††]

ABSTRACT

Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) and Wireless Local Area Network (WLAN) have been developed independently. Then, many researchers have studied UMTS-WLAN interworking architecture for the efficiency. However, the transmission capacity difference of two networks causes the transmission quality degradation. Therefore, this paper proposes a UMTS-WLAN interworking architecture for Quality of Service (QoS). The proposed architecture is based on tight coupling and dynamically guarantees QoS by the mobility prediction method. The proposed architecture is simulated by ns-2. Performance experimental results show that the proposed architecture reduces the handover dropping probability comparing with the existing method and enhances the amount of receiving packets comparing with the method without guaranteeing QoS.

Key Words : Interworking Architecture, Quality of Service(QoS), UMTS, WLAN

1. 서 론

현재 Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)와 Wireless Local Area Network (WLAN)은 실생활에서 많이 쓰이고 있다. UMTS는 넓은 지역에서의 이동성을 지원하는 반면, WLAN과 같은 다른 네트워크들 보다 상대적으로 낮은 대역폭을 제공하므로, 높은 전송량을 요구하는 애플리케이션 사용자들을 만족시키기에는 적합하지 못하다. 반면 WLAN은 802.11g의 경우 최대 54 Mb/s (802.11a는 54 Mb/s, 802.11b는 11 Mb/s)의 높은 전송률을 제공할 수 있지만, 넓은 범위의 이동성을 지원하기 어렵다. 그러므로 이러한 두 네트워크의 장점을 이용하기 위한 인터워킹에 대한 많은 연구들이 진행되어 오고 있다.

UMTS와 WLAN의 인터워킹에 대한 연구는 크게 tight coupling 방법과 loose coupling 방법으로 나누어진다[1, 2]. Tight coupling 방법은 WLAN을 하나의 UMTS 액세스 네트워크처럼 취급하므로, UMTS 코어 (core) 내에서 WLAN과 UMTS는 전송 방식을 공유한다. 한편, loose coupling 방법에서는 UMTS와 WLAN를 독립적으로 구현할 수 있지만, 시그널링이 상대적으로 긴 경로를 통과해야 하므로 핸드오프 (handoff) 지연 시간이 길어지게 되어, tight coupling 보다 상대적으로 인터워킹 구조로는 널리 사용되고 있지 않은 편이다[2].

뿐만 아니라, 이러한 두 네트워크 간의 인터워킹 구조에서 전송 품질, 즉, Quality of Service (QoS)을 제공해주기 위한 연구도 활발히 진행되고 있는데, 크게 정책 (policy) 기반 방법 (PDP: Policy Decision Point)과 서비스 별로 나누어 제공해주는 방법, loose coupling 기반의 방법으로 나누어진다. 첫 번째로, PDP 방법은 이동 노드가 WLAN에서

※ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-10614-0) 지원으로 수행되었음
† 준 회 원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정(교신저자)
†† 준 회 원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정
††† 정 회 원 : 연세대학교 컴퓨터산업시스템공학과 석사과정
†††† 종신회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 정교수
논문접수 : 2005년 12월 31일, 심사완료 : 2006년 8월 7일

UMTS로 이동해가기 전에 미리 핸드오프 할 가능성이 있으면, AP에서 UMTS의 전송 대역폭에 맞추어 미리부터 각 연결의 QoS 레벨에 맞게 전송량을 낮추어 전송한다. 그렇게 함으로써, 이동 노드가 WLAN의 범위를 넘어 UMTS로 이동해 갈 경우에 패킷 손실률을 줄이는 방법이다[1, 3]. [3]은 PDP 기반으로 정책 제공 모듈, 연결 허가 모듈, QoS 이동 관리 모듈, QoS 모니터링 모듈의 4 가지 모듈을 사용하여 연결 요청 수에 따라 QoS 레벨을 낮추어 전송한다. 하지만, 연결 요청이 많을 때에는 비록 높은 QoS 레벨을 필요로 하는 연결이 존재한다고 하더라도, 그 레벨을 낮추어야 한다. 한편, [1]은 tight coupling 기반으로 기지국과 게이트웨이 사이에 추가적인 무선 링크를 만들어 PDP를 이용하여 핸드오프를 제공해주는 방법을 제시하였다. 즉, 무선 링크를 하나 더 추가함으로써, 이 링크를 이용하여 핸드오프에 필요한 정보를 얻어서 QoS를 제공해준다. 하지만, 이 방법은 한 번에 여러 개의 같은 레벨의 연결 요청이 들어오면 어느 연결을 먼저 서비스해 줄 지에 대한 방법이 제시되지 않았으므로, 실시간으로 QoS를 보장해 줄 수 없다. 두 번째로, 음성과 데이터의 서비스에 따라 QoS를 제공해주는 방법도 제안되었다[4]. 즉, 많은 양의 데이터를 전송할 수 있는 WLAN을 이용하여 데이터 서비스를 제공하고, 전역적으로 서비스를 제공해 줄 수 있는 UMTS를 이용하여 끊김없이(seamless) 음성 서비스를 제공한다. 하지만, 최근 이슈가 되고 있는 VoIP (Voice over Internet Protocol) 등의 경우, 음성을 데이터화하여 전송하므로 이 방법은 적합하지 못하다. 세 번째로, loose coupling을 이용하여 리소스 관리와 연결 허가 제어를 제공하는 방법도 제시되었다[5]. 즉, 이 방법은 Serving General Packet Radio Service (GPRS) Support Node (SGSN) 하에서 WLAN과 UMTS 간의 연동성을 제공하는 게 아니라, Gateway GPRS Support Node (GGSN) 하에서 두 네트워크 간의 연동성을 제공하는 방법이다. 하지만, 이 방법은 인터워킹을 제공하기 위하여 이동 노드의 신호가 긴 경로를 통하여 전송되어야 하므로, 핸드오프 지연 시간이 매우 크다.

그러므로 본 논문에서는 tight coupling 방법을 이용하여 서비스 품질에 해당하는 QoS를 보장해주기 위한 UMTS-WLAN 인터워킹 구조(IAQC: UMTS-WLAN Interworking Architecture for guaranteeing Quality of serviCe)를 제안한다. 제안하는 IAQC는 이동 노드의 이동 속도 및 방향에 기반을 둔 이동성 예측 기법을 이용하여 QoS를 동적으로 제공한다.

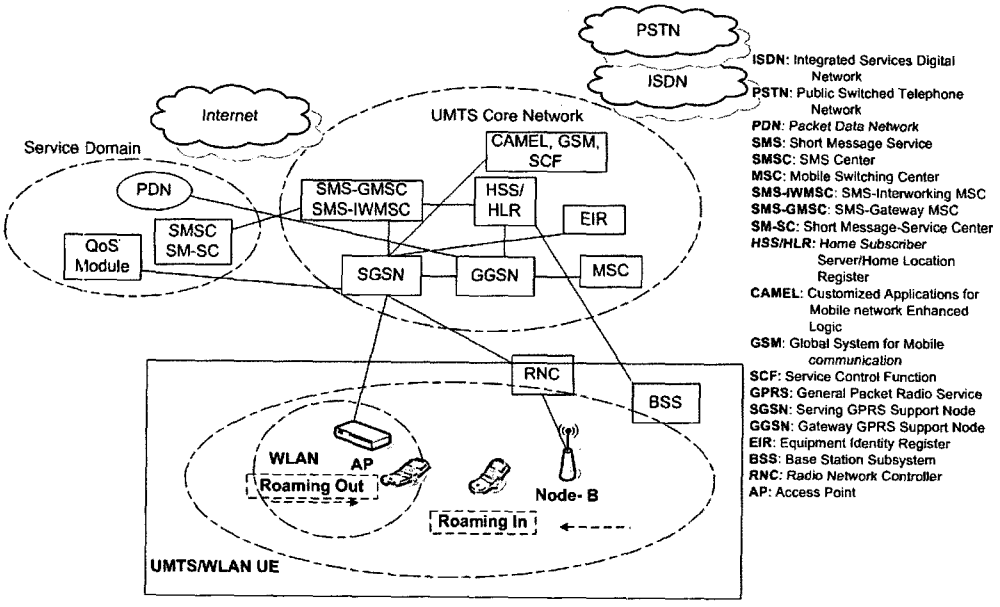
본 논문의 2장에서는 제안하는 IAQC의 동작 방법을 자세히 설명한다. 3장에서 기존의 인터워킹 구조들과 IAQC의 성능을 ns-2를 이용하여 비교하고, 4장에서 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

2. IAQC 구조

본 장에서는 QoS를 보장하면서 UMTS-WLAN 인터워킹을 하기 위한 시나리오와 IAQC 구조를 설명하고, IAQC의 동작 방법을 설명한다.

2.1 인터워킹 구조 및 인터워킹 시나리오

IAQC 구조는 (그림 1)과 같이 tight coupling을 기반으로 하며, QoS는 SGSN에 접속되어 있는 QoS 모듈에 의해 제공된다. WLAN은 하나 이상의 Access Point (AP)를 통해 hot-spot의 형식으로 UMTS에 분포되어 있으며, UMTS는 WLAN 이외의 모든 지역을 커버할 수 있다고 가정한다. 따라서 이동 노드는 언제든지 UMTS로 통신할 수 있으며,

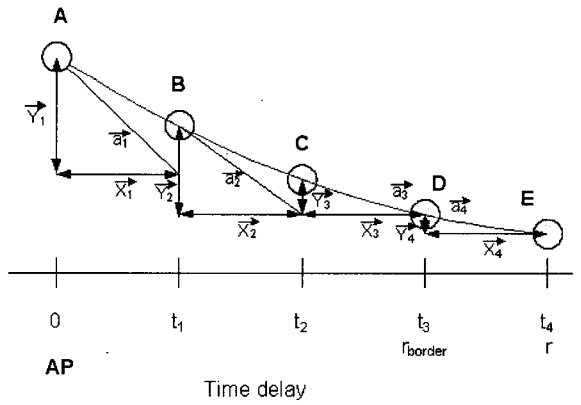


(그림 1) IAQC 인터워킹 구조

hot-spot 영역에서는 UMTS 뿐만 아니라 WLAN으로도 통신할 수 있다. AP는 자신의 셀 안에 있는 모든 이동 노드들과 통신할 수 있으며, 이웃 AP의 위치와 같은 주변 환경에 대해서도 알고 있다. 인터워킹 시나리오는 이동 노드의 움직임에 따라 WLAN에서 UMTS로, UMTS에서 WLAN으로 중 하나로 결정된다[6]. 한편, WLAN은 UMTS에 비해 전송 대역폭이 매우 크기 때문에 이동 노드가 WLAN에서 UMTS로 같은 전송량으로 데이터를 전송받으며 통신하면, 끊김없는 서비스를 제공할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 실질적으로 이동 노드가 WLAN에서 UMTS로 이동할 때 많은 패킷이 손실되는 경우에 초점을 맞추어 인터워킹 구조를 제안한다.

2.2 이동성 예측 알고리즘

AP는 셀 내에 있는 이동 노드로 데이터를 전송하고 받는 Acknowledgement (ACK) 패킷을 통해 모든 이동 노드의 위치를 감지하고 모니터링 할 수 있다. ACK 패킷에는 전송이 제대로 되었는지를 알려주는 전송 여부와 관련된 정보 외에도, ACK 패킷이 만들어진 시간 (T_k)과 그 때의 이동 노드의 셀 내에서의 좌표 ($\overrightarrow{X_k}$, $\overrightarrow{Y_k}$), 그리고 ACK 패킷에 대응되는 데이터 패킷의 라이프 타임 (LT: Life-Time)이 함께 포함되어 있다.



(그림 2) 이동 노드의 움직임 모니터링

(그림 2)와 같이 이동 노드는 A지점에서 켜진 후 AP의 전송 범위의 경계 (r)로 이동한다. AP는 이동 노드가 r_{border}를 지나면, 그 이동 노드가 hot-spot 영역을 빠져나갈 수도 있다고 가정하고 모니터링 된 이동 정보를 SGSN의 QoS 모듈에 전송한다. QoS 모듈은 이동 노드의 매 시간에 따른 기울기를 수식 (1)과 같이 계산한다.

$$\vec{a}_1=\frac{\overrightarrow{Y_1}}{\overrightarrow{X_1}}, \vec{a}_2=\frac{\overrightarrow{Y_2}}{\overrightarrow{X_2}}, \ldots, \vec{a}_k=\frac{\overrightarrow{Y_k}}{\overrightarrow{X_k}} \quad (1)$$

QoS 모듈은 수식 (1)에서의 값을 이용하여 다음과 같은 움직임 예측 알고리즘을 적용하여 이동 노드의 움직임을 예측한다. 뿐만 아니라, 이동 노드의 움직임 방향에 따라 핸드오프 여부를 판단하기 위하여, 이동 노드가 WLAN에서 서비스 받기 시작한 시점부터 현재까지의 속도 ($\overrightarrow{v_k}$) 및 누적 기울기 ($\overrightarrow{a_{cum}}$)를 수식 (2)과 (3)와 같이 계산한다.

$$\vec{v}_k=\frac{(\sum_{m=1}^{k}(\overrightarrow{X_m}+\overrightarrow{Y_m}))^2}{\sum_{m=1}^{k}t_m} \quad (2)$$

$$\overrightarrow{a_{cum}}=\sum_{l=1}^{k}\vec{a}_l \quad (3)$$

이동 노드의 움직임 예측 알고리즘

```
Tracing the position of the mobile node (X_k, Y_k):
if (the mobile node goes through r_border)
{
   while (handoff_decision_factor)
   {
      calculate the current slope (a_k):
      obtain the moving direction (traced a_k ):
      // a_1, a_2, a_3,..., a_k
      summation the direction to AP and the
        moving direction ( a_cum ):
      if (a_cum ≤ 0 && a_cum ≤ 1/2 (v_k × t_k))
         then, go to while:
         else, go to the transmission rate adjust-
           ment phase for guaranteeing QoS:
      end if
   }
}
end if
```

움직임 예측 알고리즘은 QoS 모듈에 의해 사용되는데, QoS 모듈은 기록된 노드의 움직임 정보를 이용하여, 최근 움직인 방향과 속도로 앞으로 노드가 움직일 방향과 속도를 예측한다. 이를 위해 QoS 모듈은 현재 (t_{k-1} 이후 t_k까지)의 이동 노드의 이동 경로를 벡터 ($\overrightarrow{a_k}$)로 계산하고, 이를 AP에서부터 현재까지의 벡터들을 합산한다 ($\overrightarrow{a_{cum}}$). 만약, 그 결과가 벡터 상쇄 ($\overrightarrow{a_{cum}} \le 0$)되거나 WLAN 내에서의 현재까지의 이동 경로의 절반보다 작을 경우 ($\overrightarrow{a_{cum}} \le \frac{1}{2}(\overrightarrow{v_k} \times t_k)$)에는 이동 노드가 AP에서 멀어지는 방향으로 이동하였다고 판단하기 어려워 아직 이동 노드의 핸드오프 여부를 판단할 수 없으므로, 노드의 경로를 더 모니터링하기 위해 while 문을 다시 수행한다. 반면, 그 외의 경우에는 즉시 QoS 보장 단계로 진입하며, 전송 윈도우 크기가 핸드오프 이전까지 받는 이동 정보에 따라 다음 절과 같이 동적으로 조정된다.

2.3 QoS 보장을 위한 전송 변화율 정의

QoS 모듈은 QoS 보장을 위하여 먼저 수식 (2)을 이용하

여 평균 속도를 수식 (4)와 같이 계산한다. 즉, 평균 속도는 주어진 시간동안 속도 변화율의 평균으로 정의할 수 있다.

$$\vec{v_a} = \frac{\vec{v_1} + \vec{v_2} + \ldots + \vec{v_k}}{k} \quad (4)$$

이동 노드가 r_{border}로 진입하면, QoS 모듈이 주기적으로 $\vec{a_k}, \vec{a_{cum}}, \vec{v_k}, \vec{v_a}$을 계산한다. 만약 이동 노드가 WLAN에서 UMTS로 이동할 때 WLAN의 전송 윈도우의 크기를 TW_{WLAN}라고 하고 UMTS의 일반적인 전송 윈도우의 크기를 TW_{UMTS}라고 한다면, WLAN에서 UMTS로의 핸드오프 이후의 윈도우 크기도 역시 TW_{UMTS}가 되어야한다. 따라서 이동 노드가 r_{border}에서 r로 이동하는 동안 윈도우 크기는 수식 (5)을 이용하여 동적으로 계산된다. 현재 전송 윈도우 크기를 *currentTW*라고 하고 현재 지점(X_k, Y_k)에서 핸드오프가 일어나는 r지점 (X_t, Y_t)까지의 남은 거리를 *distance*라고 할 때, 최종적으로 이동 노드가 r에 도착했을 때 윈도우 크기 (*targetedTW*)는 TW_{UMTS}로 바뀌게 되며, 이를 위한 전송 윈도우의 변화율 (μ_k)은 수식 (5)과 같다.

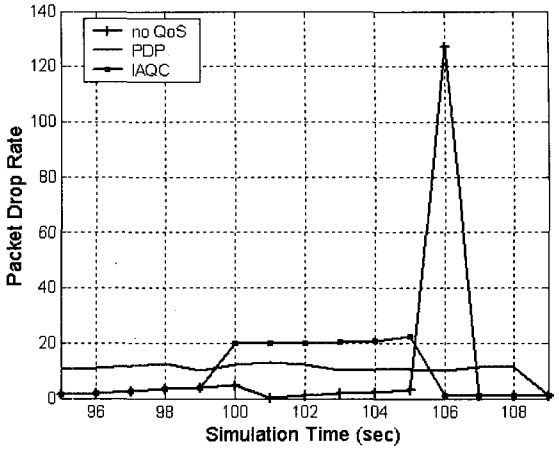
$$\mu_k = \frac{currentTW - targetedTW}{distance * \frac{1}{|\vec{v_a}|}} * \frac{age}{LT} \quad (5)$$

수식 (5)에서 age는 전송 큐(queue)에 머무른 평균 패킷 시간이며, 핸드오프가 완료될 때까지 QoS 모듈은 주기적으로 μ_k값을 계산하여 전송 윈도우 크기를 변경한다. 이렇게 정해진 새로운 윈도우 크기를 이용하여 데이터를 전송한다. 즉, QoS 모듈은 핸드오프가 일어나기 전에 동적으로 전송 윈도우 크기를 변경하고, 전송 큐에 들어온 순서에 따라 실시간으로 트래픽을 처리하게 된다.

3. ns-2를 이용한 성능 분석

이 장에서는 제안하는 IAQC 방법과 기존의 인터워킹 방법인 PDP 방법 (PDP), QoS를 고려하지 않은 방법 (no QoS)을 ns-2 시뮬레이터[7]로 비교 및 분석한다. UMTS는 670 m × 670 m의 전 지역을 커버하면서 최대 1 Mbps의 속도로 서비스하며, WLAN은 UMTS에 hot-spot의 형식으로 반경 150 m의 범위 내에서 10 Mbps의 속도로 서비스한다. 이러한 도메인 상에 20개의 이동 노드들은 랜덤하게 이동하며, 이들의 움직임은 250초 동안 전송 패킷, 수신 패킷, 노드의 위치, 핸드오프 등과 함께 기록된다. 즉, 실질적으로 기록된 모든 이벤트에 대해 정해진 도메인 내의 모든 이동 노드들의 움직임과 전송 패턴 및 전송량에 대한 기록으로 핸드오프가 일어날 때 패킷 손실률과 패킷 수신량을 측정한다.

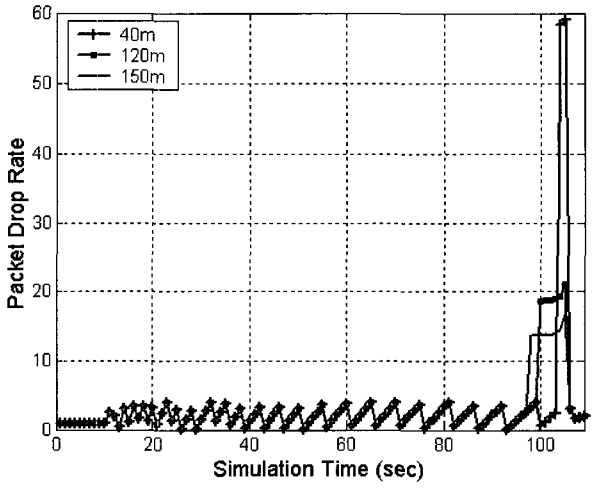
(그림 3)은 이동 노드가 WLAN에서 UMTS로 핸드오프할 때 발생되는 패킷 손실률을 측정한 것이다. no QoS의



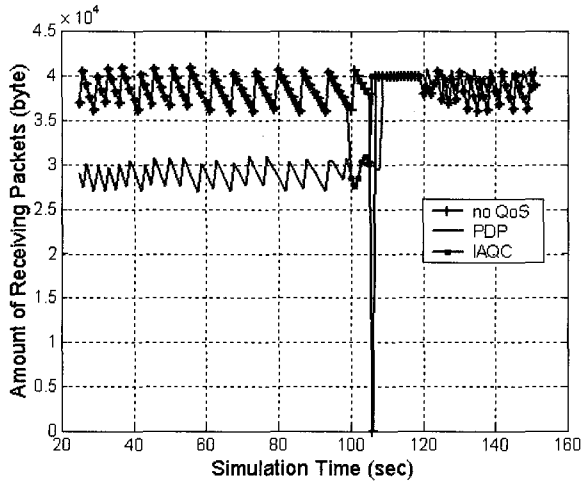
(그림 3) 각각의 QoS 제공 방법에 따른 패킷 손실률

경우, 이동 노드가 WLAN에서 UMTS로 핸드오프하기 전에는 패킷 손실이 거의 없다가 핸드오프가 일어나는 106초에는 매우 많은 패킷이 손실된다. 한편, PDP는 WLAN에서도 미리 UMTS의 전송 대역폭만큼 줄여서 전송하므로, 실제 핸드오프가 일어나는 106초에는 패킷 손실이 거의 없다. 한편, IAQC는 120 m로 설정된 r_{border}로부터 r까지 윈도우 크기를 줄여 전송량을 동적으로 조정하므로, 윈도우 크기를 조정하는 부분에서는 약간의 패킷이 손실되지만 실제 핸드오프 시에는 패킷이 손실되지 않는다. 그러므로, IQAC에서 윈도우 크기를 동적으로 조절하기 시작하는 r_{border}를 정하는 것은 매우 중요하다.

(그림 4)는 효율적인 r_{border}의 크기를 알기 위하여 150 m인 r에 대하여 r_{border}를 40, 120, 150 m로 변경하면서 패킷 손실률을 측정한 것이다. 그래프 결과와 같이, r_{border}의 반경이 작을수록 no QoS와 같은 양상을 보이며, 반경이 클수록 PDP와 같은 양상을 보인다. 즉, r_{border}의 반경이 작을수록 핸드오프 전에는 좋은 성능을 보이나 핸드오프 되는 시점에



(그림 4) r_{border} 반경에 따른 패킷 손실률



(그림 5) QoS 제공 방법에 따른 패킷 수신량

〈표 1〉 핸드오프가 일어나는 순간의 수신량

인터워킹 구조	핸드오프 순간 수신량 (byte)
IAQC	39936
no QoS	0.8
PDP	30515.2

서는 패킷을 전혀 수신하지 못하며, 반경이 클수록 전체적으로 패킷을 균등하게 수신하지만 그 양은 적다.

(그림 5)는 핸드오프 전후의 패킷 수신량을 측정한 것이다. IAQC는 핸드오프 시에 가장 많은 양의 패킷을 수신하며, 전체 구간에서 큰 편차 없이 균등하게 좋은 성능을 보인다. 이때, r_{border}는 120 m의 반경을 사용하였다. no QoS는 핸드오프 전에는 좋은 성능을 보이나, 핸드오프 되는 시점에서는 패킷을 수신하지 못한다. 한편, PDP는 대체적으로 균등하게 패킷을 수신하지만 전체적으로 그 양이 적다.

<표 1>은 핸드오프가 일어나는 106초에서, 각 QoS 방법에 대한 수신량을 측정한 결과이다. IAQC가 no QoS 보다 약 100 %, PDP보다 약 23.59 % 높은 수신량을 보인다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

최근 UMTS-WLAN 인터워킹에서 QoS를 보장하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 하지만 기본적으로 UMTS와 WLAN은 전송 대역폭이 다르기 때문에 QoS를 제공하기에는 많은 어려움이 있다. 그러므로, 본 논문에서는 QoS를 지원해주기 위한 UMTS와 WLAN의 인터워킹 구조를 제안하였다. 제안하는 인터워킹 구조는 tight coupling을 기반으로 이동성 예측을 통한 동적 전송량 조절 알고리즘을 사용하여 QoS를 보장해 준다. 시뮬레이션 결과로 제안하는 인터워킹 구조가 핸드오프 시에 낮은 패킷 손실률과 높은 수신량을 제공한다는 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] ETSI, Broadband Radio Access network (BRAN); HIPERLAN Type 2; Requirements and Architectures for Interworking between HIPERLAN/2 and 3rd Generation Cellular Systems, TR 101 957.

[2] C. Liu and C. Zhou, "An Improved Interworking Architecture for UMTS-WLAN Tight Coupling", *2005 IEEE Wireless Communications and Networking Conference,* vol. 3, LA, USA, pp. 1690-1695, 13-17 March 2005.

[3] X. G. Wang, G. Min, J. E. Mellor, K. Al-Begain, and L. Guan, "An adaptive QoS framework for integrated cellular and WLAN networks", *Computer Networks,* vol. 47, pp. 167-183, 2005.

[4] M. Jaseemuddin, "An Architecture for Integrating UMTS and 802.11 WLAN Networks", *the Eighth IEEE International Symposium on Computers and Communication,* Kemer-Antalya, Turkey, vol.2, pp. 716-723, June-July, 2003.

[5] W. Song, W. Zhuang, and W. Shen, "Resource Management for QoS Support in Cellar/WLAN Interworking", IEEE Network, vol. 19, no. 5, pp. 12-18, Sept.-Oct. 2005.

[6] 3GPP TS 23.234, v6.5.0 (2005-06): 3GPP system to Wireles Local Area Network (WLAN) interworking; System description.

[7] The VINT Project: 'The network simulator - ns-2,' Available at http://www.isi.edu/nsnam/ns/.

김 효 진

e-mail : hyojin@emerald.yonsei.ac.kr

2002년 연세대학교 기계전자공학부 정보산업공학 전공(공학사)

2004년 연세대학교 컴퓨터산업시스템 공학과(공학석사)

2004년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정

관심분야 : 정보보호, 무선통신

유 수 정

e-mail : sues@emerald.yonsei.ac.kr
1998년 중앙대학교 수학과(이학사)
2002년 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
2004년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정
관심분야 : 정보보호, 무선통신

송 주 석

e-mail : jssong@emerald.yonsei.ac.kr
1976년 서울대학교 전기공학과(공학사)
1979년 KAIST 전기과(공학석사)
1988년 Dept. of Computer Science, University of California at Berkeley (공학박사)
1989년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과, 정교수
관심분야 : 정보보호, 유, 무선통신

이 정 갑

e-mail : niceye@emerald.yonsei.ac.kr
2004년 아주대학교 정보 및 컴퓨터공학부 (공학사)
2004년~현재 연세대학교 컴퓨터산업시스템 공학과(석사과정)
관심분야 : 정보보호, 무선통신