

이종 무선망 환경에서의 성능향상을 위한 수직적 핸드오프 알고리즘

이승찬*, 서성훈*, 송주석*
*연세대학교 컴퓨터과학과
e-mail:chanyi@emerald.yonsei.ac.kr

Performance Enhanced Vertical Handoff Algorithm in Heterogeneous Wireless Network Environment

SeungChan Lee*, SungHoon Seo*, JooSeok Song*
*Dept of Computer Science, Yonsei University

요 약

차세대의 무선 네트워크 기술은 기존의 망을 통합하고 IP화 하는 방향으로 발전중이며, WWAN과 WLAN의 통합망에 관한 연구가 활발히 진행 중이다. 본 연구는 최근 상용화 서비스가 이루어지고 있는 WDMB 기술을 WWAN, WLAN과 강결합(Tight Coupling) 방식으로 통합한 네트워크 환경을 제안한다. 본 연구에서 제안하는 수직적 핸드오프(Vertical Handoff) 기법은 WLAN 인터페이스를 필요한 상황에만 구동하여 에너지 소비율을 낮춘다. 또한 WDMB 인터페이스를 상시 구동하여 데이터 트래픽이 발생할 때에 곧바로 WDMB 인터페이스를 통해 데이터 전송을 시작하여 전송률을 높인다. 또한 성능 평가를 통하여 단말에 장착된 모든 인터페이스를 구동하는 방식과 비교하여 에너지 소비율이 경감되었으며, 단말에 장착된 한 가지 인터페이스만을 구동하는 방식과의 비교를 통해 데이터 전송률이 크게 향상되었음을 보인다.

1. 서론

데이터 통신을 위한 차세대의 무선 네트워크 기술은 기존에 존재하는 네트워크를 활용하여, 모든 데이터 통신을 IP화하고 통합하는 방향으로 발전되어 가고 있다.

통합에 대한 연구가 주로 이루어지는 대표적인 무선 네트워크로는 WWAN(Wireless Wide Area Network)과 WLAN(Wireless Local Area Network)이 있다. 휴대 통신망으로 사용되는 WWAN은 기지국간 핸드오프(Horizontal Handoff)를 통해 광역의 서비스 범위를 제공할 뿐만 아니라, 기지국이 도처에 퍼져있기 때문에 사용자가 서비스를 받을 확률이 매우 높다. 반면 데이터 전송에 대한 과금률이 매우 높고, 다른 네트워크에 비해 데이터 전송률이 낮다.

WLAN은 높은 데이터 전송률을 보장하지만 접속점에 대한 서비스 범위가 매우 협소하여 사용자가 서비스를 받을 확률은 매우 낮다. 최근에는 단방향 디지털 방송 서비스인 WDMB(Wireless Digital Multimedia Broadcasting) 기술이 상용화 되고 있으며 유럽의 DVB-H 기술은 IPDC(IP Datacasting) 기법을 이용하여 지정된 사용자에게 일대일 Unicating을 할 수 있어 데이터 전송에 활용될 수 있다. DVB-H는 넓은 전송범위와 낮은 에너지 소비율이 특징이며 WWAN과 WLAN 사이의 데이터 전송률을 보장할 수 있지만 단방향 전송이라는 제약이 있다. 본 연구는 이러한 네트워크간의 서로 다른 특성을 상호 보완하고 높은 전송효율을 보장하는 데에 목적이 있다.

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음

2. 관련연구

[1]에서는 WWAN과 WLAN이 중첩된 Overlay 네트워크 환경에서 계층적 이동성 관리 시스템과 MIP(Mobile IP) 시스템 구축을 통하여 빠르고 효율적인 핸드오프 알고리즘을 제시하고 있다. 그러나 약결합(Loose Coupling) 방식으로 구성된 네트워크 환경은 코어 인터넷 망을 거쳐 핸드오프를 수행해야 할 뿐만 아니라 MIP 시스템의 복잡한 바인딩 업데이트 과정은 속도와 효율성을 저하시키는 요인이 된다.

[3]에서는 WWAN과 WLAN을 강결합 방식으로 결합한 네트워크 환경에서 무선 노드로의 빠른 데이터 전송을 위한 새로운 망구조를 제안하고, 끊임없는 핸드오프를 위하여 PHY layer와 MAC layer, Network layer에 걸치는 알고리즘을 도입하고 있다.

[4]에서는 WWAN과 WLAN 망의 연동을 통해 언제나 네트워크에 접속하여 서비스를 받을 수 있도록 하기 위한 끊임없는 핸드오프를 수행한다. 하지만 [3, 4]에서 제시하는 핸드오프 기법들은 WLAN을 통해 데이터를 전송받지 않는 순간에도 에너지 소모율이 높은 WLAN 인터페이스를 구동하여 주기적으로 신호의 세기를 감지하므로 에너지 소모가 크다.

[5]에서는 WWAN, WLAN 그리고 WDMB의 강결합 네트워크 환경에서 수직적 핸드오프의 에너지 소모를 최소화하기 위한 인터페이스 선택 알고리즘을 제안하고 있다. 단말에는 WWAN, WLAN, 그리고 WDMB를 탑재하고 상황에 적합한 한 개의 인터페이스만을 구동하여 데이터를 수신하는 방법으로 에너지 소모를 최소화한다. 그러나 다른 네트워크의 상태를 유연하게 판단할 수 없고, 핸드오프를 수행하기 위해서 전원이 꺼져있는 인터페이스를 기동해야 하기 때문에 핸드오프 결정이 매우 늦다. 또한 핸드오프에 사용되는 척도로 사용자 버퍼에 관한 정보와 사용자 밀집도 정보를 요청하므로 추가적인 시간이 요구된다.

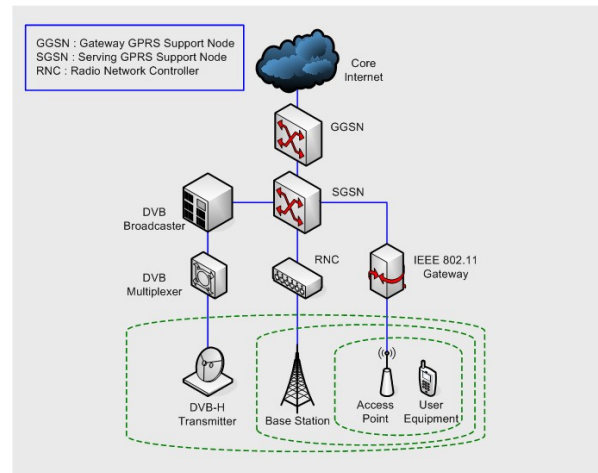
3. 시스템 개요

본 연구는 WWAN과 WLAN 그리고 WDMB가 강결합 방식으로 결합된 무선 네트워크 시스템을 제안한다. WWAN 환경으로는 UMTS 망구조를 도입하고, WDMB는 데이터 Unicating이 가능한 DVB-H/IPDC 기술을 도입한다. WLAN은 IEEE 802.11/b 규격을 이용하며, 표 1은 각 무선네트워크의 특성들을 나타내고 있다.

<표 1> 무선 네트워크의 특성

	UMTS	DVB-H	IEEE 802.11/b
최대 전송률	2Mbps	10Mbps	11Mbps
전송범위	1~10Km	5~30Km	0.05~0.1Km
대기상태 에너지 소모	0.099Watt	0.73Watt	1.97Watt
전송 중 에너지 소모	0.495~2.805 Watt	0.73Watt	7.19~7.45 Watt

본 연구는 그림 1과 같이 UMTS의 코어 네트워크인 SGSN에 WLAN의 Gateway, WDMB의 Broadcaster를 연결하여 WWAN을 중심으로 한 강결합 방식의 망을 구성하며, 에너지 소모율을 고려하면서 좀 더 빠른 데이터 전송을 제공하기 위한 핸드오프 알고리즘을 제안한다.



(그림 1) 강결합 네트워크 구성

4. 핸드오프 알고리즘

본 연구에서 제안하는 핸드오프 알고리즘은 단말이 데이터를 수신하는 다운링크 트래픽만을 고려하며, 다음과 같이 수신 발생, 네트워크 이동, 수신 종료의 3단계로 나누어진다.

1) 데이터 수신 발생단계

WWAN의 SGSN은 데이터를 전송하기 위해 사용자 단말로 데이터 수신 요청을 보낸다. 사용자의 단말은 *Data_Incoming*을 설정 하고, 데이터를 수신할 인터페이스를 선택한다. 사용자의 단말은 항상 WDMB의 신호세기를 감지하여 기준치보다 높을 경우에 WDMB를 통해 데이터를 전송해줄 것을 SGSN에 요청한다. 그렇지 않은 경우에는 WWAN을 통해 데이터를 전송받는다. 데이터 전송이 시작

된 이후에는, 높은 전송률을 보장하기 위하여 WLAN의 신호 세기를 감지한다. WLAN은 전력소모율이 높고 서비스 확률이 낮기 때문에 필요시에만 기동하여 에너지 소모율을 낮춘다. 신호 세기가 기준치보다 높으면 WLAN으로 핸드오프를 수행하고, 그렇지 않으면 WDMB로 수신을 계속한다.

```

/* Incoming Data Triggering Step */
if ( Data_Incoming ) {
    if ( Signal_Strength_WDMB > Threshold_WDMB )
        Get_Through_WDMB
    else
        Get_Through_WWAN

    Start_on_WLAN
    if ( Signal_Strength_WLAN > Threshold_WLAN )
        VHO_to_WLAN
    else
        Kill_WLAN
}
    
```

2) 네트워크 이동단계

```

/* Network Switching Step */
switch ( Activated_Network ) {
case ( WDMB ) :
    if ( Signal_Strength_WDMB <= Threshold_WDMB )
        VHO_to_WWAN
case ( WLAN ) :
    if ( Signal_Strength_WLAN <= Threshold_WLAN )
    {
        if ( Signal_Strength_WDMB >
            Threshold_WDMB )
            VHO_to_WDMB
        else VHO_to_WWAN
    }
case ( WWAN ) :
    if ( Signal_Strength_WDMB > Threshold_WDMB )
    {
        if ( WLAN_on ) Kill_WLAN
        VHO_to_WDMB
    }
    else {
        if ( WLAN_off ) Start_on_WLAN
        if ( Signal_Strength_WLAN >
            Threshold_WLAN )
            VHO_to_WLAN()
    }
}
    
```

사용자가 데이터를 수신하고 있는 동안에는 네트워크 이동단계의 핸드오프 알고리즘이 수행된다. 데이터를 수신하고 있는 인터페이스가 WDMB인 경우에 WDMB의 신호 세기가 기준치보다 약해질 때 WWAN으로 핸드오프를 수행한다. WLAN을 통해 데이터를 수신하는 도중에 WLAN의 신호 세기가 약해진다면, 우선 WDMB의 신호세기를 확인하여 기준치보다 높으면 WDMB로, 약하면 WWAN으로 핸드오프를 수행 한다. WWAN을 통해 데이터를 수

신하는 경우에는 계속적으로 WDMB의 신호세기를 파악하여 WDMB로의 핸드오프 여부를 결정하고, 핸드오프가 일어나지 않을 경우에는 WLAN의 인터페이스를 기동하여 WLAN의 신호 세기를 확인한다. WWAN으로 데이터 전송을 받는 동안에 핸드오프 결정을 위해 기동한 WLAN의 인터페이스는 WDMB로 핸드오프를 수행하기 전까지 계속적으로 신호의 세기를 확인하게 된다.

3) 데이터 수신 종료단계

```

/* Release Data Receiving Step */
if ( Termination || Timeout )
    switch ( Activated_Network ) {
    case ( WLAN ) : Kill_WLAN
    case ( WDMB ) : Block_from_WDMB
    case ( WWAN ) : Block_from_WWAN
    }
}
    
```

사용자에 의하여 강제 종료 요청이 있거나, 데이터 수신 없이 일정시간이 지나면 데이터 수신을 종료하게 된다. 만약 WLAN 인터페이스를 통하여 데이터를 수신중이면 WLAN 인터페이스의 작동을 완전히 중단시킨다. WDMB나 WLAN으로 데이터를 수신중이면 수신을 강제로 차단한다.

5. 성능평가

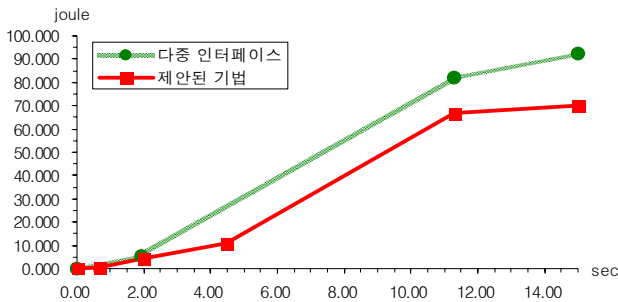
본 연구에서 제안한 핸드오프 기법의 성능평가를 위하여 다음과 같은 시나리오를 가정한다. 사용자의 단말은 UMTS, DVB-H, IEEE 802.11/b 인터페이스를 탑재한 단말로서, 데이터 전송 시작시 UMTS, WLAN, DVB-H의 전파 도달범위가 모두 중첩되어 있는 Overlay 네트워크에서 출발하여, 10초 후에는 WLAN의 전파 도달범위에서 벗어나 UMTS와 DVB-H의 전파만이 도달하는 네트워크 환경으로 이동한다. 성능평가를 위한 파라미터 설정은 표 2와 같이 한다.

<표 2> 성능 평가를 위한 파라미터

		WWAN	WDMB	WLAN
에너지 소모율	대기중	0.1Watt	0.7Watt	2.0Watt
	전송중	2.8Watt	0.7Watt	7.4Watt
데이터 전송률		144Kbps	384Kbps	1Mbps
진행시간		15sec		

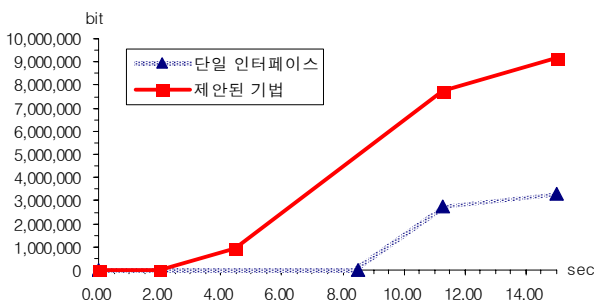
그림 2는 본 연구에서 제안하는 기법(그림 2, 제안된 기법)과 모든 인터페이스를 상시 구동하는 기

법(그림 2, 다중 인터페이스)의 에너지 소모량을 비교한 결과이다. 본 연구에서 제안한 기법은 초기 데이터 전송을 WDMB로 시작하고 WLAN의 전파 도달 범위를 벗어난 구간에서는 WLAN의 인터페이스 전원을 완전히 차단하므로 상대적으로 낮은 에너지 소모율을 보인다. 본 연구에서 제안한 기법은 15초 동안에 70.05J을 소모하여 92.44J을 소모한 모든 인터페이스를 상시 구동하는 기법에 비하여 에너지 소모율이 약 24% 감소함을 알 수 있다.



(그림 2) 에너지 소모율 비교

그림 3은 에너지 소모율을 최소화한 기법([5], 그림 3, 단일 인터페이스)과 데이터 전송량을 비교한 결과이다. 에너지 소모율을 최소화한 모델은 수직적 핸드오프 여부를 판단하기 위한 인터페이스 기동시간이 매우 지연되지만, 본 연구에서 제안한 기법은 초기 인터페이스 기동시간이 소요되지 않으므로 먼저 데이터 전송을 시작할 수 있고, WWAN보다 전송률이 높은 WDMB로 전송을 시작하므로 에너지 소모율을 최소화한 모델보다 초기 데이터 전송량이 약 179% 앞서 있는 것을 볼 수 있다.



(그림 3) 데이터 전송량 비교

6. 결론

본 연구는 WWAN과 WLAN, 그리고 WDMB가 중첩된 네트워크 환경에서 이동 중인 단말이 에너지 소모율과 데이터 전송률을 모두 고려하여 가장 적합

한 네트워크로 접속을 변경하는 수직적 핸드오프 알고리즘을 제안하였다. 전체 에너지 소모율을 줄이기 위하여, 에너지 소모율이 가장 높고 서비스 확률이 적은 WLAN 인터페이스를 필요한 시점에만 구동하여 핸드오프 여부를 판단한다. 또한, 빠른 데이터 전송을 위하여, WWAN보다 전송률이 높고 비용이 저렴한 WDMB 인터페이스를 통하여 곧바로 데이터 전송을 시작할 수 있도록 한다. 이러한 기법을 이용하여 모든 인터페이스를 상시 구동하는 기법에 비하여 에너지 소모율이 약 24% 줄어들었으며, 하나의 인터페이스만을 선택적으로 구동하는 모델에 비하여 데이터 전송량은 약 179% 증가하였다. 본 연구에서 다루지 않은 업링크 트래픽에 대한 효율적인 핸드오프 알고리즘과, 에너지 소모율 대비 데이터 전송량에 관한 분석은 향후 과제로 남겨둔다.

참고문헌

- [1] H. Badis and K.A. Agha, "Fast and Efficient Vertical Handoffs in Wireless Overlay Networks," PIMRC, 15th IEEE International Symposium, Vol. 3, pp. 1968-1972, 2004.
- [2] M. Stemm and R.H. Katz, "Vertical Handoffs in Wireless Overlay Networks," Mobile Network and Applications, Vol. 3, pp.70-80, 1999.
- [3] C. Lui, C. Zhou, "An Improved Interworking Architecture for UMTS-WLAN Tight Coupling," IEEE Communication Society, Vol. 3, pp. 1690 - 1695, 2005.
- [4] E. Gustafsson, and A. Jonsson, "Always Best Connected," IEEE Wireless Communications, vol. 10, no.1, pp. 49-55, Feb. 2003.
- [5] S.H. Seo, S.C. Lee and J.S. Song, "Power Aware Vertical Handoff Algorithm for Multi-Traffic Environment in Heterogeneous Networks," 정보처리학회논문지, Vol. 12-B, No.6, 2005.
- [6] H.E. Choi, N.G. Kim and H.S. Yoon, "Fast Handoff through Minimizing L2 Delay in Next Generation Mobile System," 정보처리학회논문지, Vol. 11-C, No. 7, pp. 1023-1032, 2004.
- [7] Sookun Kwon, "Handoff Control Scheme for IP Based Hybrid Mobile Data Network," Journal of Korea Multimedia Society, Vol.7, No. 5, pp. 680-688, 2004.