

# SDR기반의 공용기지국 환경에서의 WiBro와 WLAN간의 효율적인 핸드오프 알고리즘

차빈\*, 송주석\*

\*연세대학교 컴퓨터과학과

e-mail:{bin14094, jssong}@emerald.yonsei.ac.kr

## An Efficient Handoff Algorithm for WiBro and WLAN Network in Common Base Station based on SDR

Bin Cha\*, JooSeok Song\*

\*Dept of Computer Science, Yonsei University

### 요 약

통신망의 통합은 현존하는 네트워크의 중요한 발전과정으로 인식되면서 가속화되고 있으며 대표적으로 WLAN과 WiBro 네트워크와의 연동에 관심이 집중되고 있다. 뿐만 아니라 이기종 망에 대한 연동 방법 연구도 광범위하게 연구되고 있다. 이러한 궁극적인 망 통합을 이루어 낼 수 있는 단말 재구성을 지원하는 SDR기반 연동기법을 통해 실질적인 기지국 공용화를 완성할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 SDR 공용기지국 환경에서 밀결합 방식 연동망을 구성하여 단말의 속도를 고려한 WiBro와 WLAN 간의 효율적인 핸드오프 알고리즘을 제안하였다.

### 1. 서론

최근 들어 다양한 형태로 발전되어 오던 통신 네트워크들의 통합이 사용자들의 당연한 요구사항이 되면서 그 연구는 세계적으로 널리 이루어지고 있다. 현재 WLAN(Wireless LAN) 서비스는 고속의 전송속도를 지원하고 있으나 그 서비스 영역이 작고 아직은 실내기반으로 구축되어 있어 이동성에 제한이 있다. 그리고 3G망은 넓은 서비스 영역과 이동성을 지원하지만 전송률이 낮고 높은 과금으로 인해 사용자들이 마음 편히 사용하기에 제한이 있다. 이러한 3G망과 WLAN의 제약사항을 절충할 수 있는 것이 휴대 인터넷(WiBro)이다.

따라서 본 논문에서는 파일 다운로드와 같은 비실시간 전송형태일 경우를 중심으로 비교적 높은 전송률을 유지하면서 이동성을 지원하기 위해 WiBro(Wireless Broadband Internet)와 WLAN의 통합 연동망에서의 효율적인 핸드오프 알고리즘과 SDR(Software Defined Radio) 기반 공용 기지국 환경에서의 밀결합 연동방식(tight-coupling integration)을 제안한다. 우리가 제안하는 핸드오프 알고리즘은 단말의 이동속도와 단말과 기지국간의 거리를 이용하여 단말이 두 망의 중첩된 지역으로 진입할 때 계산된 체류시간 DT(Dwell Time)를 이용한다.

2장에서는 네트워크 연동방식, SDR, 공용기지국에 대

해 간략히 설명하고, 3장에서는 SDR기반 공용기지국 환경의 'WiBro-WLAN' 연동망에서의 효율적인 핸드오프 알고리즘을 제시하고 4장에서 모의실험을 통한 DT의 임계값을 구한 후 5장에서 결론을 맺는다.

### 2. Convergence Network Architecture

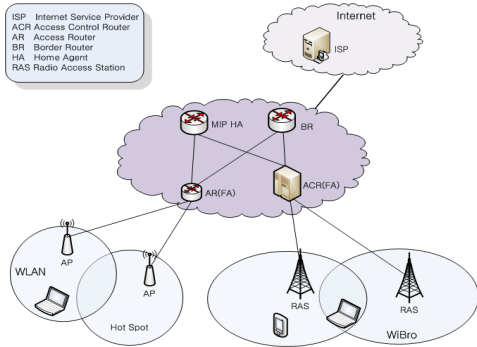
<표 1> WLAN과 WiBro 특성 비교

구분	3G	WLAN	WiBro
서비스 영역	반경 4km	반경 100m	반경 1Km
최대 전송률	384K~2Mbps	11~54Mbps	10~30Mbps
주파수 대역	2.1GHz(WCDMA)	5GHz(802.11a)	2.3GHz
최대 지원 이동속도	250km/h	3km/h	60~120km/h
과금	정액제+용량제(고가)	정액제(저가)	정액제(상대적 저가)

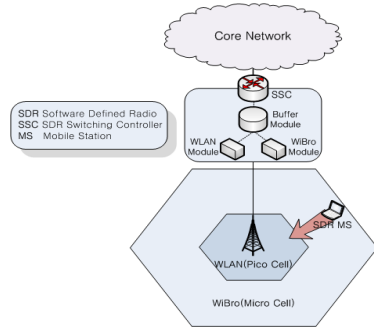
현재 3G망에서 음성서비스는 사용자의 요구에 부족함이 없이 지원이 가능할 것이다. 하지만 높은 전송률을 지원하지 못하고 과금도 높은 편이기 때문에 대용량 데이터 서비스 사용에는 상대적으로 부담이 된다. WLAN 서비스의 경우에는 높은 전송률을 지원하지만 서비스 지역이 좁아 이동성 지원에 제한적이다. WiBro는 이러한 3G와 WLAN의 절충안이라 할 수 있다[1].

WiBro는 2.3 GHz 대역의 주파수를 이용하며, 시속 60km 이상의 이동성과 1Mbps급의 전송속도를 제공하는 휴대 인터넷 서비스이고 WiBro의 전파 전달 거리는 최대 48km에 달함으로써, 핫스팟이라는 서비스 지역에서만 사용이 가능한 WLAN보다 서비스 반경이 10배 이상 넓다.

"이 논문은 2008년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (R01-2006-000-10614-0)."



(그림 1) WiBro와 WLAN 망의 소결합 연동



(그림 2) 제안하는 SDR기반 공용기지국 환경에서의 밀결합 연동망

한국 기업들이 중심이 되어 개발한 WiBro는 IEEE가 최근 승인한 차세대 무선 광대역 전송 기술 표준 IEEE 802.16e에 부합되는 국제 기술 표준이다[2].

SDR은 단일 단말기만을 이용하여 복합적인 통신망 환경을 지원할 수 있도록 스스로 재구성 가능한 기술이다. 각각의 무선 표준들이 주파수와 프로토콜을 갖고 있음으로서 생기는 호환성 문제를 해결하기 위해 지속적인 연구가 SDR Forum을 중심으로 진행되고 있다[3].

현재 기지국 공용화가 구축되어 있는 수준은 철탑을 공용으로 사용하는 정도일 뿐 설비의 실질적인 공용화에는 미치지 못하고 있다. 따라서 기지국의 실질적인 공용화를 위해서도 다중 주파수, 다중 프로토콜을 수용하며 단말 재구성을 지원하는 SDR기반 연동기법이 우선되어야 한다[4].

그리고 여러 가지 망을 통합하는 방법에는 크게 소결합(loose coupling) 연동방식과 밀결합(tight coupling) 연동방식으로 구분할 수 있는데[5], 본 논문에서 제안하는 SDR기반 공용기지국 환경에서의 통합망은 밀결합 연동방식에 속한다. 소결합 연동방식(그림 1)은 현재 갖춰진 망 그대로를 합치는 방식이므로 구현은 쉬울 수 있지만, 각 망끼리의 인증 연계방법과 과금 등의 문제를 해결하는데 어려움이 있으므로 깔끔없는 핸드오프를 하기 어렵다. 반면에 밀결합 연동방식은 실질적인 망 통합으로 새로운 망이 구축이 되는 방식이다. 궁극적인 통합 모델이라고 할 수 있지만 경제적이고 현실적인 측면에서 구현의 어려움이 따르는 모델이다.

(그림 2)은 참고문헌 [4, 6]의 아이디어를 참조하여 새로운 구조로 본 논문에서 제안하는 연동망 구조이다. 공용 기지국 환경이기 때문에 상대적으로 서비스 영역이 작은 WLAN이 WiBro 서비스 영역에 포함되고 공용기지국 환경이므로 각 망의 중심이 같은 형태이다.

SSC(SDR Switching Controller)는 SDR 통합교환 및 단말 재구성을 책임지는 곳으로 단말 재구성에 관련한 각종 정보를 관리한다.

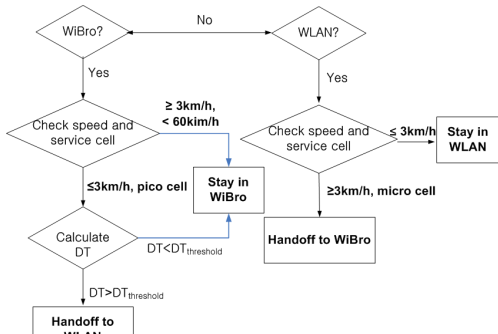
SSC와 기지국 사이에는 논리적인 모듈이 존재하는데, 각 망의 서비스 모듈들과 버퍼 모듈이 있다. 버퍼모듈은 단말의 재구성 요구시 각 서비스모듈로부터 재구성에 필요한 정보를 저장하고, 전송 중인 데이터에 대한 임시 저장 역할도 수행한다. 각 망의 서비스 모듈은 WiBro와 WLAN의 상호 연동을 위한 기지국 재구성 소프트웨어 등을 저장한다[4].

### 3. WiBro와 WLAN의 연동망에서의 핸드오프 알고리즘

본 논문에서는 이동통신망을 고려하지 않고 기본적으로 전 지역은 WiBro를 이용한 통신이 가능한 상태라고 가정하고, WiBro으로의 핸드오프를 고려하였다. 그리고 사용자가 주로 이용하는 데이터 서비스는 비실시간 형태로, 파일 다운로드나 이메일을 주로 이용한다고 가정하였다. 공용기지국 환경이기 때문에 중첩된 셀 형태로 망이 구성되어 있으며, SSC에서 각 기지국과 단말의 위치 및 이동속도 등의 정보를 알고 있다고 가정한다.

기존 이기종간의 핸드오프 방식은 신호세기에 의한 방식이 주를 이루고 있다. 하지만 본 논문에서 제안하는 핸드오프 알고리즘은 단말의 이동속도에 따라 먼저 핸드오프를 고려한 후, 단말의 이동속도와 위치정보를 통한 예상 체류시간을 계산하고 이 값이 적정 임계 체류시간( $DT_{threshold}$ )보다 클 경우에 최종적으로 핸드오프를 하도록 결정한다.

우선 사용자가 WiBro에 접속해 있는 일반적인 경우에는 SSC가 단말의 속도와 현재 사용자가 접속해 있는 기지국을 확인한다. 단말의 이동속도가 시속 60km보다 빠르지는 않은 환경이라고 가정 하에 단말의 속도가 WLAN의 최대 지원 속도인 3km/h보다 빠를 경우에는 WiBro에 그대로 남아 있다. 하지만 단말의 이동속도가 시속 3km이하로 느려지고 WLAN 서비스 지역이 가까움을 SSC를 통해 알게 되면 단말은 예상되는 체류시간(DT)을 계산한다. DT는 WLAN 서비스 지역에 머무르게 될 예상 시간을 의미한다.  $DT_{threshold}$ 는 WLAN 서비스 지역에서 머무를 수 있는 최소한의 시간이다.



(그림 3) WiBro와 WLAN간의 핸드오프 알고리즘  
이 값은 단말의 이동속도와 위치에 따라 달라질 수 있기 때문에 각 경우에 대한 임계값  $DT_{\text{threshold}}$ 를 SSC가 저장하고 있다. 계산된 DT가  $DT_{\text{threshold}}$ 보다 작으면 사용자는 WiBro에 머무르게 되고 크면 WLAN으로 핸드오프를 한다. 적절한  $DT_{\text{threshold}}$ 는 시뮬레이션을 통해서 구한다.

사용자가 WLAN을 사용하고 있는 경우에도 마찬가지로 먼저 SSC에서 단말 이동속도와 사용자가 접속해 있는 기지국을 확인한다. 단말의 이동속도가 시속 3km이하이면 그대로 WLAN에 남아있고, 시속 3km보다 빠를 경우에는 SSC가 WiBro의 대역폭 확인 후 가능하면 WiBro로 핸드오프를 실시한다.

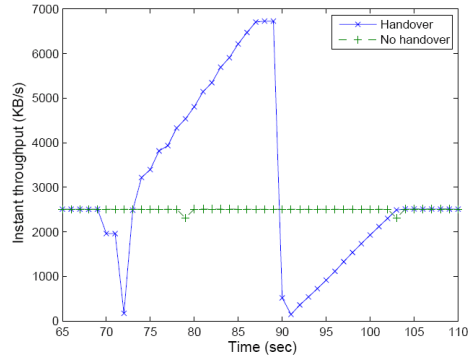
#### 4. 성능 측정 및 분석

<표 2>는 제안하는 알고리즘 구현을 위한 시뮬레이션 파라미터와 값을 보여준다. WiBro와 WLAN간의 수직적 핸드오프 지연시간은 100ms, SDR 모듈 크기는 64Kbyte로 각각 설정하였다. SDR 모듈 크기의 경우 아직까지 명확하게 표준화된 값이 없으므로 임의로 설정하였다. 패킷 사이즈는 1000bytes이고 트래픽 형태는 FTP로 설정하였다. WiBro와 WLAN의 전송률은 각각 최대 20Mbps, 54Mbps로 주었고 TCP New Reno를 사용하여 측정하였다.

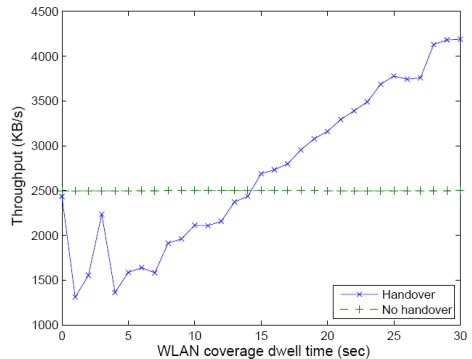
본 논문에서 우리는 SDR기반의 공용기지국 환경에서의 통합망을 제안하였으므로 SSC에서 각 단말의 이동속도, 현재 위치값을 알고 있다고 가정한다. 이 값을 이용하여 핸드오프 없이 WiBro망에 계속 머무르는 경우와 WiBro망에서 WLAN으로 핸드오프 한 후 일정시간이 지난 후 다시 WiBro망으로 핸드오프 하는 경우 단말의 데이터 처리량을 비교하였다.

<표 2> 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
수직적 핸드오프 지연시간	100ms
SDR 모듈 크기	64Kbyte
패킷 서비스 및 크기	FTP 1000bytes
TCP 버전	TCP New Reno
각 네트워크 전송률	WiBro : 20Mbps WLAN : 54Mbps



(그림 4) 단말이 WLAN망을 통과할 때 처리량 변화



(그림 5) WLAN 체류시간에 따른 평균 처리량 변화

이 값을 비교하여 WiBro 망에 머무르는 경우보다 데이터 처리량이 월등히 나아진다고 판단할 수 있는 WLAN 서비스 지역에 머무르는 최소시간  $DT_{\text{threshold}}$  값을 구할 수 있다. 우리는 이 값을 이용하여 WiBro와 WLAN간의 효율적인 핸드오프 알고리즘을 적용할 수 있다.

DT는 현재 단말의 이동속도와 방향 그리고 WLAN망으로 진입하는 위치 좌표값을 가지고 삼각함수 등을 이용한 계산으로 WLAN 서비스 지역에서 이동할 거리를 예측할 수 있다. 이때 단말은 등속도로 일정한 방향으로 이동한다고 각 정보들은 모두 SSC를 통해서 단말이 제공받다고 가정한다. 본 논문에서는 이렇게 가정하였지만 삼각측량의 방법이나 발전된 GPS를 이용하는 방법이 이용될 수도 있다.

(그림 4)는 단말이 WiBro-WLAN-WiBro으로 핸드오프하는 경우의 순간 처리량의 변화를 보여준다. 'no handover'는 핸드오프하지 않고 WiBro에 지속적으로 머무는 경우의 데이터 처리량을 보여준다. 단말은 먼저 70초에 WLAN으로 핸드오프를 하고 WLAN에 20초간 머무르다가 90초에 다시 WiBro로 핸드오프하는 시나리오이다. 두 번의 핸드오프가 일어날 때 순간적으로 데이터 처리량이 급격히 감소함을 확인할 수 있다. 이는 핸드오프 지연시간과 각 노드간의 링크지연시간 그리고 각 망의 대역폭

의 영향임을 알 수 있다.

(그림 5)은 (그림 4)의 결과를 이용하여 DT값의 증가에 따라 WLAN으로 핸드오프를 했을 때와 핸드오프하지 않고 WiBro에 머무르는 경우의 평균 처리량을 비교해서 보여준다. 단말이 WLAN에 머무르는 시간 DT값이 짧으면 처리량은 급격히 떨어진다. WLAN의 넓은 대역폭에 의한 이점이 두 번의 연이은 핸드오프로 인한 처리량 감소치보다 작을 경우에 전체적인 데이터 처리량을 극대화시키기 위해  $DT_{threshold}$ 를 계산한다. (그림 5)에 의하면 WLAN지역에 14초보다 더 오래 머무를 경우에만 WLAN으로 핸드오프하는 것이 효율적인 것을 알 수 있다.

시뮬레이션의 결과가 제한적인 환경에 국한될 수 있으므로 어떤 변수에 따라 달라질 수 있는가에 대해서도 앞으로 지속적인 연구가 필요하다.

## 5. 결론

본 논문에서는 SDR기반의 공용기지국 환경에서의 WLAN과 WiBro 밀결합 연동망에서의 효율적인 핸드오프 알고리즘을 제안한다. SDR 기술을 이용함으로써 이기종 망간의 수직적 핸드오프 지연시간을 수평적 핸드오프 수준으로 줄일 수 있을 것으로 기대한다. 또한 단말의 속도와 위치정보를 이용해 측정된 DT와 시뮬레이션을 통해 측정된  $DT_{threshold}$ 를 이용한 효율적인 핸드오프 알고리즘을 제안함으로써 WiBro와 WLAN간의 불필요한 핸드오프를 줄이고, 또한 핑퐁 현상(ping-pong effect)을 예방하여 데이터 처리량 손실을 막을 수 있다.

## 참고문헌

- [1] 김동완, “휴대인터넷과 타 망과의 연동방안”, 한국전자과학기술, 제15권, 제3호, pp.50-63, 2004
- [2] 김형석, “IEEE 802.16 표준화 및 기술동향”, 전자공학회지 제 34권 제3호, pp.298-306, 2007
- [3] SDR Forum, <http://www.sdrforum.org>
- [4] 이순화, 김정섭, 이승호, 김장복, “SDR기반 공용기지국 환경의 ‘WiBro·WLAN·3G’ 연동망 핸드오프 기법” 한국콘텐츠학회, Vol.7, No.1, pp.94-102, 2007
- [5] 김석훈, 김철홍, 조진성, 장홍성, 유인태, 박성수, 이동학, 정원석, “3G-WiBro 고속 핸드오프를 위한 연동방안”, 한국통신학회논문지, Vol.30, No.5B, pp.264-273, 2005
- [6] 이찬용, 오상철, 주상돈, 정태의, 송병권, “SDR 기반 다중모드를 지원하는 기지국에서의 핸드오프기법”, 한국정보과학회 가을 학술발표논문집 제 31권 제2호 pp.721-723, 2004