

이기종 무선망의 통합 자원관리를 위한 효율적인 네트워크 선택과 버티컬 핸드오버 알고리즘

(Efficient Network Selection and Vertical Handover Algorithms for Common Radio Resource Management of Heterogeneous Wireless Networks)

이 경 원 † 신 충 용 † 조 진 성 ††
(Kyungwon Lee) (Choongyong Shin) (Jinsung Cho)

요약 다중 인터페이스를 가지는 단말들이 다양한 이기종 무선 네트워크 서비스를 사용할 때 사용자의 버티컬 핸드오버가 증가하게 되었고, 이로 인한 네트워크 자원의 통합적인 관리 문제가 대두되고 있다. 이는 이기종 네트워크에서 자원의 통합 관리(Common Radio Resource Management: CRRM)를 통해 효율적으로 해결 될 수 있다. 본 논문에서는 새로운 사용자가 네트워크에 진입할 때 사용자의 요구 사항을 만족하는 네트워크를 선택하는 Integrated Network Selection 알고리즘과 가용자원이 부족하여 새로운 사용자의 요청을 처리할 수 없을 때 기존 사용자를 주변의 네트워크로 버티컬 핸드오버하여 가용자원을 확보하는 Integrated Vertical Handover 알고리즘을 제안하였고, 그 우수성을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

키워드 : 이기종 무선 네트워크, CRRM, 버티컬 핸드오버, 다중 인터페이스

Abstract Various terminals equipped with multiple interfaces may receive services from wireless networks when they pass through the overlaid heterogeneous networks, and thus the vertical handovers across the wireless networks increases, which will become a big problem in the network resource management. This problem can be efficiently solved by common radio resource management (CRRM). In this paper, we propose two operation algorithms based on network selection jointly with vertical handover as the key CRRM strategies. When a new user tries to get services, the CRRM can choose the best target network according to the proposed Integrated Network Selection Algorithm. When the network cannot satisfy the request from the new users, the proposed Integrated Vertical Handover Algorithm moves existing users to neighborhood networks to accommodate new users. The performance of the proposed algorithms has been validated through extensive simulations.

Key words : Heterogeneous wireless network, CRRM, Vertical Handover, Multiple Interface

- 이 논문은 2008년도 정부재원(교육과학기술부 학술연구조정사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-521-D00316)
- 이 논문은 2008 한국컴퓨터종합학술대회에서 '이기종 무선망을 위한 효율적인 통합자원 관리방안'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

† 학생회원 : 경희대학교 컴퓨터공학과
ericulbs@khu.ac.kr
shinsyo@khu.ac.kr

†† 정 회 원 : 경희대학교 컴퓨터공학과 교수
chojs@khu.ac.kr

논문접수 : 2008년 8월 27일

심사완료 : 2009년 4월 16일

Copyright©2009 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제36권 제3호(2009.6)

1. 서론

초고속 유선 인터넷 망의 발달과 다양한 무선 이동통신의 발전으로 WLAN, WiBro, CDMA2000, UMTS와 같은 다양한 이기종 무선 네트워크 서비스가 개발되어 사용되고 있다[1]. 이렇게 다양하고 중첩된 이기종 네트워크 환경에서 사용자의 이동에 따라 끊임 없는 서비스를 제공해야 하며 이를 위한 연구가 계속되고 있다.

중첩된 이기종 무선 네트워크 환경에서 대부분의 네트워크들은 커버리지가 중복되어 운영되고 있다[2]. 따라서 다중 인터페이스를 가지는 단말을 가진 사용자는 동시에 여러 무선망에 접속하여 서비스를 받거나 특정 네트워크를 선택하여 서비스를 받게 된다. 이때 각 망간의 서비스들이 독립적으로 제공되기 때문에 사용자는

네트워크별로 별도의 인증을 받아야 하고 네트워크 관리의 비효율성이 발생하게 되는데 이를 해결할 방안이 필요하게 되었다.

차세대 이동통신 네트워크에서 현재 서비스되고 있는 기존의 무선 네트워크들은 All-IP 기반의 네트워크 환경으로 통합되고 있다[3]. 이러한 환경에서 사용자의 버티컬 핸드오버가 증가하게 되었고[4] 다양한 무선네트워크 중에서 사용할 네트워크를 선택하거나 이동할 네트워크를 결정하여야 한다[5,6]. 하지만 각각의 네트워크들이 별도로 서비스되어 네트워크 자원이 통합적으로 관리되지 않고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 통합 자원관리(Common Radio Resource Management: CRRM)가 제안되었다[7]. CRRM은 여러 이기종 네트워크의 가용 자원을 하나의 자원 풀(resource pool)과 같이 관리하여 효율적으로 자원을 활용하는 방안이다. CRRM을 이용해 네트워크의 대역폭과 인터페이스의 상호세기, 네트워크의 비용과 같은 다양한 요소를 고려하고 중첩된 이기종 무선 네트워크 환경에서 자원을 통합 관리하여 효율적인 사용이 가능하게 된다[8].

본 논문에서는 CRRM에 관련하여 두 가지 통합 자원 관리 방안을 제안한다. 첫 번째는 네트워크에 새로운 사용자가 진입하였을 때 사용자의 요구사항을 만족하는 네트워크를 선택하는 Integrated Network Selection 알고리즘이고, 두 번째는 가용자원이 부족하여 새로운 사용자의 인증을 처리할 수 없을 때 기존 사용자를 주변의 네트워크로 버티컬 핸드오버하여 가용자원을 확보하는 Integrated Vertical Handover 알고리즘이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구를 소개하고 3장에서는 제안하는 중첩된 이기종 무선 네트워크 환경에서의 효율적인 통합 자원관리 방안에 대해 기술한다. 4장에서 성능분석을 기술하고 마지막으로 5장에서 결론을 내린다.

2. 관련 연구

2.1 통합 자원관리(CRRM)

CRRM은 중첩된 네트워크에서 다양한 라디오 접속 기술들의 사용 가능한 자원을 효과적이고 동등하게 관리하여 사용자가 하나의 자원 풀과 같이 자원을 통합하여 효율적으로 관리하는 방안이다[9]. 여러 개의 RRM 들에서 전달되는 정보를 통하여 CRRM은 네트워크의 상태에 따라 하부 RRM을 관리한다. 그림 1은 CRRM의 기능 모델이다. 다양한 접속기술들의 자원을 CRRM에서 관리하게 되면 여러 개의 인터페이스를 가진 단말을 효율적으로 지원할 수 있으며 다양한 서비스별로 각각의 인터페이스를 분할하여 사용하는 것이 가능해진다. CRRM에서 핵심 이슈는 네트워크 선택과 버티컬 핸드

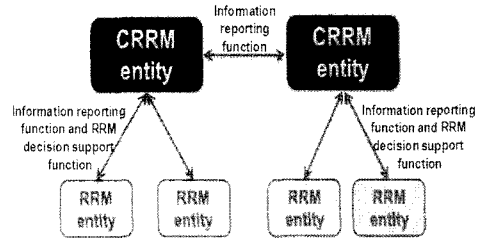


그림 1 CRRM Functional Model

오버이고, 두 가지 핵심 이슈에 대하여 관련연구를 부하 분산 기반 네트워크 선택기법과 네트워크 특성 기반 네트워크 선택기법으로 분류하였고 아래 부분에서 그 문제점을 제시한다.

2.2 부하분산(load balancing) 기반 네트워크 선택방안

부하분산 기반 네트워크 선택방안은 일반적으로 사용자가 한 네트워크에 밀집되는 상황을 해결하기 위하여 사용자를 밀집된 네트워크에서 주변 네트워크로 이동시켜 전체 네트워크의 부하를 분산한다. 이는 사용자들로부터 용량이 높은 네트워크를 선택하여 서비스 요청이 쉽게 블록킹(blocking)되는 것을 피하게 하고 전체 네트워크 용량을 분산하여 사용자에게 가장 좋은 네트워크 환경을 제공해주는데 목적을 두고 있다.

부하분산을 기반으로 하는 네트워크 선택방안은 지금까지 많은 연구가 되어 왔다. Antti 연구진은 부하 임계치(load threshold)기반 네트워크 선택기법을 기술하고 있다[10]. 네트워크에 고정적인 부하 임계치(eg: 80%)를 두어서 네트워크 부하가 임계치 값을 초과하면 기존 네트워크 사용자를 부하가 적은 네트워크로 이동시켜 전체 네트워크의 부하 분산을 이룬다. 만약 주변 네트워크에서 사용자가 꼭 차면 이동시킬 사용자는 블록킹 하게 된다. 하지만 고정적인 부하 임계치 값을 정하는 것이 문제로 되고 기존 네트워크 부하 임계치는 항상 주변 네트워크 부하보다 높아야 되고 만약 주변 네트워크의 부하도 임계치를 넘으면 사용자의 핸드오버가 실패할 확률이 높다. 이러한 문제점을 고려하여 [11]에서는 적응형 부하 임계치(adaptive load threshold)방안에 대해 기술하고 있다. 주변 네트워크 부하에 따라 기존 네트워크의 부하 임계치 값을 주기에 따라 변경하여 기존 네트워크 부하가 항상 주변 네트워크보다 높아 사용자의 핸드오버 실패 확률을 낮추어 준다. 하지만 단일한 부하 임계치 기반 네트워크 선택기법은 오직 부하 임계치를 사용하였기에 네트워크와 사용자 상태를 반영하지 못하고, 사용자가 네트워크에 서비스 요청을 하면 요청한 만큼 네트워크 자원을 마련해주기 때문에 새로운 사용자가 네트워크 진입하여 서비스를 사용하면 네트워크 부하는 항상 밀집된 상황을 피하지 못하게 된다. 사용자가

기존 네트워크의 부하의 원인으로 사용이 가능한 주변 네트워크로 핸드오버 할 때 부하 임계치 기반 네트워크 선택방안은 사용자 선택기법을 제시해주지 않고 있다.

Taha 연구진은 네트워크의 가용 자원이 부족할 때 네트워크에 새로 진입하는 사용자의 요구 대역폭을 만족하기 위하여 기존 네트워크의 가용 자원을 확보하여 새로운 사용자를 더 받아들이는 FVH(forced vertical handover)방안을 제안하였다[12]. 네트워크에서 제공하고 있는 RRM의 결정에 따라 단말이 버티컬 핸드오버를 진행하는 방식이다. 기존의 RRM은 버티컬 핸드오버에 대한 결정을 할 수 없기 때문에 FVHM(forced vertical handover module)과 같은 별도의 결정엔진을 두어 네트워크의 혼잡 상태에 따라 사용자를 이동시키게 된다. FVH에서는 사용자에게 할당하는 대역폭 단위가 미리 지정되어 있어 유휴 대역폭이 할당된다. FVHM은 현재 네트워크의 가용자원을 확인하여 사용 가능한 대역폭의 크기가 사용자의 요구보다 적을 때 네트워크가 혼잡한 것으로 판단하고 네트워크에서 기존 사용자에게 제공한 대역폭을 모두 사용하지 않고 남은 부분을 다른 사용자에게 제공해주어 좀 더 많은 사용자를 받아들인다. 이 절차를 '대역폭 적응'(bandwidth adaptation)이라고 한다. 이를 통해 사용이 가능한 자원을 모두 사용하여 새로운 사용자를 더 이상 수용할 수 없을 때 기존 사용자를 핸드오버 시킬 수 있는 네트워크로 옮겨주는데 할당 받은 대역폭에 따라 버티컬 핸드오버의 대상이 결정된다. 기존 사용자중 대역폭을 적게 할당받은 사용자가 크게 할당받은 사용자보다 네트워크에 대한 만족도가 약한 것으로 판단하고 FVH의 우선 대상으로 고려된다. 그러나 FVH에서 고려하는 요소가 대역폭에만 제한되어 네트워크와 사용자 상태의 변화를 잘 반영하지 못하고, FVIIM이라는 별도의 결정엔진을 두어 일반적인 시스템 모델이 서로 다르기 때문에 현실적인 네트워크 구성과는 거리가 있다고 할 수 있다. Gelabert 연구진에서 제안한 알고리즘은 FVH에서의 대역폭 적응 방안과 유사한 비트 전송률 감소(bit rate reduction) 방안을 적용하고 있는데[13] 네트워크에서 사용자수가 늘어남에 따라 밀집 상황이 발생하게 되면 WCDMA(eg: UMTS) 기반의 네트워크에서는 기존 네트워크의 사용자의 비트 전송률을 줄여 네트워크의 가용자원을 확보하여 더 많은 사용자를 받아들이고 TDMA(eg: GSM)기반의 네트워크에서는 밀집 상황이 발생하면 사용자를 WCDMA 기반의 네트워크로 사용자를 버티컬 핸드오버 시킨다. 하지만 비트 전송률 감소 방안은 WCDMA 기반 네트워크의 고유한 특성에 의해 알고리즘을 제시하였고 방안의 적용이 두 가지 네트워크에 제한적이기 때문에 네트워크가 혼재하고 있는 환경에 적용하기 어렵다.

2.3 네트워크 특성 기반 네트워크 선택방안

네트워크 특성 기반 네트워크 선택방안은 일반적으로 네트워크 특성(eg: interference, path loss)에 의하여 사용자에게 가장 좋은 네트워크를 선택해준다. 일반적으로 네트워크의 전파환경(eg: interference)의 영향으로 경로 손실(path loss)이 발생하게 되는데 Romero 연구진은 경로 손실 기반 네트워크 선택방안에 대해 기술하고 있다[14]. 네트워크 모델은 CDMA, TDMA 네트워크를 사용하였고 CDMA 네트워크가 TDMA 네트워크보다 사용자 간섭(multi-user interference)에 민감한 특성을 이용하여 사용자들이 간섭의 영향을 많이 받아 경로 손실을 발생하여 미리 설정해놓은 경로 손실 임계치를 초과하였을 때 TDMA 네트워크를 선택하고, 반대로 경로 손실 임계치를 초과하지 않았을 때 CDMA 네트워크를 선택한다. 네트워크를 선택하는 전제는 네트워크에서 사용자의 요청을 받아들일 수 있어야 한다. 버티컬 핸드오버를 수행할 때 사용자의 경로 손실이 임계치를 초과하였을 때 사용자가 CDMA 네트워크에 위치해 있으면 TDMA 네트워크로 버티컬 핸드오버를 수행하고, 반대로 사용자의 경로 손실이 임계치를 초과하지 않았을 때 사용자가 TDMA 네트워크에 위치해 있으면 CDMA 네트워크로 버티컬 핸드오버를 수행한다. Romero 연구진은 네트워크에서의 간섭 특성에 의해 정책기반의 알고리즘을 제안하였다[15]. UTRAN(eg: WCDMA)에서 네트워크 반경이 1km이상일 때 음성(voice) 사용자는 커버리지 끝부분에서 전력(power)의 제한과 간섭(interference)의 영향을 많이 받고 반대로 GERAN(eg: GSM) 네트워크는 간섭에 강한 특성을 이용하여 음성 사용자가 네트워크 선택할 때 GERAN 네트워크를 선택하고 데이터(WWW) 사용자는 UTRAN 네트워크를 선택하게 하였다. 그리고 사용자가 처한 위치에 따라 Indoor와 Outdoor로 나누어 Indoor가 Outdoor에 비해 간섭을 많이 발생하는 특성을 이용하여 Indoor에 위치한 사용자는 GERAN 네트워크를 사용하고 Outdoor에 위치한 사용자는 UTRAN을 사용하게 한다. 하지만 위의 방안들은 오직 간섭 요소에 의하여 네트워크를 선택하기에 네트워크 환경과 사용자 상태를 잘 표현할 수 없고, UTRAN, GERAN 네트워크 고유한 특성에 의하여 알고리즘을 제시하였기에 현재 특성이 서로 다른 많은 네트워크가 혼재하고 있는 환경에 적용하기 어려운 문제점이 있다.

이와 같이 기존의 연구들은 부하분산 또는 한 두 가지 네트워크 특성에 따른 네트워크 선택 방안에 초점을 맞추고 있으며, CRRM의 개념도 소개는 되어 있으나 구체적인 방안은 제안되지 못하고 있는 상황이다. 본 논문에서는 CRRM에 대한 초기 연구로서, 네트워크 선택에 대한 다양한 알고리즘을 모두 포함하고 CRRM의 개

념을 도입한 방안을 제시하여 효율적인 CRRM을 위한 기본 프레임워크를 제안하고자 한다.

3. 제안하는 CRRM 알고리즘

본 절에서 제안하는 방안은 CRRM을 활용하여 각각의 네트워크를 효율적으로 관리한다. CRRM은 네트워크의 가용자원, 인터페이스별 신호세기, 비용 등을 고려하여 사용자에게 가장 적합한 네트워크를 선택해주고, 네트워크의 가용 자원이 부족하여 새로운 사용자의 요청을 만족하지 못할 경우 조건에 맞는 기존 네트워크의 사용자를 선택하여 가용자원이 충분한 네트워크로 버티컬 핸드오버 하도록 지시를 내린다.

3.1 Integrated Network Selection

그림 2에서 보는 바와 같이 본 절에서 제안하는 Integrated Network Selection 알고리즘은 사용자가 중첩된 이기종 네트워크에 진입할 때 현재 위치한 곳에서 CRRM은 사용 가능한 네트워크를 검색하고 네트워크의 가용자원을 모니터링하여 사용자의 요청 대역폭을 보장해주는 전제하에서 네트워크의 가용자원, 연결된 인터페이스의 신호세기, 그리고 네트워크의 비용 등의 요소를 고려하여 목표함수(objective function)에 따라 가장 적합한 네트워크를 결정하고 사용자와 선택된 네트워크의 RRM에 통보하여 네트워크를 사용하게 한다.

그림 3은 Integrated Network Selection 알고리즘의 동작 절차로서 사용자가 중첩된 이기종 네트워크에 진입하여 서비스를 요청하면 CRRM은 사용자가 위치한 곳에서 사용이 가능한 네트워크를 검색하여 그 네트워크 중에서 미리 정해놓은 목표함수에 따라 그 값이 최대가 나오는 네트워크를 선택한다. 현재의 목표함수 식 (1)은 가용 대역폭이 클수록, 네트워크의 비용이 적을수록 큰 값을 가지며, 향후 추가의 파라미터를 고려하여 지속적으로 개선할 수 있다. 동작 절차를 보면 목표함수를 최대를 하는 네트워크를 우선 선택하여 대역폭

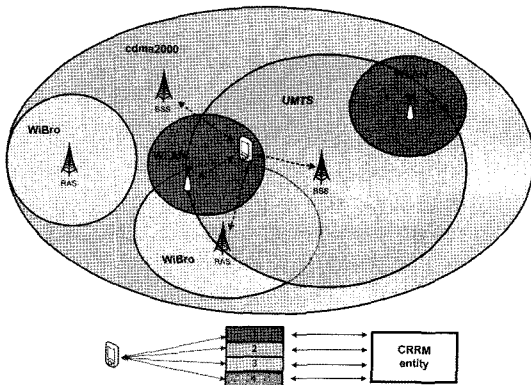


그림 2 Integrated Network Selection

Algorithm Integrated Network Selection

```

Input:  $b_{req}, \delta_k, B_{rem,j} (1 \leq k \leq K)$ 
Output:  $A = (a_1, a_2, \dots, a_K)$ 

 $\Theta = \{k | 1 \leq k \leq K\}, a_k = 0 (1 \leq k \leq K)$ 
while  $\Theta \neq \emptyset$  and  $b_{req} > 0$  do
     $j = k_{max} \leftarrow \max \{f_1(k) | \forall k \in \Theta\}$ 
    if  $b_{req} \leq B_{rem,j}$  then  $a_j = b_{req}$ 
    else  $a_j = B_{rem,j}$  end if
     $B_{rem,j} = B_{rem,j} - a_j$ 
     $b_{req} = b_{req} - a_j$ 
     $\Theta = \Theta - \{j\}$ 
end while
    
```

그림 3 Integrated Network Selection Algorithm

을 할당해 준다. 이때, 선택된 네트워크에서 단말이 요구하는 대역폭을 모두 지원할 수 있으면 요청 대역폭만 할당해 주지만, 부족한 경우 일부만 할당할 수 있다. 유휴 대역폭이 없거나, 일부만 지원한 경우에는 차선의 목표함수 값을 갖는 네트워크를 선택하여 반복한다.

식 (1)은 Integrated Network Selection 알고리즘의 목표함수로 가중치 α 를 두어서 값을 구하게 된다. 목표함수에서는 가용 대역폭, 서비스 대역폭, 네트워크 비용 등 여러 가지 파라미터를 고려하게 되는데, 가중치 α 는 어떠한 파라미터를 더욱 크게 고려하는 지 여부를 나타내게 된다. 식 (1)에서는 가용 대역폭과 네트워크 비용에 대해 가중치를 부여한다. 이 때 가중치 α 는 0부터 1 사이의 값을 가지며 α 값의 변화에 따라서 고려하는 요소들의 비중이 변하게 된다. 목표함수에서 α 값이 0에 가까울수록 네트워크의 비용요소가 더 크게 고려되고, α 값이 1에 가까울 경우에는 가용 대역폭과 인터페이스의 신호세기를 주로 고려하여 네트워크를 결정하게 된다.

$$f_1(k) = \left(\frac{B_{rem,k} \times \delta_k}{B_{max}} \times \alpha \right) + \left(1 - \frac{C_k}{C_{max}} \right) (1 - \alpha) \quad (1)$$

표 1 Integrated Network Selection Objective Function Symbol

Symbol	Definition
A	Allocation vector
K	Number of networks ($1 \leq k \leq K$)
b_{req}	Bandwidth requested
δ_k	Signal strength at network k
$B_{rem,k}$	Remaining bandwidth of network k
B_{max}	Maximum bandwidth
α	Weight factor
C_k	Cost of network k
C_{max}	Maximum network cost

3.2 Integrated Vertical Handover

그림 4에서 보는 바와 같이 본 절에서 제안하는 Integrated Vertical Handover 알고리즘은 중첩된 이기종 네트워크 환경에서 네트워크의 가용자원을 관리하여 사용하고 있는 네트워크의 가용자원이 새로운 사용자의 요구를 만족시키지 못할 때 CRRM은 기존 네트워크 사용자 중에서 상태가 가장 좋지 않은 사용자들을 선택하여 CDMA2000 네트워크로 버티컬 핸드오버 시켜 가용자원을 확보한다. CDMA2000 네트워크는 전국적인 커버리지를 가지기 때문에 어떤 사용자도 지원할 수 있으므로 선택하였다. 만약 CDMA2000 네트워크에서도 가용자원이 부족하게 될 경우 그 사용자는 블록킹 당하게 된다. 이때 대상이 되는 사용자들은 알고리즘 내부의 목표함수를 통하여 선택된다.

그림 5는 이러한 Integrated Vertical Handover 알고리즘의 동작 절차를 나타낸다. 우선 새로운 사용자의 요청 대역폭에 γ 만큼을 추가로 고려하여 최대 요청 대역폭을 결정하게 된다. γ 값의 사용은 CRRM에서 사용자를 선택할 때 요청 대역폭보다 좀 더 큰 대역폭을 할당

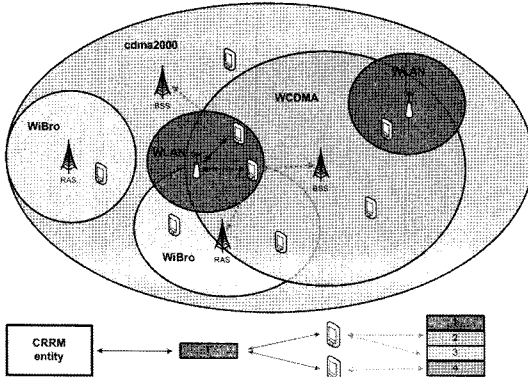


그림 4 Integrated Vertical Handover

Algorithm Integrated Vertical Handover

Input: b_{req} , $A = \|a_{i,k}\| (1 \leq i \leq N, 1 \leq k \leq K)$

Output: H_{min}

$b_{req} = b_{req} * \gamma$

Search $\Omega = \{ H | H = \|h_{i,k}\|, 1 \leq i \leq N, 1 \leq k \leq K \}$

such that $b_{req} \leq \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K h_{i,k} \times a_{i,k}$

where $h_{i,k} = 1$ if handover
 $h_{i,k} = 0$ otherwise

$H_{min} \leftarrow \min \{ f_2(H) | \forall H \in \Omega \}$

그림 5 Integrated Vertical Handover Algorithm

해 주어 새로운 사용자가 네트워크에 서비스 사용을 요청할 때마다 기존 네트워크의 사용자를 이동시켜 대역폭을 확보하는 것을 피하여 미리 큰 대역폭을 확보하여 더 많은 새로운 사용자를 받아들이고 네트워크 밀집 상태를 해결하기 위함이다. k 네트워크에서 사용자 i 에 할당된 대역폭이 $a_{i,k}$ 이고 이 사용자를 k 네트워크에서 CDMA2000 네트워크로 핸드오버 시키면 $a_{i,k}$ 대역폭이 가용 대역폭으로 발생하고, 이를 각 사용자에게 할당된 네트워크 인터페이스별로 핸드오버 시켜서 최대 요청 대역폭을 만족시킬 수 있는 경우를 H 라는 핸드오버 수행행렬(handover execution matrix)로 표현할 수 있다. 이러한 H 를 brute-force 검색하여 집합 Ω 를 생성한 후 각 H 별로 목표함수를 적용하여 그 값이 최소인 H_{min} 에 대해 핸드오버를 수행하게 된다. 이때의 목표함수 식 (2)에서는 서비스 받는 대역폭이 클수록, 네트워크 비용이 적을수록 큰 값을 가지므로, 목표함수가 작다는 의미가 서비스 만족도가 낮다는 의미가 된다.

$$f_2(H) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left\{ \left(\frac{b_{rem,k} \times \delta_{i,k}}{B_{max}} \times \beta \right) + c \left(1 - \frac{C_k \times c}{C_{max}} \right) (1 - \beta) \right\} \quad (2)$$

$$b_{rem,k} = \begin{cases} B_{rem,k} & \text{if } h_{i,k} \neq 0 \\ 0 & \text{if } h_{i,k} = 0 \end{cases}$$

$$c = \begin{cases} 1 & \text{if } h_{i,k} \neq 0 \\ 0 & \text{if } h_{i,k} = 0 \end{cases}$$

표 2 Integrated Vertical Handover Objective Function Symbol

Symbol	Definition
K	Number of networks ($1 \leq k \leq K$)
N	Number of users ($1 \leq i \leq N$)
γ	Bandwidth multiplier
β	Weight factor
C_k	Cost of network k
$\delta_{i,k}$	Signal strength for user i at network k
$b_{rem,k}$	Remaining bandwidth at network k
B_{max}	Maximum bandwidth
C_{max}	Maximum network cost
A	Allocation matrix
H	Handover execution matrix

식 (2)는 Integrated Vertical Handover 알고리즘의 목표함수로 현재 네트워크에서 필요한 대역폭을 확보할 수 있는 대역폭을 가지는 사용자를 검색해서 연결된 네트워크에 남아있는 대역폭, 인터페이스의 신호세기, 연

결된 네트워크의 비용을 고려하여 목표함수 값을 계산하게 되는데 가중치 β 를 두고 버티컬 핸드오버 할 사용자를 선택한다. 목표함수에서는 가용 대역폭, 서비스 대역폭, 네트워크 비용 등 여러 가지 파라미터를 고려하게 되는데, 가중치 β 는 어떠한 파라미터를 더욱 크게 고려하는 지 여부를 나타내게 된다. 식 (2)에서는 가용 대역폭과 네트워크 비용에 대해 가중치를 부여한다. 이 때 β 는 0부터 1사이의 값을 가지고 β 값의 변화에 따라 고려하는 요소들의 비중이 변하게 된다. 목표함수에서 β 값이 0에 가까울수록 네트워크의 비용 요소가 크게 고려되고 β 값이 1에 가까울수록 네트워크에서 사용 가능한 대역폭과 인터페이스의 신호세기가 주로 고려된다. 그리고 $h_{i,k}$ 이 1인 경우는 사용자 i 가 k 네트워크에서 버티컬 핸드오버됨을 의미한다.

4. 성능 분석

본 방안의 성능 분석은 중첩된 이기종 무선 네트워크 환경에서 다중 인터페이스를 가지는 단말에 대해 이루어진다. 3절에서 설명하였듯이 Integrated Vertical Handover 알고리즘에서는 전국적인 커버리지를 갖는 CDMA 2000 네트워크로 버티컬 핸드오버 시켜 유휴 대역폭을 생성한다. 이때 시간에 따른 사용자의 블록킹 확률과 각 네트워크별로 사용량의 분포, 버티컬 핸드오버의 발생빈도에 대해서 분석한다. 비교대상은 CRRM을 사용하지 않고, 단말이 네트워크를 선택할 때 인터페이스의 신호세기를 기준으로 네트워크를 선택하는 환경을 고려하여 비교하게 된다. 성능 검증을 위한 시뮬레이션 환경은 CDMA2000, UMTS, WiBro, WLAN 네트워크를 사용하고, 각 네트워크별 커버리지가 중복되는 환경을 고려한다.

4.1 시뮬레이션 모델

본 절에서는 제안하는 CRRM 관리방안의 성능분석을 위해 우선 네트워크 모델은 다음과 같다. 네트워크의 구성은 CDMA2000, UMTS, WiBro, WLAN이며, 각각의 네트워크들은 집중되어 구성이 이루어진다. 각각의 네트워크들은 표 3과 같은 대역폭을 가진다[16,17]. 각각의 이기종 네트워크들은 기지국에서 거리가 멀어질수록 신호세기가 약해지며, 커버리지 끝 부분에서의 신호세기가 약해지는 것을 감안하여 기지국으로부터 커버리지 끝 부분까지의 신호세기 값을 0부터 1사이에서 4단계로 구성하였으며 그림 6과 같이 신호세기 값의 변화를 가정하였으며, 표 4의 네트워크 비용을 가정한다.

표 3 네트워크 대역폭의 값

Parameter	CDMA	UMTS	WiBro	WLAN
Bandwidth	2Mbps	3Mbps	5Mbps	10Mbps

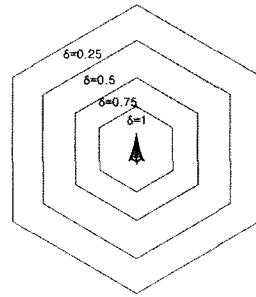


그림 6 네트워크 커버리지에 따른 신호세기

표 4 네트워크 비용

Parameter	CDMA	UMTS	WiBro	WLAN
Cost	\$ 0.5	\$ 0.5	\$ 0.2	\$ 0.02

표 5 서비스별 시뮬레이션 모델

Application	시뮬레이션 설정
VoIP	Data rate : 12.2kbps Service time : 60s (expntl) Inter arrival time : 300s (expntl)
VOD	Data rate : 64kbps Service time : 60s (expntl) Inter arrival time : 300s (expntl)
WEB	Data rate : 128kbps Service time : 5s (expntl) Inter arrival time : 10s (expntl)
FTP	Data rate : 256kbps Service time : 10s (expntl) Inter arrival time : 50s (expntl)

이때 표 5와 같이 VoIP, VOD, WEB, FTP 등 네 가지 서비스 중 하나를 선택한 단말이 도착한다. 표 5와 같이 각 서비스를 요청하는 단말의 도착시간 간격과 서비스 시간, 서비스 대역폭이 주어진다. 이때, 단말은 Integrated Network Selection 알고리즘에 의해 네트워크를 선택하여 서비스를 받으며, Integrated Network Selection에서 선택된 네트워크에 대역폭이 없는 경우에 추가적으로 Integrated Vertical Handover 알고리즘을 수행하여 유휴 대역폭을 할당 받는다. 다음절에서 시뮬레이션 결과를 제시한다.

4.2 시뮬레이션 결과

본 논문에서의 관련 연구와의 직접적인 성능비교는 할 수 없었다. 기존 관련연구에서는 고려하는 네트워크 선택을 위한 한 두 가지의 요소를 고려하거나 특정 네트워크 환경에서의 방안으로 제한되어 있기 때문이다. 따라서 CDMA2000, UMTS, WiBro, WLAN의 네 가지 네트워크 환경에서 제안한 CRRM 방안과 단말에서 각 인터페이스의 신호세기만을 고려하여 네트워크를 선택하는 경우와 비교하였다. 그러나 제안하는 CRRM

방안은 목표함수에 따라 네트워크 부하분산을 이용한 가용 대역폭, 네트워크 비용, 신호세기를 고려한 서비스 대역폭 등 다양한 파라미터를 α , β 등의 가중치를 고려하여 실험하였으므로, 기존 관련연구에서 제시한 아이디어를 모두 포함한 결과를 제공한다. 그리고 서비스 사용에서 VoIP 등 4가지 서비스는 다양한 대역폭을 요청하는 상황을 고려하기 위함이고 시뮬레이션에서는 서비스를 구분하지 않고 전체적인 결과를 기술하였다.

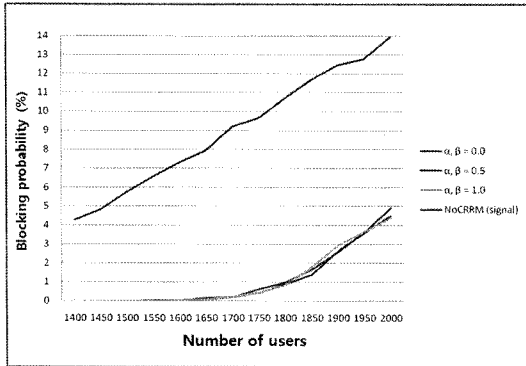


그림 7 Blocking Probability

그림 7에서 보는 바와 같이 시뮬레이션은 네트워크의 사용자수가 늘어남에 따라 제안하는 알고리즘과 일반적인 네트워크 선택 방안인 CRRM 없이 단말에서의 신호세기만을 고려하여 네트워크에 연결하는 방안과 비교하였고 제안하는 알고리즘은 가중치 α 와 β 값을 고정적으로 0, 0.5, 1.0로 분류하였다. 가중치 α 와 β 값이 0으로 되었을 때 알고리즘을 적용하여 이동할 사용자와 네트워크를 선택할 때 네트워크 비용 요소만 고려하고 반대로 가중치 α 와 β 값이 1로 되었을 때 네트워크에 사용 가능한 대역폭과 인터페이스 신호세기를 고려하게 된다. 그림 7의 x축은 사용자 수를, y 축은 블로킹 확률의 %를 나타낸다. 그림 7에서 보듯이 네트워크의 사용자수가 늘어남에 따라 제안된 통합 자원관리 방안은 CRRM을 사용하지 않고 신호세기만을 고려하여 네트워크에 연결하는 경우보다 낮은 블로킹 확률을 보여주고 있다. 통합 자원관리 방안을 사용하지 않는 환경에서 네트워크 자원은 통합관리가 불가능하고 사용자는 다만 신호세기가 좋은 네트워크를 선택하게 된다. 사용자가 신호세기가 좋은 네트워크에 사용요청을 할 경우 사용자의 요구를 수용할 수 없을 때 네트워크와 연결하지 못하고 블로킹 되고 네트워크에 사용자 수가 늘어남에 따라 네트워크 용량이 부족 할 경우 높은 블로킹 확률을 보여준다. 하지만 제안하는 통합 자원관리 방안은 CRRM에서 네트워크 자원을 통합 관리하여 네트워크의

가용자원이 사용자의 요구를 만족하는 전체하에서 계산한 목표함수 값에 따라 네트워크의 우선순위를 정하고 최적의 상황을 가지고 있는 네트워크를 사용자에게 선택해주고 사용자를 네트워크에 분산시켜준다. 사용자가 네트워크에 분산되어 한 네트워크에 밀집되어 있는 경우를 피하여 사용자에게 최적의 환경을 제공해주고 전체 네트워크의 블로킹 확률을 낮추어준다. 다만 사용자수가 늘어남에 따라 전체 네트워크의 용량이 부족해질 경우 사용자에게 대역폭을 보장해주지 못함으로 블로킹 확률이 높아지게 되지만 통합 자원관리 방안을 사용하지 않는 방안보다 최대 9%의 낮은 블로킹 확률을 보여준다. 제안하는 알고리즘은 가중치 α 와 β 가 서로 다른 값을 가져도 거의 같은 블로킹 확률을 나타내고 있는데 블로킹 확률은 네트워크에서 가용자원이 부족하여 사용자를 더 받아들일 수 없을 때 사용자의 요청을 받아들이지 못하고 블로킹 시키기 때문에 가중치 α 와 β 값에 관련이 없이 네트워크 가용자원의 영향을 받는다. 제안하는 통합 자원관리 방안은 새로운 사용자가 네트워크에 서비스 사용을 요청하면 큰 대역폭을 갖는 사용자를 사용이 가능한 주변 네트워크로 이동시켜 미리 대역폭을 확보하여 네트워크의 밀집 상태를 해결해주고 사용자를 전체 네트워크에 분산시켜 주어 전체 네트워크의 블로킹 확률을 낮추어준다.

그림 8은 Integrated Network Selection 알고리즘이 동작하여 사용자가 각각의 네트워크에 분산된 것을 보여준다. 시뮬레이션은 네트워크를 선택할 때 적용한 가중치 α 값의 변화에 따라 각 네트워크의 사용률을 보여주고 서로 다른 β 값으로 비교하였다. 가중치 β 를 서로 다른 값으로 비교하는 목적은 사용자가 사용이 가능한 네트워크로 버티컬 핸드오버를 실행할 때 목표함수에서 고려하는 네트워크 요소의 비중이 다르게 설정하여 네트워크에 사용자가 분포된 변화를 보기 위함이다. 그림 8에서 보듯이 가중치 β 값을 서로 다른 값으로 설정하여 사용자 선택에서 고려하는 네트워크 요소가 달라도 네트워크 사용률은 큰 차이를 나타내지 않고 있다. 이것은 버티컬 핸드오버 할 사용자 선택이 네트워크 사용률에 영향을 주지 않는다는 것을 보여주고 있다. 그림 8에서 보듯이 각 네트워크의 사용률은 네트워크를 선택할 때 적용한 가중치 α 의 변화에 따라 다르다. 기본적으로 WLAN의 대역폭이 가장 좋고 비용이 가장 저렴하기 때문에 많은 사용자가 집중된 것을 볼 수 있으며, 각 네트워크의 대역폭에 따라 사용자가 분산된 것을 볼 수 있다. 특히 목표함수에서 가중치 α 값의 변화에 따라 네트워크 사용률이 변화하는 것을 볼 수 있는데 α 값이 0이어서 네트워크의 비용만을 고려하여 네트워크를 선택할 때는 WLAN에서 사용자가 가장 많이 집중이 되어

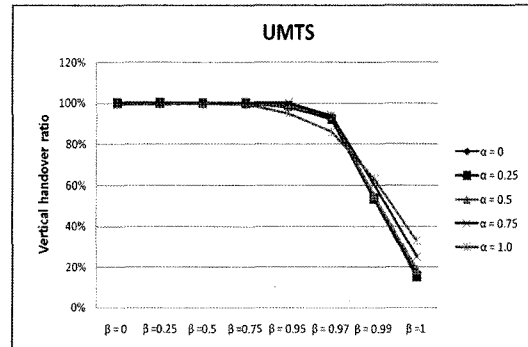
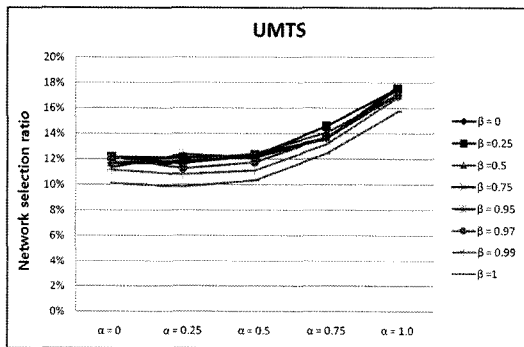
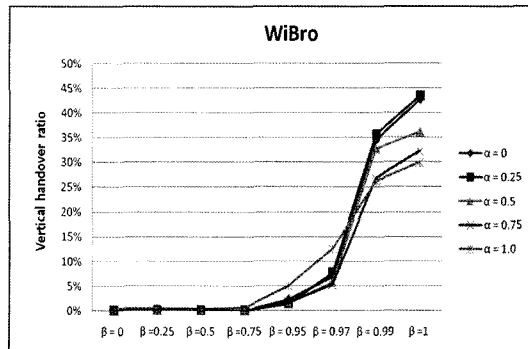
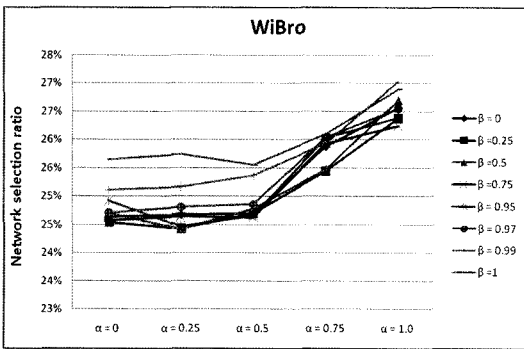
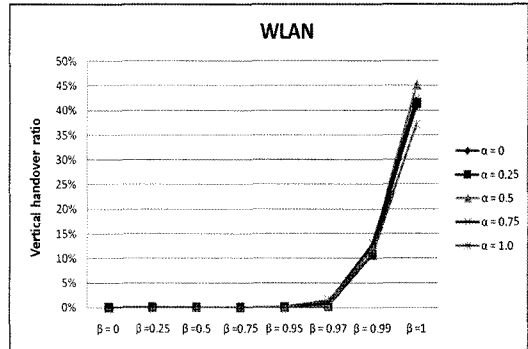
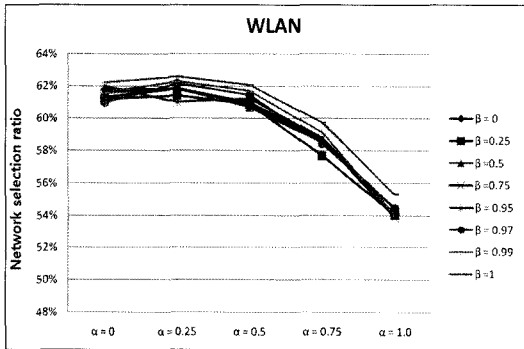


그림 8 Integrated Network Selection 결과

그림 9 Integrated Vertical Handover 결과

있는 것을 볼 수 있고, 그 이후 WiBro, UMTS 등의 순서로 할당됨을 확인할 수 있다. α 값이 증가하면 네트워크의 가용 대역폭과 인터페이스의 신호세기를 고려하는 비율이 증가하게 되어 WiBro 네트워크의 사용자가 점점 증가하게 되고 α 값이 1이 되었을 때는 네트워크의 비용을 고려하지 않고 네트워크에 남아있는 대역폭과 신호세기에 따라서 네트워크를 선택하기 때문에 WLAN의 사용률이 가장 낮아지고 UMTS 네트워크의 사용률이 증가되는 것을 볼 수 있다. 이는 제안한 Integrated Network Selection 알고리즘이 동작하여 지정된 요소의 변화에 따라 사용자가 네트워크에서 고른 분산을 수행한다는 것을 보여주는 결과라 할 수 있다. 사용자가 네

트워크에 고르게 분산되어 네트워크의 사용 효율을 높여준다.

그림 9는 Integrated Vertical Handover 알고리즘의 결과로 상태가 좋지 않은 사용자를 선택할 때 적용한 가중치 β 값의 변화에 따라 버티컬 핸드오버 시키는 사용자가 속해있는 네트워크의 선택비율을 나타낸 것이고 서로 다른 α 값의 경우를 비교하였다. 가중치 α 를 서로 다른 값으로 비교하는 목적은 사용자가 이동할 네트워크 선택이 상태가 좋지 않은 사용자 선택에 영향을 주는지를 보기 위함이다. 그림 9에서와 같이 가중치 α 를 서로 다른 값으로 설정하여 네트워크를 선택할 때 고려하는 네트워크 요소가 달라도 버티컬 핸드오버 할 사용

자 선택에는 큰 차이를 나타내지 않고 있다. 이것은 네트워크 선택이 사용자 선택에 영향을 주지 않는다는 것을 보여주고 있다. 그림 9에서와 같이 버티컬 핸드오버 시키는 사용자가 속해있는 네트워크 선택비율은 가중치 β 의 변화에 따라 다르다. Integrated Network Selection 알고리즘을 통해 이동시키는 CDMA2000 네트워크의 비용이 높기 때문에 기본적으로 비용이 높은 네트워크에서 사용자를 선택하는 것을 고려한다. 목표함수에서 가중치 β 값의 변화에 따라 선택비율이 변하는 것을 볼 수 있다. β 값이 0이어서 네트워크의 비용만을 고려하여 사용자를 이동시킬 때 비용이 가장 높은 UMTS의 선택비율이 제일 크게 된다. WLAN과 WiBro는 CDMA2000 네트워크보다 비용이 상대적으로 저렴하기 때문에 버티컬 핸드오버를 수행할 사용자를 두 네트워크에서 선택하지 않게 된다. β 값이 증가하게 되면 가용자원이 적고 신호세기가 좋지 않은 사용자를 선택해서 이동시키게 되는데 β 값이 1이 되었을 때는 상대적으로 사용자가 많은 WLAN과 WiBro에서 많은 사용자를 선택하여 버티컬 핸드오버 시킨다. 결과에서 β 의 값이 0.95가 넘을 때 급격한 변화가 이루어지는 것을 볼 수 있는데 이는 네트워크별 비용의 차이에 따른 목표함수의 값이 커서 네트워크 비용의 영향력이 높기 때문에 나타나는 결과이다. 시뮬레이션의 설정에서 각 네트워크의 대역폭과 신호세기의 차이는 크지 않지만 비용의 차이에서 WLAN의 비용이 다른 네트워크보다 현저하게 적기 때문에 목표함수의 값의 차이가 크게 된다. 가중치 β 값이 증가하여 네트워크 비용의 요소를 적게 고려하고 네트워크의 가용자원과 단말의 신호세기를 고려하는 비중이 클 경우에는 다양한 네트워크에서 고르게 사용자를 선택하는 것을 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문은 다양한 이기종 무선네트워크가 중첩된 구성을 이룰 때 효율적으로 통합 자원을 관리하는 방안을 기술하고 있다. CRRM을 통하여 네트워크의 자원을 관리하면서 네트워크의 가용자원, 인터페이스의 신호세기, 네트워크의 비용과 같은 요소를 고려하여 자원의 효율적인 사용 및 사용자의 효율적인 분포를 고려하고 있다.

본 논문에서 제안한 Integrated Network Selection 알고리즘은 사용자의 요구사항을 만족시키면서 CRRM에서 관리하는 네트워크들의 사용률을 고르게 분포하도록 제어하고 있으며, Integrated Vertical Handover 알고리즘을 통해서 가용 자원이 부족한 네트워크에서 현재 사용하고 있는 네트워크와의 연결 상태가 좋지 않은 사용자를 선택하여 다른 네트워크로 이동시킴으로써 네트워크의 가용자원을 확보하고 사용자에게 효율적인 서

비스를 제공해준다. 본 논문에서 제안한 통합 자원관리 방안을 사용함으로써 네트워크 관리자는 다양한 서비스를 안정적으로 지원하면서 네트워크의 사용빈도를 고르게 분포시킬 수 있으며 최대한 많은 사용자를 네트워크에서 수용할 수 있게 하였다. 향후 계획으로 최초 접속 뿐만 아니라 이동에 의한 핸드오버 상황 외에 추가적으로 다양한 요소를 고려하여 사용자를 CDMA2000 네트워크에만 버티컬 핸드오버 시키는 것이 아니라 주변 네트워크 전체를 고려하여 결정하는 방안이 추가된다면 더욱 유용해질 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] NGMC Forum, <http://www.ngmcforum.org>.
- [2] ETRI, "Broadband Mobile Communications towards a Converged World," ITU/MIC Workshop on Shaping the Future Mobile Information Society, March 2004.
- [3] C.-S. Lee, D. Knight, "Realization of the Next-Generation Network," IEEE Communications Magazine, Oct 2005.
- [4] W-T Chen, J-C Liu and H-K Huang, "An Adaptive Scheme for Vertical Handoff in Wireless Overlay Networks," Proceedings of the 10th International Conference on Parallel and Distributed Systems, pp. 541-548, July 2004.
- [5] F.Casadevall, P.Emmanuelsson, R.Ferrus, A.Gelonch, P.C.Karlsson, N.Nafisi, J.Perez-Romero, O. Sallent "A Policy based QoS architecture for heterogeneous wireless systems," IST4Balt Conference "Evolving Mobile Europe" Vilnius (Lithuania) 24th and 25th October 2005.
- [6] J. McNair, F. Zhu, "Vertical Handoffs in Fourth-Generation Multinetwork Environments," IEEE Wireless Communications Magazine, Jun 2004.
- [7] J. Pterez-Romerot, O.Sallent, R. Agusti, P. Karlsson, A.Barbares, L.Wang, F.Casadevall, M. Dohler, H.Gonzalez, F.Cabral-Pinto, "Common Radio Resource Management: Functional Models and Implementation Requirements," 2005 IEEE 16th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications.
- [8] K. Murray, R. Mathur and D. Pesch, "Intelligent Access and Mobility Management in Heterogeneous Wireless Networks Using Policy," Proceedings of the 1st International Symposium on Information and Communication Technologies, pp. 181-186, September 2003.
- [9] Miguel López-Benítez, Javier Gozalvez, "QoS provisioning in beyond 3G heterogeneous wireless systems through common radio resource management algorithms," International Workshop on Modeling Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems, Proceedings of the 2nd ACM

international workshop on Quality of service & security for wireless and mobile networks, 2006.

[10] A. Tolli, P. Hakalin, and H. Holma, "Performance Evaluation of Common Radio Resource Management (CRRM)," in IEEE International Conference on Communications, New York, United States, pp. 3429-3433, 2002.

[11] A. Tolli and P. Hakalin, "Adaptive Load Balancing Between Multiple Cell Layers," in IEEE 56th Vehicular Technology Conference (VTC), pp. 1691-1695, 2002.

[12] A.-E. M. Taha, H. S. Hassanein and H. T. Mouftah, "Exploiting Vertical Handoffs in Next Generation Vertical Handoffs," International Conference on Communications, 2006.

[13] Gelabert, X. Perez-Romero, J. Sallent, O. Agustí R, "On Managing Multiple Radio Access Congestion Events in B3G Scenarios," VTC2007-Spring. IEEE 65th, 2007.

[14] J. Pérez-Romero, O. Sallent, and R. Agustí, "Network Controlled Cell Breathing in Multi-service Heterogeneous CDMA/TDMA scenarios," IEEE VTC 2006-Fall, Montreal, September, 2006.

[15] J. Pérez-Romero, O. Sallent, and R. Agustí, "Policy-based Initial RAT Selection Algorithms in Heterogeneous Networks," in 7th Mobile Wireless Communication Networks (MWCN), Marrakech, Morocco, pp. 1-5, 2005.

[16] A.L. Wilson, A. Lenaghan, R. Malyan, "Optimising Wireless Access Network Selection to Maintain QoS in Heterogeneous Wireless Environments," WPMC05.

[17] Alexey Baraev, L. Jorguseski, R. Litjens, "Performance Evaluation of Radio Access Selection Procedures in Multi-Radio Access Systems," WPMC 2005, International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, Aalborg, Denmark.



조진성

1992년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
 1994년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사. 2000년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사. 1998년 IBM T.J. Watson Research Center Visiting Researcher
 1999년~2003년 삼성전자 책임연구원
 2003년~현재 경희대학교 컴퓨터공학전공 부교수. 관심분야는 모바일 네트워크, 임베디드 시스템



이경원

2005년 연변대학교 컴퓨터공학과 학사
 2007년~현재 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사 과정. 관심분야는 모바일 네트워크, 임베디드 소프트웨어



신충용

2005년 경희대학교 컴퓨터공학과 학사
 2007년 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사. 2007년~현재 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정. 관심분야는 모바일 네트워크, 임베디드 소프트웨어