

셀룰러 망에서 그린 기지국을 위한 저전력 핸드오버 방안

박상준*

A low powered handover scheme for the green base station of cellular networks

Sangjoon Park*

Dept. of Computer Information Engineering, Kunsan National University, Gunsan, Korea

요 약

이종의 셀룰러 망은 다양한 무선 환경에서의 이동 단말 서비스를 지원한다. 최근 셀룰러 망에서는 음성 서비스 및 데이터 서비스의 요구가 폭발적으로 증가하고 있는 추세로 기술적 기반이 LTE-A (Long-Term Evolution Advanced) 와 IEEE 802.16m 무선망으로 전환되어 보다 많은 수의 기지국 서비스 지원을 필요로 하게 되었다. 셀룰러 망에서의 전력 수요는 대부분 기지국에서 소모되며 이에 기지국의 에너지 소모의 절감이 요구되고 있는 시점이다. 본 논문에서는 동적인 전력 관리 방안을 기반으로 기지국의 전력 소비를 줄이는 방안을 제안한다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 저전력 기지국 수행을 위한 핸드오버 방식의 성능 분석을 수행한다.

ABSTRACT

Heterogeneous cellular networks support various wireless environments for mobile service. Recently, data services as well as voice services are exponentially increased in cellular networks and the technical transition of LTE-A and IEEE 802.16m so that more base stations are requested to provide suitable service. Base stations consume most of energy in cellular networks, and the energy saving is needed for the base station. In this paper, we propose a saving power scheme by the dynamic energy management. In this paper we consider the simulation evaluations of handover for the low powered base station.

키워드 : 셀룰러 네트워크, 저전력 기지국, LTE-A, 핸드오버

Key word : Cellular networks, low-powered base station, LTE-A, handover

접수일자 : 2014. 09. 04 심사완료일자 : 2014. 09. 26 게재확정일자 : 2014. 10. 17

* **Corresponding Author** Sangjoon Park(E-mail:lubimia@hanmail.net ,Tel+82-63-469-4859
Dept. of Computer Information Engineering, Kunsan National University, Gunsan, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.1.91>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

최근 십 수년간 무선망의 성장은 폭발적이며, 이에 대한 추세는 지속되고 있다. 특히 최근 몇 년 동안 아이폰, 태플릿 PC와 같은 스마트기기를 이용한 이동통신 시장의 급격한 팽창은 서비스 자원 증대를 지속적으로 요구하고 있다[1]. 기존의 음성 지원 서비스에서 영상과 데이터 서비스의 다양한 서비스로의 확대는 단순한 통신연결 서비스의 범위에서 벗어나 다양한 응용 서비스 분야 범위로 확장하고 있는 추세이다. 이러한 이동 서비스에서 데이터 서비스 요구의 증가는 향후 십년 이내에 수십 배 이상으로 늘어날 것으로 예상되며 이에 따른 통신 서비스 대응도 필요하게 된다.

급격한 이동 서비스의 증가로 말미암아 이동통신 기술은 서비스 사용자가 요구하는 서비스 품질을 유지하면서 다양한 이동 서비스 욕구를 충족시키기 위하여 지속적으로 진화하고 있다. 이러한 서비스 요구를 충족시키기 위하여 ITU-R (International Telecommunications Union - Radiocommunication Sector)는 IMT-A (International Mobile Telecommunications - Advanced) 무선 방안 기술을 소개하였으며, 3GPP (Third Generation Partnership Project)의 LTE-A (Long Term Evolution Advanced)와 IEEE 802.16 그룹의 WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)가 소개되었다[2, 7].

이동통신 네트워크 기술은 다양한 네트워크 서비스 요구에 대한 충족과 대용량 이동 서비스의 제공을 위하여 기존의 단일한 네트워크 기술로는 어렵기 때문에 이종의 네트워크를 통하여 제공된다. 이종의 이동 네트워크에서는 이동 단말기가 서비스의 수용을 단일한 셀 구조에서 서비스를 제공받는 것이 아니라 매크로, 마이크로, 피코 혹은 펌토 셀들의 다양한 구조의 무선셀의 지원을 받게 되는 것이다. 네트워크 셀들은 고유한 서비스 지원을 고려하여 서로 중첩적으로 혹은 구성 설계에 맞게 배치될 수 있으며, 따라서 제한 지역에서 이종의 무선셀 증가가 예상된다. 무선셀의 증가는 무선 기지의 증가를 의미하며, 현재 이동 네트워크의 전력 수요의 대부분을 차지하는 기지의 수가 증가하면 전력 수요 증가가 불가피하다[4, 6]. 일반적으로 이동네트워크에서 한 개의 기지가 1년 동안 소비하는 전력의 양은 25MW이며, 기지의 증가는 전력 소비 증가뿐만 아니

라 결국 온실가스 증가와도 관련이 있다[3].

따라서 향후 지속적으로 증가하게 될 이동 네트워크에 대한 전력 소비 방안이 고려되어야 하며, 특히 기지국 시스템의 저전력 소비 방안이 제시되어야 한다. 본 논문에서는 기지국의 저전력 소비 수행을 위한 핸드오버 방안을 제안한다. 기지국이 제공하는 이동 서비스의 규모에 따라 특정 기지국의 전력 소비를 줄이면서 서비스 중인 이동호에 대해 핸드오버를 수행하는 방안이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 기지국의 저전력 수행 방안 및 이에 대한 핸드오버 수행 방안을 기술하며, 3장에서는 제안 방식에 대해 성능평가를 수행한다. 그리고 끝으로 4장에서는 결론을 맺고자 한다.

II. 저전력 기지국 핸드오버

이동 네트워크에서 전력 소비의 대부분을 차지하는 기지국의 증가는 전력 소비의 증가를 불러오게 될 것이며, 폭발적으로 증가하는 이동 서비스 요구에 따라 기지국 수요 증대는 더욱 늘어날 것으로 예상된다. 따라서 이에 대한 방안이 요구되며, 본 논문에서는 기지국의 저전력 수행방안을 고려한다.

본 논문에서는 기존의 이동 단말기의 DRX (Discontinuous Reception) 방안을 고려한다. 하지만 기존의 DRX 방안에서는 inactivity 시간에 서비스 전송에 대해 지속적으로 모니터링하며, 서비스의 요구가 발생하면 inactivity 모드는 중지된다. DRX 방안은 이동 단말기에서 적용되는 방안으로 inactivity에 대한 특성이 유지될 수 있지만 다수의 서비스 사용자의 서비스를 제공하는 기지국에서는 이러한 지속적인 inactivity 수행을 기대하기 힘들다. 따라서 본 논문에서는 이동 단말기의 서비스 요구의 임계치를 두는 방안을 고려한다. [그림 1]은 기지국의 서비스 임계치 방안에 대해 나타낸다.

본 논문에서는 기지국이 저전력 수행을 위한 방안으로 임계치 방안을 고려한다. 또한 기지국의 수행 모드는 서비스 제공 모드와 sleep 모드 두 가지로 구성된다. 무선셀의 기지국은 지속적으로 서비스 요구를 모니터링 한다.

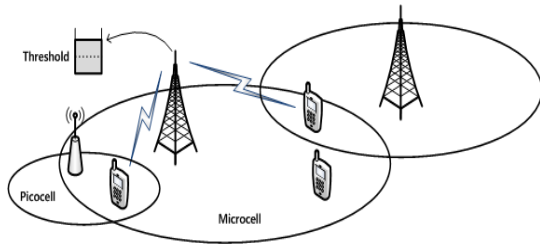


그림 1. 기지국 서비스
Fig. 1 Base station service

이동 단말기의 서비스 요구가 기지국의 서비스 제공 임계치를 넘어서게 되면 기지국은 현재 자신의 셀에 이동 단말기의 서비스 수요가 많음을 알게되며, 이에 대한 정상적인 서비스를 제공한다. 하지만 만일 이동 서비스 요구가 기지국의 서비스 제공 임계치에 미치지 못하면 기지국은 이에 대한 대응 방안을 수행한다.

임계치 이하의 서비스 요구가 발생하면 기지국은 sleep 모드 타이머를 셋업하며, 서비스 요구에 대한 모니터링을 지속적으로 수행한다. 만일 sleep 모드 타이머가 종료되기 전에 이동 서비스 요구가 임계치를 넘어서게 되면 정상적인 서비스 제공 모드를 유지하고, 만일 sleep 타이머가 종료될 때까지 이동 서비스 요구가 임계치 이하를 유지하게 되면 기지국은 서비스 제공 모드에서 sleep 모드를 수행하게 되는 것이다.

기지국이 sleep 모드를 수행하게 되면 정상적인 서비스를 제공하지 못하게 되므로, 기지국은 현재 제공되고 있는 이동 단말기의 서비스를 적절하게 이웃셀로 핸드오버를 수행하는 것이다. 따라서 기지국은 sleep 모드로 전환되기 직전에 이웃 기지국과의 협력을 통하여 자신이 관리하던 이동 단말기의 서비스를 이동시키게 되는 것이다. 이는 기존의 단일 단말기의 이동에 따른 핸드오버 방안과는 다른 방안으로 기지국이 소수의 여러 단말기에게 그룹 핸드오버를 수행할 수도 있다. 또한 기지국에서 능동적으로 수행하는 네트워크 기반 핸드오버 수행이다. E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network)과 UTRAN의 핸드오버 예를 들자면, 우선 기지국에서 핸드오버 결정이 이루어지면 MME (Mobility Management Entity)는 eNodeB (evolved NodeB)와 source GW (gateway)에 세션변화를 알리며, 변경 RNC (Radio Network Controller)에 베어러 변경을 구축하며, 기존의 세션을 해제한다. 또한 이동 단말기에 변경된 네트워크 자원을 할당하고 서비

스를 제공한다. [그림 2]는 이러한 기지국의 핸드오버 수행에 대한 마르코프 체인의 상태전환을 나타내고 있다. 이동 단말기에 대한 핸드오버를 수행하게 되면 기지국은 저전력 수행을 위해 sleep 모드로 변환된다. 그림에서 음성 서비스에 대한 이동호와 패킷 서비스는 평균 λ_c 와 λ_p 를 각각 가지는 포아송 분포를 따른다고 가정한다. 그리고 각 서비스 시간은 평균 서비스 시간 $1/\mu_c$ 와 $1/\mu_p$ 를 가지는 지수분포를 따른다고 가정한다. 또한 m 과 n 은 각각 서비스에 대한 자원수를 나타낸다. 따라서 $\pi(i, j)$ ($0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq n$)는 각 시스템의 안정상태 확률을 나타내게 된다. 저전력 임계치에 대한 핸드오버를 수행하는 기지국에서 각 시스템 상태에 대한 밸런스 식은 다음과 같다.

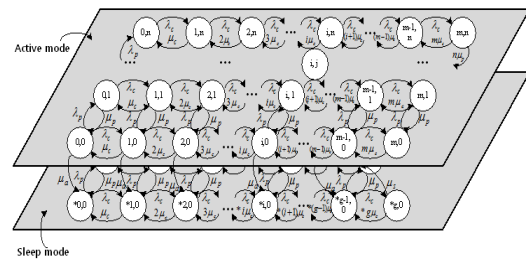


그림 2. 기지국 서비스 상태전이도
Fig. 2 Base station service State transition diagram

$$\mu_c \pi_{1,0} + \mu_p \pi_{0,1} = (\lambda_c + \lambda_p + \mu_a) \pi_{0,0} - \mu_c \left(\sum_{i=0}^a \pi_{0,g-i,i} + \pi_{0,0,h} \right) \quad (1)$$

$$\pi_{i,0} = \frac{\lambda_c \pi_{i-1,0} + \mu_c (i+1) \pi_{i+1,0} + \mu_p \pi_{i,1}}{\lambda_c + \lambda_p + i \mu_c + \mu_a} \quad (2)$$

for $1 \leq i \leq g-1$.

$$\pi_{i,j} = \frac{\lambda_c \pi_{i-1,j} + \lambda_p \pi_{i,j-1} + \mu_c (i+1) \pi_{i+1,j} + \mu_p (j+1) \pi_{i,j+1}}{\lambda_c + \lambda_p + i \mu_c + j \mu_p + \mu_a} \quad (3)$$

for $1 \leq i \leq g-2, 1 \leq j \leq a-1$.

$$\pi_{0,j} = \frac{\lambda_p \pi_{0,j-1} + \mu_c \pi_{1,j} + \mu_p (j+1) \pi_{0,j+1}}{\lambda_c + \lambda_p + j \mu_p + \mu_a} \quad (4)$$

for $1 \leq j \leq h-1$.

여기서 (i^*, j) 는 기지국의 sleep 모드일 때의 상태를 나타내는 것이며, a 는 coordinate 수이다. sleep 모드에서 이동 서비스 호 요구가 증가하면 임계치 측정을 통하여 다시 정상적인 서비스 제공 상태로 전환된다. 서비스 제공 모드에서 서비스 자원할당은 다음과 같다.

$$\pi_{i,0} = \begin{cases} \frac{\lambda_c \pi_{i-1,0} + \mu_c(i+1)\pi_{i+1,0} + \mu_p \pi_{i,1}}{\lambda_c + \lambda_p + i\mu_c} & \text{for } g \leq i \leq m-1 \\ \frac{\lambda_c \pi_{i-1,0} + \mu_p \pi_{i,1}}{\lambda_p + i\mu_c} & \text{for } i = m \end{cases} \quad (5)$$

$$\pi_{i,j} = \frac{\lambda_c \pi_{i-1,j} + \lambda_p \pi_{i,j-1} + \mu_c(i+1)\pi_{i+1,j}}{\lambda_c + \lambda_p + i\mu_c + j\mu_p} + \frac{\mu_p(j+1)\pi_{i,j+1}}{\lambda_c + \lambda_p + i\mu_c + j\mu_p} \quad (6)$$

for $1 \leq i \leq g-1$,
 $a-i+1 \leq j \leq n-1$.

$$\pi_{0,j} = \begin{cases} \frac{\lambda_p \pi_{0,j-1} + \mu_c \pi_{1,j} + \mu_p(j+1)\pi_{0,j+1}}{\lambda_c + \lambda_p + j\mu_p} & \text{for } h \leq j \leq n-1 \\ \frac{\lambda_p \pi_{0,j-1} + \mu_c \pi_{1,j}}{\lambda_c + j\mu_p} & \text{for } j = n. \end{cases} \quad (7)$$

$$\pi_{m,j} = \frac{\lambda_p \pi_{m,j-1} + \lambda_c \pi_{m-1,j}}{\lambda_p + m\mu_c + j\mu_p} + \frac{\mu_p(j+1)\pi_{m,j+1}}{\lambda_p + m\mu_c + j\mu_p} \quad (8)$$

for $1 \leq j \leq n-1$.

$$\pi_{i,n} = \frac{\lambda_c \pi_{i-1,n} + \lambda_p \pi_{i,n-1}}{\lambda_c + i\mu_c + n\mu_p} + \frac{\mu_c(i+1)\pi_{i+1,n}}{\lambda_c + i\mu_c + n\mu_p} \quad (9)$$

for $1 \leq i \leq m-1$.

$$\pi_{m,n} = \frac{\lambda_c \pi_{m-1,n} + \lambda_p \pi_{m,n-1}}{m\mu_c + n\mu_p} \quad (10)$$

sleep 모드에 대한 시스템 상태는 다음과 같다.

$$\mu_c \pi_{*1,0} + \mu_p \pi_{*0,1} = \frac{(\lambda_c + \lambda_p) \pi_{*0,0} + \frac{\mu_a \mu_c \pi_{1,0} + \mu_a \mu_p \pi_{0,1}}{\lambda_c + \lambda_p + \mu_a}}{\lambda_c + \lambda_p + \mu_a} \left(\sum_{i=0}^a \pi_{*g-i,i} + \sum_{j=a+1}^h \pi_{*0,j} \right) \quad (11)$$

$$\pi_{*i,0} = \begin{cases} \frac{\lambda_c \pi_{*i-1,0} + \mu_p \pi_{*i,1} + \mu_c(*i+1)\pi_{*i+1,0}}{(\lambda_c + \lambda_p + *i\mu_c)} + \frac{\lambda_c \mu_a \pi_{i-1,0} + \mu_c(i+1)\mu_a \pi_{i+1,0} + \mu_p \mu_a \pi_{i,1}}{(\lambda_c + \lambda_p + *i\mu_c)(\lambda_c + \lambda_p + i\mu_c + \mu_a)} & \text{for } 1 \leq i \leq g-1 \\ \frac{\lambda_c \pi_{*g-1,0}}{(*g\mu_c + \mu_c)} & \text{for } i = g \end{cases} \quad (12)$$

$$\pi_{*i,j} = \frac{\lambda_c \pi_{*i-1,j} + \lambda_p \pi_{*i,j-1} + \mu_c(*i+1)\pi_{*i+1,j} + \mu_p(*j+1)\pi_{*i,j+1}}{(\lambda_c + \lambda_p + *i\mu_c + *j\mu_p)} + \frac{\lambda_c \mu_a \pi_{i-1,j} + \lambda_p \mu_a \pi_{i,j-1}}{(\lambda_c + \lambda_p + *i\mu_c + *j\mu_p)(\lambda_c + \lambda_p + i\mu_c + j\mu_p + \mu_a)} + \frac{\mu_c \mu_a(i+1)\pi_{*i+1,j} + \mu_p \mu_a(j+1)\pi_{*i,j+1}}{(\lambda_c + \lambda_p + *i\mu_c + *j\mu_p)(\lambda_c + \lambda_p + i\mu_c + j\mu_p + \mu_a)} \quad (13)$$

for $1 \leq i \leq g-2, 1 \leq j \leq a-i$.

$$\pi_{*g-i,i} = \frac{\lambda_c \pi_{*g-i-1,i} + \lambda_p \pi_{*g-i,i-1}}{(*g-i)\mu_c + *i\mu_p + \mu_c} \quad (14)$$

for $1 \leq i \leq g-1$.

$$\pi_{*0,j} = \begin{cases} \frac{\lambda_p \pi_{*0,j-1} + \mu_c \pi_{*1,j} + \mu_p(*j+1)\pi_{*0,j+1}}{(\lambda_c + \lambda_p + *j\mu_p)} + \frac{\lambda_p \mu_a \pi_{0,j-1} + \mu_c \mu_a \pi_{1,j} + \mu_p \mu_a(j+1)\pi_{0,j+1}}{(\lambda_c + \lambda_p + *j\mu_p)(\lambda_c + \lambda_p + j\mu_p + \mu_a)} & \text{for } 1 \leq j \leq a \\ \frac{\lambda_p \pi_{*0,j-1} + \mu_p(*j+1)\pi_{*0,j+1}}{(\lambda_p + *j\mu_p)} + \frac{\lambda_p \mu_a \pi_{0,j-1} + \mu_c \mu_a \pi_{1,j} + \mu_p \mu_a(j+1)\pi_{0,j+1}}{(\lambda_p + *j\mu_p)(\lambda_c + \lambda_p + j\mu_p + \mu_a)} & \text{for } a+1 \leq j \leq h-1 \\ \frac{\lambda_p \pi_{*0,h-1}}{(*h\mu_p + \mu_c)} & \text{for } j = h \end{cases} \quad (15)$$

위의 식들에 대한 정규화식은 다음과 같다.

$$1 = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \pi_{i,j} + \sum_{i=0}^{\xi} \pi_{\xi,i} + \sum_{i=1}^{\xi-2} \sum_{j=1}^{a-i} \pi_{\xi-i,j} + \sum_{i=1}^{\xi-1} \pi_{\xi-i,i} + \sum_{j=1}^h \pi_{\xi,0,j} \quad (16)$$

III. 성능평가

본 절에서는 제안된 방식에 대한 성능평가와 그에 대한 논의를 한다. 성능평가를 위해 UMTS와 LTE-A 셀로 구성된 무선 환경의 중첩된 셀 구조를 가정한다. UMTS 셀과 LTE-A eNodeB 셀은 저전력 기지국을 위해 서로 협력 통신을 한다고 가정하며, LTE-A eNodeB 기지국에서 저전력 모드를 수행하기 위해 핸드오버를 수행한다. 음성 서비스와 데이터 서비스에 대해 NodeB와 eNodeB 각각 최대 동시 사용자 50명이라고 가정한다. 또한 데이터 서비스에 대해 NodeB에서는 평균 384kbps와 eNodeB에서는 평균 1 Mbps 서비스를 제공한다고 가정한다. eNodeB 기지국에서는 서비스 제공 모드에 대해 초당 1 W를 소모하며, sleep 모드에서는 20 mW를 사용한다고 가정한다[3, 5].

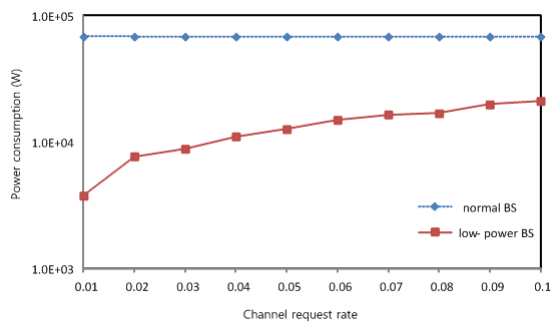


그림 3. 채널 요구율에 따른 에너지 소비
Fig. 3 Power consumption versus channel request rate

[그림 3]은 사용자의 서비스 채널 요구에 따른 기지국의 에너지 소비를 나타낸 것이다. 일반적인 기지국의 경우 하루 68000 W의 전력을 소모한다. 하지만 그림에서 보면 제안된 저전력 기지국의 경우 기존의 기지국에 비해 많은 전력의 소비에 대한 절약을 보이고 있다.

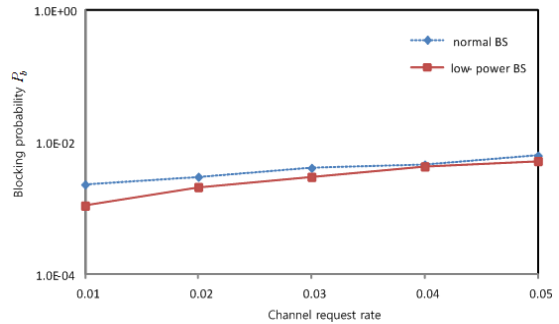


그림 4. 채널 요구율에 대한 블로킹 확률
Fig. 4 Blocking probability versus channel request rate.

사용자의 채널 요구율이 0.1의 경우 저전력 기지국이 하루 소비하는 전력의 경우 20000 W까지 떨어지는 것을 보이고 있다. 이는 지역적 시간적 기지국의 사용 환경 변화에 따라 기지국이 서비스 수행 모드를 동적으로 변경함으로써 소비전력 낭비에 대해 적극적으로 대응하기 때문이다.

[그림 4]는 사용자에 대한 채널 요구율에 따른 핸드오버 블로킹 확률을 보이고 있다. 그림에서 보면 저전력 기지국에 의해 발생하는 핸드오버 블로킹 확률이 일반적인 기지국의 핸드오버 블로킹 확률보다 다소 높음을 보이고 있다. 이는 기지국이 저전력 모드를 수행하기 위해 자신의 셀에서 서비스 받고 있던 사용자들에 대해 그룹 핸드오버 수행하기 때문이다. 실시간적으로 이동 환경에 의해 핸드오버를 수행하는 것이 아니라 특정한 전력 소모 모드를 위해 동시에 핸드오버를 수행하기 때문에 일반적인 핸드오버 방식 보다 블로킹 확률이 높아질 수 있다. 하지만 그림에서 보는 것처럼 저전력 모드의 기지국의 블로킹 확률이 일반적인 기지국의 블로킹 확률보다 큰 차이를 보이지 않음을 보이고 있다. 따라서 저전력 기지국 방식을 통해 이동 서비스율은 거의 변함이 없으면서도 저전력 소비를 수행할 수 있다.

IV. 결론

최근 무선 이동 네트워크 서비스는 폭발적으로 증가 추세이며, 이는 향후 지속적으로 유지될 것으로 기대된다. 이를 위하여 기존의 단일 네트워크 서비스의 한계에서 탈피하여 보다 융합적인 이종의 네트워크 환경이

구축되고 있다. 이에 이동 네트워크에서 전력 소비의 대부분을 차지하는 기지국의 수요에 대한 증가는 당연하다고 볼 수 있다. 이에 본 논문에서는 저전력 기지국에 대한 방안을 고려하였다. 본 논문에서는 저전력 기지국을 통하여 지속적인 이동 서비스율을 유지하면서 전력 소비를 줄일 수 있음을 확인하였다.

감사의 말

이 논문은 2013년도 군산대학교 교수장기국외연수경비의 지원에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

- [1] S. Liu, J. Wu, C. H. Koh and V. K. N. Lau, "A 25 Gb/s (/km²) Urban Wireless Network Beyond IMT-advanced," *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, no.2, pp. 122-129, February 2011.
- [2] S. Ahmadi, "An overview of next-generation mobile WiMAX technology," *IEEE Communications Magazine*, vol. 47, no. 6, pp. 84-98, June 2009.
- [3] Z. Hasan, H. Boostanimehr and V. K. Bhargava, "Green Cellular Networks: A Survey, Some Research Issues and Challenges," *IEEE Communication Survey & Tutorials*, vol. 13, no. 4, November 2011.
- [4] S. R. Tang and Y. B. Lin, "Modeling UMTS Discontinuous Reception Mechanism," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 4. no. 1, pp. 312-319, January 2005.
- [5] Z. Niu, Y. Wu, J. Gong and Z. Yang, "Cell Zooming for Cost-Efficient Green Cellular Networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 48, no. 11, pp. 74-79, November 2010.
- [6] F. Han, Z. Safar, W. S. Lin, C. Yan and K. J. R. Liu, "Energy-Efficient Cellular Network Operation via Base Station Cooperation," in *Proc. IEEE ICC*, June 2012, pp. 4374-4378.
- [7] S. G. Jin and D. Qiao, "Numerical Analysis of The Power Saving in 3GPP LTE Advanced Wireless Networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 61, no.4, pp. 1779-1785, April 2012.



박상준(Sangjoon Park)

2002년: 송실대학교 컴퓨터학과 공학박사
현재: 군산대학교 컴퓨터정보공학과 교수
※관심분야 : 이동통신, 저전력 네트워크, 및 시뮬레이션