

방향성 전송을 사용하는 이동통신 시스템을 고려한 파워 할당 방안

이용섭 · 정방철* · 반태원

Power Allocation Scheme For Mobile Communication Systems Using Directional Transmission

Woongsup Lee · Bang Chul Jung* · Tae-Won Ban

Department of Information and Communication Engineering, Gyeongsang National University, Tongyeong
650-160, Korea

요 약

기지국의 전송 파워를 서비스 받는 단말로 집중시키는 방향성 전송은 이동통신 시스템의 수율을 극대화함으로써 현재 이동통신 시스템이 직면한 가장 큰 문제인 데이터 트래픽 폭증 문제를 해결하는데 도움을 줄 수 있다. 본 연구에서는 방향성 전송을 사용하는 이동통신 시스템을 위한 파워 할당 방안을 고려하였다. 특히 기지국의 각 셀에서 다수의 방향성 전송을 이용하여 여러 단말을 동시에 서비스하는 환경에서 각 방향성 전송의 전송 파워를 효율적으로 조절해 주는 방안에 대해서 고려하였다. 이를 위해 동일 파워 할당방안, Water-filling 방안 및 역 채널 할당 방안을 고려하였고, 방향성 전송간의 간섭을 고려하여 시스템의 수율을 최대화하기 위한 방안인 방향성 전송 파워 할당 방안을 제안하였다. 또한 기존에 개발한 시스템 레벨 시뮬레이터를 활용하여 다양한 파워 할당 방안들의 성능(대역 효율 및 Jain's Fairness Index)을 분석하였고 이를 통해 제안한 파워 할당 방식이 기존의 파워 조절 방안들에 비해서 시스템의 대역 효율을 최대 28% 향상시킬 수 있음을 보였다.

ABSTRACT

Directional transmission is one of key technology to solve the utmost problem that current mobile communication system faces, which is explosively increasing data traffic, since directional transmission can maximize the throughput of mobile communication systems. In this work, we consider power allocation scheme for mobile communication system which utilizing directional transmission. Especially, we consider the case in which multiple users in the same sector of base station, are served at the same time by utilizing directional transmission. For this scenarios, we consider equal power allocation scheme, Water-filling based scheme and inverse SNR scheme. Moreover, we propose beam power allocation scheme whose objective is to maximize overall system throughput by taking into account interference between different directional transmissions. Moreover, we have examined the spectral efficiency and Jain's fairness index of various power allocation schemes for directional transmission by using system level simulator that has been developed in our previous work. Through simulations, it has been verified that the proposed power allocation scheme can improve the spectral efficiency of the system by 28%.

키워드 : 방향성 전송, 파워 조절, 최적화, 시스템 레벨 시뮬레이터, 성능분석

Key word : Directional Transmission, Power Allocation, Optimization, System-Level Simulator, Performance Evaluations

접수일자 : 2014. 10. 07 심사완료일자 : 2014. 10. 29 게재확정일자 : 2014. 11. 05

* **Corresponding Author** Bang Chul Jung(bcjung@gnu.ac.kr, Tel:+82-55-772-9171)

Department of Information and Communication Engineering, Gyeongsang National University, Tongyeong, 650-160, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.11.2621>

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. 서 론

현재 이동통신 시스템이 직면하고 있는 가장 큰 이슈는 스마트 폰 및 태블릿 피시의 광범위한 보급으로 인한 모바일 트래픽의 기하급수적인 증가이다[1, 2]. 실제 최근 몇 년 동안 이동통신 시스템에서 모바일 트래픽 양은 기하급수로 증가하고 있으며 Cisco 사는 Visual Networking Index에서 모바일 트래픽 양이 10년 내에 현재의 10배 이상으로 증가할 것으로 예측하고 있다[1]. 현재의 이동통신 기술로는 이러한 모바일 트래픽 증가를 수용할 수 없기 때문에 이동통신 시스템의 수율을 증가시키기 위한 다양한 연구 (예를 들어 Massive MIMO(Multiple Input Multiple Output), Device-to-Device Communication) 등이 활발하게 이루어지고 있다[3].

셀룰러 이동통신 시스템의 수율을 극대화하기 위한 방안 중 하나로 방향성 전송(directional transmission)을 고려해 볼 수 있다 [3-6]. 그림 1에서 볼 수 있듯이 방향성 전송에서는 모바일 기지국이 다중 안테나를 이용하여 사용자의 위치로 전송 에너지를 집중한다. 사용자의 수신 신호세기를 향상(방향성 이득) 시킬 수 있다. 또한 같은 섹터내의 사용자들에게 서로 영향을 거의 미치지 않으면서 동시에 다수의 사용자에게 다른 정보를 전송할 수 있으므로 (다중화 이득) 전체 시스템의 수율을 증가시킬 수 있다.

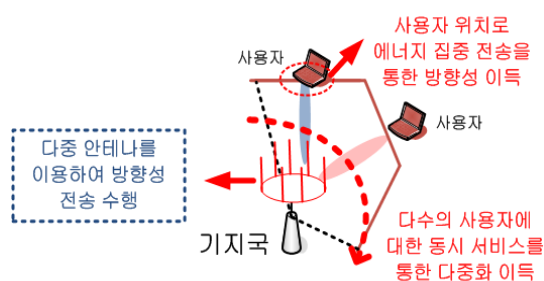


그림 1. 방향성 전송 동작 방안
Fig. 1 Operation of Directional Transmission

방향성 전송을 사용할 경우 다수의 사용자들이 동일 기지국으로부터 같은 시간에 데이터를 전송 받게 된다. 기지국의 전송 파워가 제한이 되어 있기 때문에 이 경우 서비스 받는 각 사용자들에게 전송 파워를 효

율적으로 나누어 주어 이동통신 시스템의 수율을 극대화하는 것이 중요하다. 특히 방향성 전송(전송 빔)간의 간섭이 발생할 수 있으므로 전송 파워 할당에서 이러한 전송 빔간 간섭을 고려해야 한다. 본 연구에서는 방향성 전송에서 시스템 수율을 극대화 하기 위한 빔간 전송파워 할당 방안에 대해서 연구하였고, 이전 연구 [3]에서 개발한 시스템 레벨 이동통신 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 다양한 파워 할당 방안의 성능들을 검증하였다.

본 논문의 II장에서는 방향성 전송에서 사용될 수 있는 전송 빔간 파워 조절 방안에 대해서 설명하고 방향성 전송을 위한 전송 빔간 파워 할당 방안에 대해서 제안한다. III장에서는 시스템 레벨 시뮬레이터를 기반으로 방향성 전송을 사용하는 셀룰러 모바일 시스템에서의 다양한 파워 할당 방안들의 성능을 분석하고, 마지막으로 IV장에서 본 논문을 마무리 한다.

II. 방향성 전송을 사용하는 이동통신 시스템에서의 전송 파워 할당방안

2.1. 이동통신 시스템에서 전송파워 할당 관련 기존 연구 및 문제점

이동통신 시스템에서의 전송파워 할당방안에 대해서 많은 연구가 이루어져 왔다[7, 8]. CDMA (Code Division Multiple Access) 시스템에서 near-far problem을 해결하기 위한 power control 방안 및 multi-tone 시스템에서 시스템의 수율을 극대화하기 위한 Water-filling 알고리즘이 대표적이다[7]. 특히 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)에서 optimization에 기반을 둔 전송파워 할당 방안에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다. [8]에서는 주변 기지국의 간섭이 있는 환경에서 Iterative Water-filling 알고리즘에 기반을 둔 파워 할당 방안에 대해서 제안하여 여러 기지국의 간섭이 있는 환경에서도 분산적으로 최적의 전송 파워를 할당 할 수 있음을 보였다. 기존 연구에서 이동통신 기지국의 전송파워를 최적화 하는 방안들에 대해 많은 연구가 진행이 되어 왔으나 방향성 전송을 사용하는 이동통신 기지국을 위한 전송파워 할당 방안에 대해서는 많은 연구가 진행되어 있지 않다.

방향성 전송을 활용할 경우 여러 전송 빔을 사용하여

동시에 여러 사용자들에게 서비스를 제공해 줄 수 있기 때문에, 아래의 그림 2에서 볼 수 있듯이 전송 빔의 빔 패턴 및 동시에 전송받는 사용자들의 위치에 따라서 하나의 전송이 다른 전송에 간섭을 주어 시스템 수율이 저하될 수 있다. (예를 들어서 그림 2에서는 사용자 1에게 전달되는 전송 신호에 의해서 사용자 2가 간섭을 받게 된다.) 특히 전송 빔을 활용할 때 각도에 따른 빔 패턴을 아래 식 1과 같이 표현할 수 있는데¹⁾ 식에서 볼 수 있듯이 데이터를 전송받는 사용자 이외의 사용자에게도 일정량의 간섭이 미치게 되고 이 간섭의 영향에 의해 주변 사용자의 수율이 낮아질 수 있다. 따라서 이러한 사용자 위치에 따른 다른 전송 빔에 의한 간섭의 영향을 고려한 빔간 전송파워 할당 방안에 대한 연구가 필요하다.

$$A(\Theta) = -\min(12(\frac{\Theta}{70})^2, 20). \quad (1)$$



그림 2. 방향성 전송에서의 간섭문제
Fig. 2 Interference in Directional Transmission

방향성 전송에서 앞서 설명한 빔간 간섭을 고려한 파워 할당 방안에 대한 연구가 일부 존재하나 [3-5], 해당 연구들에서는 시스템 레벨 시뮬레이션을 통한 성능 분석을 수행하지 않았으므로 빔 파워 할당 방안의 정확한 성능을 측정하지 않았다. 본 연구에서는 기존 연구들의 문제점을 해결하기 위해서 방향성 전송에서 빔간 간섭을 고려한 파워 할당 방안을 제안하고, [3]에서 개발한

시스템 레벨 시뮬레이터를 활용하여 다양한 파워 할당 방안의 성능(대역 효율 및 Jain's Fairness Index)을 분석하고자 한다.

2.2. 방향성 전송에서의 빔간 파워 할당 방안

본 연구에서는 그림 3에 나타난 것처럼 4가지 파워 할당 방안을 고려하였다. 본 장에서는 2명의 유저가 있는 경우를 기준으로 설명을 하도록 한다.

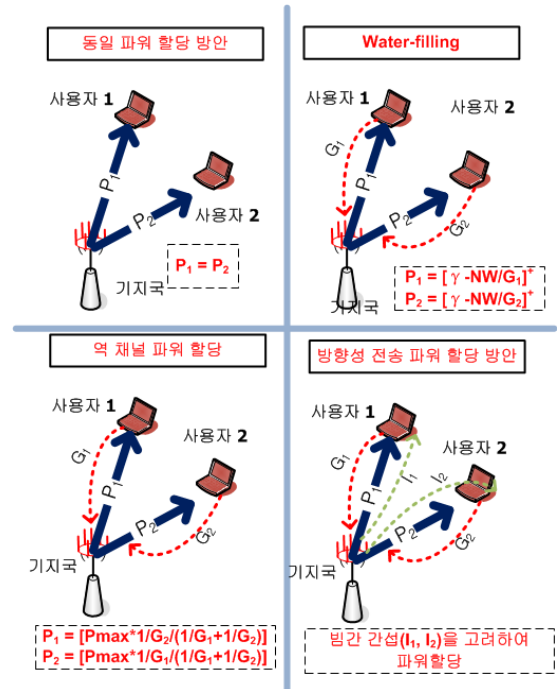


그림 3. 본 연구에서 고려한 파워 할당 방안
Fig. 3 Power Allocation Schemes Considered in This Work

동일 파워 할당 방안에서는 각 전송 빔에 동일한 파워를 할당하는 방안이다. 이 경우 최대 전송 파워가 P_{max} 일 때 각 전송 빔에 $P_{max}/2$ 의 전송 파워가 할당된다²⁾.

다음으로 Water-filling 알고리즘을 고려하였다. [8]에서 볼 수 있듯이 Water-filling 알고리즘에서는 워터 레벨³⁾을 정하고 워터 레벨과 각 전송 빔의 SNR

1) 식 (1)에서 Θ 는 각도를 의미하고 $A(\Theta)$ 는 각도에 따른 방향성 이득을 의미한다[4].
2) 즉 전송빔 1과 2에 할당되는 전송파워를 각각 P_1 및 P_2 라 하였을 때 $P_1 = P_2 = P_{max}/2$ 가 된다.
3) 본 연구에서는 Water-filling 알고리즘에서의 워터 레벨을 γ 로 표시하였다.

(Signal-to-Noise Ratio)의 역수의 차이에 비례하여 파워를 할당하도록 한다. 빔 간 간섭이 없을 경우 Water-filling 파워 할당을 통해서 전체 시스템의 수율을 최대화할 수 있다 [7]. Water-filling 알고리즘에 의한 전송 파워 할당은 아래의 수식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} P_1 &= [\gamma - \frac{NW}{G_1}]^+, \\ P_2 &= [\gamma - \frac{NW}{G_2}]^+, \\ P_1 + P_2 &= P_{\max}. \end{aligned} \quad (2)$$

수식 (2)에서 $[\cdot]^+$ 연산자는 $\max(\cdot, 0)$ 을 의미하고 NW 는 노이즈 파워, G_1, G_2 는 각각 전송 빔 1과 전송 빔 2의 채널 값을 의미한다⁴⁾. 워터레벨 γ 는 수식 (2)의 마지막 등식을 만족시킬 수 있도록 설정이 된다.

역 채널 전송파워 할당방식에서는 전송 빔의 채널 값의 역수에 비례하여 채널을 할당한다. 즉 더 나쁜 채널에 더 높은 파워를 할당함으로써 전체적인 공평도를 높이는 방식이다. 역 채널 전송파워 할당 방식에서는 수식 (3)과 같이 전송파워가 할당된다.

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{\frac{1}{G_1}}{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2}}, \\ P_2 &= \frac{\frac{1}{G_2}}{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2}}. \end{aligned} \quad (3)$$

마지막으로 본 연구에서는 방향성 전송에서 빔간 간섭을 고려한 방향성 전송 파워 할당 방안을 고려하였다. 앞서 설명한 3가지 방안들과는 달리 본 방안에서는 하나의 전송 빔이 다른 전송 빔에 미치는 간섭을 고려하여 전송 파워를 할당한다. 방향성 전송 파워 할당 방안은 아래의 수식 (4)와 같은 최적화 문제를 풀어서 최적 파워 값을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{i=1}^N \log_2 \left(1 + \frac{P_i G_i}{NW + \sum_{j=1, j \neq i}^N I_{j,i}} \right) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^N P_i = P_{\max} \end{aligned} \quad (4)$$

최적화 문제 (4)에서 N 은 전체 전송 빔의 개수가 되고 (본 예제에서는 $N=2$) $I_{j,i}$ 는 j 번째 전송 빔이 i 번째 전송 빔으로부터 서비스를 받는 사용자에게 미치는 간섭 정도이다. $I_{j,i}$ 는 P_j 에 대한 함수이고 i 번째 전송 빔과 j 번째 전송 빔의 전송 각도에 따라서 달라진다. (예를 들어서 두 전송 빔 간의 전송 각도 차이가 크면 $I_{j,i}$ 의 값이 작을 것이다.) 최적화 문제 (4)의 경우 convex optimization 문제가 아니므로 exhaustive search를 통해서 최적의 파워 할당 값을 찾아야 한다. 기존의 방식들과는 달리 방향성 전송 파워 할당 방안에서는 단말의 위치 (각도)를 알아야 하므로 추가적인 오버헤드가 발생할 수 있으나 빔 간 간섭을 고려하여 파워를 할당하므로 수율을 향상시킬 수 있을 것이다.

III. 성능분석

3.1. 시뮬레이션 환경

본 연구에서는 II장에서 제안된 전송 파워 할당 방안의 성능을 분석하기 위해서 시스템 레벨 시뮬레이터를 이용하였다. 시뮬레이터를 통해서 다운링크의 대역 효율 값과 Jain's fairness index를 측정하였다⁵⁾. 시스템에 있는 단말의 수가 K 명이고 각 단말 i 의 수율을 R_i 라 할 때 Jain's fairness index는 수식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{(\sum_{i=1}^K R_i)^2}{K(\sum_{i=1}^K R_i^2)} \quad (5)$$

4) 방향성 전송에서 각 채널 값은 전방향성의 pilot 전송을 통해서 얻을 수 있고 실제 방향성 전송에서의 채널 값은 pilot 전송에서 얻은 값에 전송 시 얻을 수 있는 방향성 이득 값을 곱해서 얻을 수 있을 것이다.

5) Jain's fairness index는 공평도 정도를 나타내는 척도로 이 값이 1에 가까울수록 공정하게 자원이 나눠졌다는 것을 나타낸다.

본 연구에서는 IEEE 802.16e 환경을 기반으로 시스템 레벨 시뮬레이터를 개발하였다. 시뮬레이터에 사용된 파라미터들은 표 1과 같다 [3, 9].

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Table. 1 Simulation Parameter

Parameter	Value
Channel bandwidth	10 MHz
DL subchannel	PDSCH
BS transmission power	46 dBm
Noise power	-174 dBm
Number of users per sector	10
Path-loss model	IMT-R M.2135 urban macro model [10]
Shadow fading	6dB
Target PER	1%, 10%
Cell layout	7-cell 구조, 3-sector
Cell radius	250m
Antenna configuration	8 x 1
Scheduling	Round Robin
Number of beam per sector	2

본 연구에서는 빔간 파워 할당의 성능을 확인하기 위해서 Round Robin 스케줄링을 사용하였다⁶⁾. 또한 기지국이 3개의 섹터로 나뉘어 있고 각 섹터에서 2개의 빔을 동시에 전송할 수 있다고 가정하였다. 더불어 두 빔이 DPC (Dirty Paper Coding)과 같은 기법을 활용하여 빔 간 간섭을 없앨 수 없는 환경을 고려하지 않았다⁷⁾. 마지막으로 다양한 환경에서 성능 분석을 하기 위해 Target PER (Packet Error Rate) 값을 1%와 10%로 설정하고 분석을 하였다. Target PER값이 낮을 경우 더 낮은 MCS (Modulation and Coding Scheme)을 사용하여 데이터를 전송하게 된다.

3.2. 시뮬레이션 결과

본 연구에서 고려한 4가지 파워 할당 방안에서 Target PER이 각각 1% 및 10%일 때 측정된 대역 효율 값이 그림 4에 나와 있다.

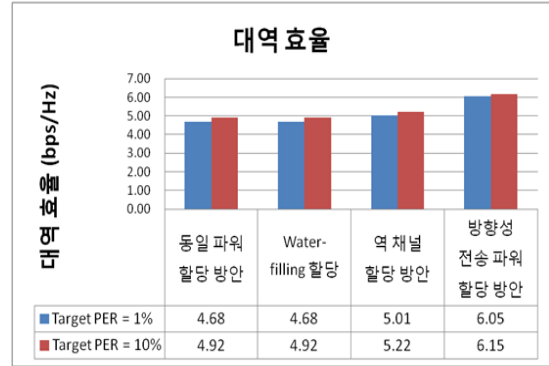


그림 4. 시스템 레벨 시뮬레이터에서 측정된 대역 효율값

Fig. 4 Spectral Efficiency Results from System Level Simulator

그림 4의 결과에서 볼 수 있듯이 빔 간 간섭을 고려하지 않은 3가지 방안들 (동일 파워 할당 방안, Water-filling 할당 및 역 채널 할당 방안)에 비해서 방향성 전송의 사용을 통해 대역 효율 값을 최대 28% 향상시킬 수 있었다. 이를 통해서 방향성 전송에서 빔 간 간섭의 영향이 크다는 것을 볼 수 있고 방향성 전송 시스템 구성 시 빔 간 간섭을 중요하게 고려해야 한다는 것을 볼 수 있다. 또한 동일 파워 할당 방안과 Water-filling 할당 방안의 대역 효율 값이 거의 동일한데 이는 방향성 전송에서 빔 간 간섭에 의해서 Water-filling의 optimality가 성립하지 않게 되는 것을 의미한다. 더불어 역 채널 할당 방안이 동일 파워 할당 방안 및 Water-filling 할당 방안에 비해서 더 높은 성능을 보였다. 마지막으로 Target PER이 1%일 때에 비해서 Target PER이 10% 일 때 대역 효율이 향상되는 것을 볼 수 있는데 이는 3.1에서 설명하였듯이 Target PER이 높을 경우 더 높은 MCS를 이용하여 전송으로 하게 되므로 에러 발생 확률을 증가하지만 수율을 향상된다. 하지만 그림 4의 결과에서 볼 수 있듯이 다른 Target PER 값에서 대역 효율 값의 차이는 그리 크지 않았다.

다음으로 그림 5에는 4가지 파워 할당 방안에서 Jain's fairness index를 계산하였다.

6) PF (Proportional Fair) 스케줄링과 같이 채널 환경에 따라서 스케줄링을 달리하는 기법을 사용할 경우 순수한 파워 할당 방안만의 성능 분석이 불가능하여 Round Robin 스케줄링을 사용하였다.

7) 결과에 첨부하지는 않았지만 DPC등을 활용하여 빔 간 간섭을 제거했을 경우에는 Water-filling이 제일 높은 수율을 보이게 된다.

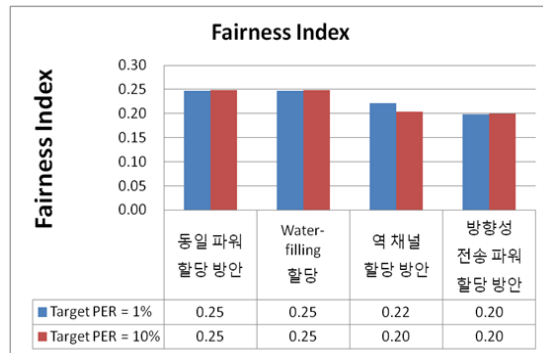


그림 5. 시스템 레벨 시뮬레이터에서 측정된 Jain's fairness index

Fig. 5 Jain's Fairness Index Results from System Level Simulator

그림 5의 결과에서 볼 수 있듯이 방향성 전송 파워 할당 방안은 다른 방안들에 비해서 더 낮은 Jain's fairness index 값을 갖았다. 이는 방향성 전송 파워 할당 방안의 목적함수 자체가 시스템의 전체 수율을 극대화 하는 것이므로 더 채널 환경이 좋고 간섭이 적은 사용자에게 더 많은 전송 파워가 할당되게 되고 이 때문에 사용자 간 전송 수율 차이가 나게 되는 것이다. 하지만 결과에서 볼 수 있듯이 Jain's fairness index 값 차이가 그리 크지 않았다.

IV. 결 론

본 연구에서는 이동통신 시스템에서 방향성 전송을 사용할 때 방향성 전송 간 파워 할당 방안을 분석하였다. 특히 본 연구에서는 동일 파워 할당 방안, Water-filling 방안, 역 채널 할당 방안 및 방향성 전송 파워 할당 방안을 고려하였다. 앞의 3가지 파워 할당 방안과는 달리 방향성 전송 파워 할당 방안에서는 전송 빔간 간섭을 고려하여 전송 파워를 할당함으로써 앞서 3가지 방안에 비해서 더 높은 시스템 수율을 보장할 수 있다. 더불어 기존의 연구에서 개발한 시스템 레벨 시뮬레이터를 사용하여 각 파워 할당 방안의 대역 효율 값과 Jain's fairness index를 분석하였다. 성능 분석을 통해서 방향성 전송 파워 할당 방안이 기존의 방식들에 비해서 더 높은 대역 효율(28% 향상)을 보였다. 본 연구에서는

파워 할당과 스케줄링이 독립적으로 이루어지는 환경만을 고려하여 실제 시스템에서의 성능이 저하될 수 있으므로 향후에는 파워 할당과 스케줄링을 동시에 고려하는 방안을 제안할 계획이다.

감사의 글

본 성과물은(논문, 산업재산권, 품종보호권 등)은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 가축관리 및 돈사환경 관측 빅데이터 활용에 관한 연구, 세부과제번호: PJ010541022014)의 지원에 의해 이루어진 것임

REFERENCES

- [1] Cisco, "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2013-2018," Feb. 2014.
- [2] J. Huh, "An era of mobile-data explosion, how to prepare?," *KT Digieco Focus*, pp. 1-18, Jul. 2011.
- [3] W. Lee, and K. Sung, "Adaptive interference estimation for cellular mobile communication systems using directional transmission and performance evaluation based on system-level simulations," *J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.*, vol. 18, no. 9, pp. 2117-2123, Sep. 2014.
- [4] W. Lee, and D. Cho, "Adaptive Interference Estimation for Directional Transmission," in *Proc. of CCNC 2012*, Las Vegas, NV, Jan. 2012.
- [5] S. Pyun, H. Widiarti, Y. Kwon, D. Cho, and J. Son, "TDMA-based channel access scheme for V2I communication system using smart antenna," *VNC 2010*, pp.209-214, Dec. 2010.
- [6] W. Lee, and D. Cho, "Downlink power control scheme for smart antenna based wireless systems," *VTC 2010 Spring*, pp.1-5, May. 2010.
- [7] A. Goldsmith, "Wireless communications." *Cambridge university press*, 2005.
- [8] K. Lee, H. Lee, Y. Jang, and D. Cho, "CoBRA: Cooperative Beamforming-Based Resource Allocation for Self-Healing in SON-Based Indoor Mobile Communication System," *IEEE Trans. on. Wireless Commu.*, vol.12, no.11, pp.5520-

5528, Nov. 2013.

- [9] K. C. Beh, A. Doufexi and S. Armour, "Performance evaluation of hybrid ARQ schemes of 3GPP LTE OFDMA system," in *Proc. Personal, Indoor and Mobile Radio*

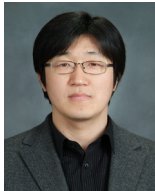
Communications 2007, pp. 1-5, Sep. 2007.

- [10] "Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMTAdvanced," ITU, Geneva, Switzerland, Report ITU-R M.2135, 2008.



이웅섭(Woongsup Lee)

2006년 한국과학기술원 전기및전자공학과 학사
2011년 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
현재 경상대학교 정보통신공학과 조교수
※관심분야: 차세대 이동통신 시스템, 인지 라디오 시스템, 스마트 그리드



정방철(Bang Chul Jung)

2002년 2월 아주대학교 전자공학부 학사
2004년 8월 KAIST 전자전산학과 석사
2008년 2월 KAIST 전자전산학과 박사
2008년 3월~2009년 8월 KAIST IT 융합연구소 팀장
2009년 9월~2010년 2월 KAIST IT 융합연구소 연구교수
2010년 3월~현재 경상대학교 정보통신공학과 조교수
※관심분야: 이동통신, 신호처리, 협력 및 중계통신, Cognitive Radios, Compressed Sensing, 차세대 이동통신 시스템



반태원(Tae Won Ban)

1998년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
2000년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
2010년 2월 KAIST 전기및전자공학 박사
2009년 6월~2010년 10월 KT 연구 엔지니어
2011년 2월~2012년 8월 KT Project Manager
2012년 9월~현재 경상대학교 정보통신공학과 조교수
※관심분야: 차세대 이동통신, 무선 자원 관리, Cognitive Radios, Relay Systems, OFDM/MIMO