

# 특수망에서 통신 에러율을 줄이기 위한 알고리즘에 관한 연구

손동철  
백석대학교 정보통신학부

## A Study on Algorithm for Reducing Communication Error Rate in Special Network

Dong-Cheul Son  
Division of Information Communication, Baekseok University

**요 약** 휴대폰 망과 같은 이동망이나 와이파이망, 주파수공용통신(Trunked Radio System)과 같은 망은 시설기반 (Infra Structure)망이어서 핸드오버같은 것은 문제가 되지 않는다. 그러나 무전기 같이 수명에서 수십 명 내외의 그룹 간 이동을 하면서 서로 통신을 해야 하는 경우는 망을 구성하고 있는 노드들이 실시간으로 이동하고, 토폴로지가 늘 변하고 있으며, 특히 무선으로 통신할 경우는 전파환경이 좋지 않아서 망을 구성하기란 쉽지 않다. 특히 특수목적망은 인프라 시설이 없어서 구성원들 간에 핸드오버(handover)가 필요한 경우가 많으며, 핸드오버하는 대상노드를 결정하는 것은 반드시 필요하며 중요하다. 어느 노드가 핸드오버 역할을 할지에 따라 다양한 토폴리지의 통달거리, 수신 감도, 음질 등에 영향을 주게 된다. 본 고에서는 토폴로지 경우의 수를 다양하게 분석하여 전파간섭 및 핸드오버 프로토콜에 따라 데이터 전송을 원활하게 할 모델을 제시하고, 시뮬레이션을 통해 분석한 결과를 제시한다.

**주제어** : 토폴로지, 핸드오버, 수신신호세기, 트리, 노드

**Abstract** The purpose of this study is to analyze the effect of the glass ceiling induction factors on the improvement of the job Commitment on the glass ceiling perception and to analyze the effect of the organizational Commitment on the influence of the local medical institute and private medical institute employees. As a research method, structural equation model analysis was carried out to investigate the influence relationship of each factor. In particular, multiple group analysis was performed to analyze the difference of influence relations between public and private medical personnel, respectively. Result: First, empirical studies on the effect of the glass ceiling inducing factors on job Commitment showed that job Commitment was influenced by stereotype and organizational culture, and the magnitude of the influence was different. Second, the employees of the room medical center were influenced by perceived promotion, job placement, education and training, reward, and job satisfaction. Third, in the hypothesis that job Commitment will be affected by the perception of glass ceiling, only the workers of the private medical center showed significant results. Based on the results of this study, it will be necessary to plan policies to improve the perception of the glass ceiling phenomenon and improve its status in order to improve the personnel and system with which women workers can enter more senior management positions.

**Key Words** : Topology, Handover, RSSI, Tree, Node

\* 본 논문은 2016 년 백석대학교 학술연구비에 의하여 지원되었음

Received 30 September 2016, Revised 1 November 2016  
Accepted 20 November 2016, Published 28 November 2016  
Corresponding Author: Dong-Cheul Son(Baekseok University)  
Email: dcson@bu.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. 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.

## 1. 서론

인프라시설을 기반으로 하지 않은 특수망의 경우는 구성원들이 늘 이동을 하면서 실시간으로 변화는 핸드오버, 주파수할당 및 간섭, 출력, 패킷에러율(PER: Packet Error Rate)으로 인한 문제는 통신망의 효율을 떨어뜨리고 원활한 통신을 할 수 없는 문제에 직면하게 된다[1,2].

특수망에 이용하는 주파수의 급격한 이용증가는 보다 과학적이고, 체계적인 주파수 관리 기술을 요구하고 있으며 유한 전파자원의 효율적 이용이 더욱 중요시 되고 있다. 무선주파수를 사용하는 특수망 노드들은 늘 이동함으로 주파수 할당도 어렵지만 할당된 동일한 주파수를 사용하는 그룹간 통신은 많은 주파수 간섭이 일어나서 통신을 어렵게 만들고 있으며 전송 대역폭 등에 많은 제약을 받아, 한 번에 처리할 수 있는 데이터양의 제한에 큰 문제점을 안고 있다. 이런 문제점들이 특히 전시나 위급한 상황에서는 더 큰 문제로 부각된다[3,4].

본 연구에서는 전시나 위급한 상황에서 특수망을 구성하고 있는 노드들 간의 원활한 통신을 요구하는 상황에서 주파수 간섭 또는 수신감도를 개선하기 위해 어려움을 낮추기 위한 토폴로지 모델과 프로토콜을 제안한다.

## 2. 본론

### 2.1 제안 모델

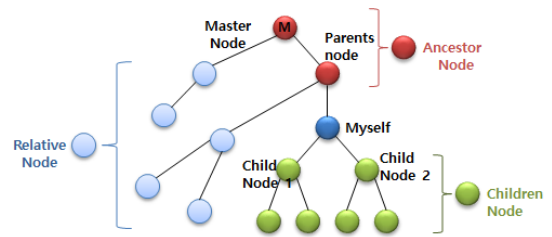
제안 프로토콜은 시분할다중접속 방식을 기반으로 함에 따라 스트리밍 데이터의 한 프레임을 공유할 수 있는 시간적 자원이 제한적이므로, 하나의 네트워크를 구성하는 전체 노드의 수와 데이터 공유를 위한 근접노드의 수가 제한적이어야 한다. 따라서 제안 네트워크에서는 토폴로지를 구성 시 하나의 네트워크에 접속 가능한 노드의 수는 16대로 제한하며, 각 노드는 최대 3개의 근접노드와 데이터를 공유하는 것으로 제한한다.

통신망을 구성하고 있는 노드(구성원)들을 트리형태로 구성을 하며 동기를 맞추어주는 노드를 마스터 노드라고 칭하고 자신의 노드가 최초 접속 시 접속요구를 하여 망 접속을 허락받는 경우 그 노드들은 부모노드가 되고 자신이 망에 접속되어 있는 상태에서 누군가 망에 접속하고자 할 때 자신이 허락하면 나 자신으로부터 자식

노드가 된다. 만일 자신에게 부모노드가 없으면 자신이 루트(root)에 해당하는 마스터 노드가 된다.

이런 트리를 구성하는 데이터는 전파의 수신신호세기(RSSI : Received Signal Strength Indicator)를 기반으로 자신이 망에 접속하고자 할 때는 접속요구를 수신한 모든 노드 중 수신신호세가 가장 센 노드에게 접속하도록 한다. 모든 노드들은 수신신호세기 상태이בל을 공유하고 있으며 수신신호세기를 주기적 혹은 이벤트 발생 시 테이블을 갱신한다[5,6].

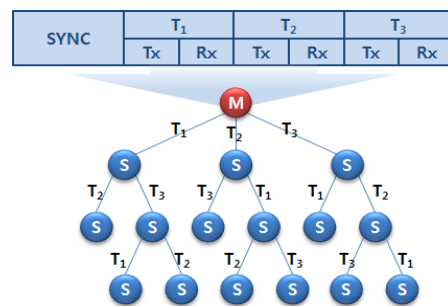
부모노드와 망이탈이 일어날 경우 각 노드별 상태이בל을 확인하여 자손노드를 제외한 노드 중에서 접속 가능한 채널을 통해 망에 접속하도록 한다.



[Fig. 1] Suggested Model

### 2.2 타임슬롯 구성

각 노드의 타임슬롯은 크게 동기 슬롯과 트래픽 슬롯으로 구분하고, 다시 트래픽 슬롯은 자신에게 연결될 수 있는 최대 슬롯 수만큼 분리하고, 각 노드와의 송신 또는 수신을 위해 각 슬롯을 다시 두 개로 분리한다. 즉 제안 네트워크 프로토콜에서는 최대 3개의 근접노드와 연결되므로, 한 개의 동기슬롯과 총 6개의 트래픽 슬롯으로 분리하여 처리한다.



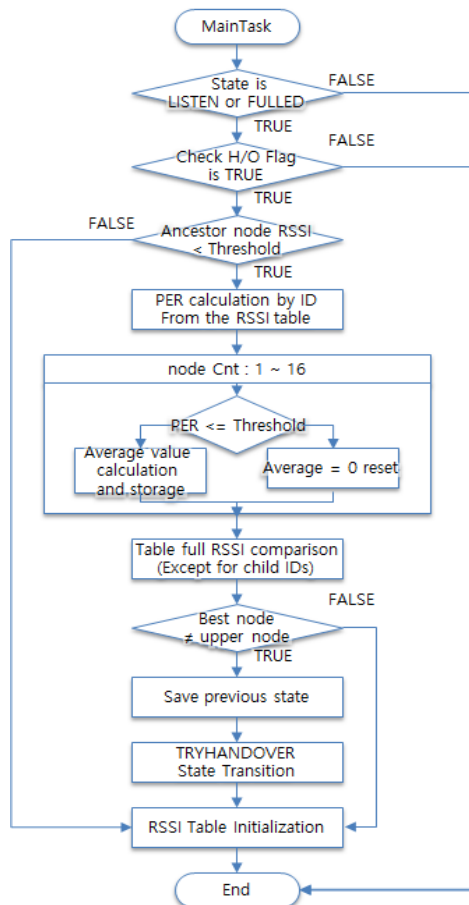
[Fig. 2] Configuration of Time Slot

### 2.3 근접노드와 데이터 공유알고리즘

마스터 노드는 선송신-후수신 형태로 접속되어 있는 근접 슬레이브 노드들과 데이터를 공유한다. 그리고 나머지 슬레이브 노드들은 아래와 같은 동일한 시퀀스를 통해 접속 노드들과의 데이터를 공유한다.

- ① 트리형 토폴로지에서 자신의 노드가 속해있는 계층보다 상위 계층에 있는 노드로부터 음성 데이터가 수신될 때까지 대기한다.
- ② 상위 계층의 노드로부터 음성이 수신되면 자신의 음성 데이터를 응답 형태로 전송한다.
- ③ 나머지 두 하위 계층의 노드들과 음성 데이터를 선송신-후수신 형태로 음성 데이터를 공유한다.

### 2.5 핸드오버 절차 및 상태도



[Fig. 3] Flow chart for Algorithm

핸드오버 절차는 최대 16명 이하에서 운용되는 망에서 상위노드의 수신신호세기 및 패킷에러율이 일정한 기준치 이하(-100dBm)로 낮아지면 모든 노드의 수신신호세기를 누적하여 상태테이블을 갱신하고 수초동안 수신 패킷에러율을 측정하고 기준치 이하인 노드는 핸드오버에서 제외하고 후보대상 노드들의 수신신호세기 평균값을 산출하고 상위노드와 타노드들의 수신신호세기를 비교하여 후보 중 양호한 노드에 대해 핸드오버를 하도록 결정한다. 핸드오버가 결정된 노드는 접속대상노드로 접속요청데이터를 송신하고 응답이 오면 현재 연결되어 있는 모든 노드를 단절시키고 접속정보를 갱신하여 핸드오버를 수행한다[7,8,9].

### 2.6 근접주파수 회피방안

자신의 어떠한 네트워크에 접속되어 있는 경우, 자신과 물리적으로 근거리에 있으면서 근접 주파수를 사용하면 노드 간 주파수 간섭이 발생한다. 이로 인해 수신 패킷의 에러율이 증가함은 물론 데이터의 품질이 저하되는 문제가 야기될 수 있다[7,8].

제안된 모델의 주파수 간섭 회피방안은 모든 노드가 주기적으로 주파수를 변경해가며 데이터를 송수신하도록 하는 방법이다.

각 노드가 주기적인 주파수 변경을 수행하기 위해서는 노드가 겹치는 현상이 나타나지 않도록 각 노드가 서로 다른 규칙에 서로 다른 순서대로 주파수 변환을 수행하여야 한다. 따라서 아래와 같은 수식을 적용하여 매 송신 시마다 사용해야할 주파수 번호를 정한다.

$$Freq(Hz) = \left[ \left\{ (cnt \times ch) + \frac{(ch-1) \times gcd(ch_{max}, cnt)}{ch_{max}} - 1 \right\} \% ch_{max} \right] \quad (2.1)$$

$$Freq(Hz) = idr_{freq} \times ch_{space} + Freq_{min} \quad (2.2)$$

		Changed count frequency Index															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
current using freq. Index (nodeID)	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	2	2	4	6	8	10	12	14	16	2	4	6	8	10	12	14	1
	3	3	6	9	12	15	2	5	9	11	14	1	4	7	10	13	2
	4	4	8	12	16	4	8	12	1	4	8	12	16	4	8	12	3
	5	5	10	15	5	9	14	3	10	13	2	7	13	1	6	11	4
	6	6	12	2	9	14	4	10	2	6	12	2	9	14	4	10	5
	7	7	14	5	13	3	10	1	11	15	6	13	5	11	2	9	6
	8	8	16	8	1	8	16	8	3	8	16	8	1	8	16	8	7
	9	9	3	11	6	13	7	15	12	1	11	3	14	5	15	7	8
	10	10	5	14	10	2	13	6	4	10	5	14	10	2	13	6	9
	11	11	7	1	14	7	3	13	13	3	15	9	6	15	11	5	10
	12	12	9	4	2	12	9	4	5	12	9	4	2	12	9	4	11
	13	13	11	7	7	1	15	11	14	5	3	15	15	9	7	3	12
	14	14	13	10	11	6	5	2	6	14	13	10	11	6	5	2	13
	15	15	15	13	15	11	11	9	15	7	7	5	7	3	3	1	14
	16	16	1	16	3	16	1	16	7	16	1	16	3	16	1	16	15

[Fig. 4] Frequency Index Table

변경할 주파수( $Freq(Hz)$ )는 변경 가능한 주파수 개수( $Ch_{max}$ )만큼 채널을 선정하고, 카운트( $cnt$ )를 통해 채널을 한 번씩 변경해 가며 주파수를 산출한다. 이 과정을 통해 아래와 같은 주파수 변경 테이블을 생성할 수 있다.

근접노드 간에 주파수 간격이 좁아 노드 간 PER 수치가 100%인 환경에서 인덱스 테이블을 사용한 주파수 변경 기능을 수행할 경우, 주파수 간섭으로 인한 PER 수치가 다음과 같이 개선될 수 있다.

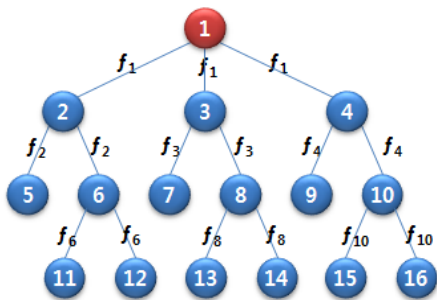
$$PER_{avg}(\%) = (1 - \frac{\text{간섭 주파수 범위}}{\text{사용 주파수 범위}}) \times 100 \quad (2.3)$$

반면에 근접노드 간의 주파수 간격이 넓어 노드 간 PER 수치가  $PER_{avg}$  이상일 경우에는 오히려  $PER_{avg}$  로 낮아져 음질이 저하되는 현상이 나타날 수도 있다. 하지만 실질적으로 네트워크 운용 시 자신에게 근접해 있는 노드가 주파수는 정해져 있지 않다. 다시 말해, 근접해 있는 노드의 주파수가 자신이 사용하는 주파수에 가까울 수도 있고 멀리 떨어져 있을 수도 있다. 따라서 노드에 따라 주파수 간섭율의 편차를 발생시킬 바에, 모든 노드에게 동일한 주파수 간섭율을 제공하는 것이 적합할 것으로 판단된다[10,11,12,13,14].

### 3. 시뮬레이션

#### 3.1 테스트 환경 및 시나리오

실내에서는 간섭거리를 수치화하는 것이 어려움으로 실제 노드에 해당하는 400MHz 주파수대역의 채널간격이 500KHz, 간섭범위가 1.5MHz인 환경에서 무선통신단



[Fig. 5] Simulation Model for Max Traffic

말기 16개(SM900,모델)로 망을 구성하고 제안 주파수 간섭 회피 방안을 적용 시 타 노드에 대한 주파수 간섭 정도를 비교하였다.

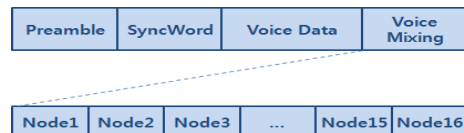
실외테스트는 타 단말기의 간섭을 최대한 배제하기 위해 가시거리가 확보되는 강과 논에서 시행하였다. 모두 5 차례의 테스트를 수행하였으며 테스트항목은 실내와는 다르게 통달거리, 주파수 간섭여부, 음성품질 위주도 테스트 하였다.



[Fig. 6] Outdoor Test Place

#### 나. 핸드오버 검증을 위한 전송 프레임

핸드오버 기능 검증을 위해 프레임에 음성 믹싱 여부 필드(Voice Mixing)를 추가하였다. 해당 필드는 최대 구성 가능 노드 수인 16개로 분할하며, 노드별 필드에는 PER 측정을 위한 순차번호(Sequence Number)가 입력 되도록 한다. 각 노드는 최초 자신의 데이터 전송 시 자신의 필드에 순차번호를 갱신하며 전송하고, 핸드오버 시 상대방의 순차번호를 갱신하여 재전송하도록 함으로써, 최종 수신된 데이터에 어떠한 노드의 데이터가 믹싱되어 있는지를 판단 가능하도록 하였다.



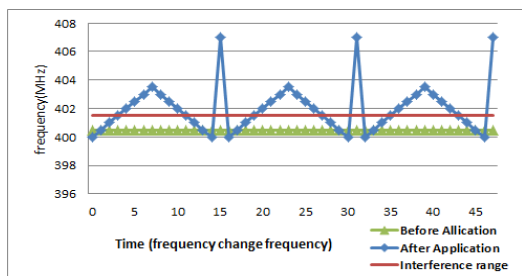
[Fig. 7] Frame Structure

#### 3.2 테스트 결과

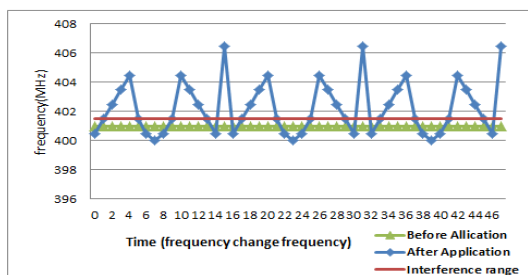
##### 가. 주파수 회피방안 적용시 간섭비교

운용 가능한 총 16개의 노드 중 시뮬레이션 대상 노드 1번을 선정하여 제안 주파수 간섭 회피방안을 적용 시 타 노드에 대한 주파수 간섭 정도를 비교하였다.

방안을 적용하기 전 시뮬레이션 대상 노드에 대한 2번 노드와 3번 노드의 주파수 간격은 각각 0.5MHz, 1MHz 로써 주파수 간섭 범위인 1.5MHz 내에 속하여 항상 주파수 간섭이 일어난다. 반면에 방안을 적용한 경우는 주기적인 주파수 변경에 의해 간섭 채널 범위 내에서 통신하는 시간이 현저히 줄어든 것을 확인할 수 있다.



[Fig. 8] Degree of freq. interference improvement (node 2)



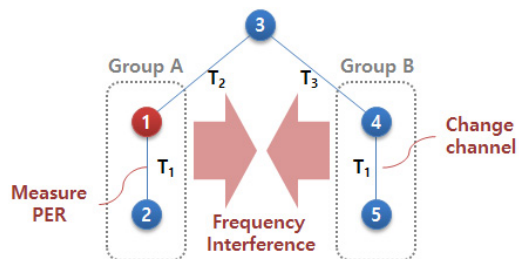
[Fig. 9] Degree of freq. interference improvement (node 3)

#### 나. 주파수 회피방안 적용시 간섭비교

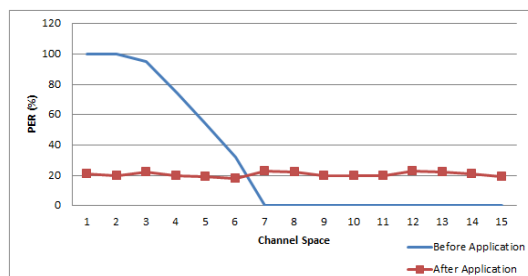
5대의 노드로 망을 구성하여 주파수 간섭이 발생하는 환경을 구성하여 노드 간 주파수 간격, 노드 간 이격거리, 노드의 RF 출력 세기 등을 비교 조건으로 하여 비교 대상 노드에서 PER 시험을 수행하여 실질적인 간섭율을 확인하였다. 양방향 통신 시 그룹A의 음성 송수신과 그룹B의 음성 송수신 타이밍이 겹치면서 노드 간에 간섭이 발생하게 된다.

주파수간섭 발생시 PER 시험 결과 알고리즘을 적용하기 전 평균 PER은 30.40%이며, 적용한 후에는 평균 PER이 20.67%로, 평균 PER이 9.73% 개선됨을 확인할 수 있다. 알고리즘 적용하기 전은 높은 PER 수치로 인해 음성 통신 시 음성 인지가 어려울 정도의 채널이 존재하였지

만 방안을 적용한 후에는 모든 채널에서 음성인지가 가능해졌다는 것이 확인되었다.

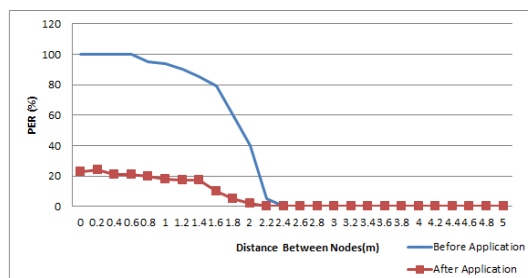


[Fig. 10] Freq. interference ratio environment



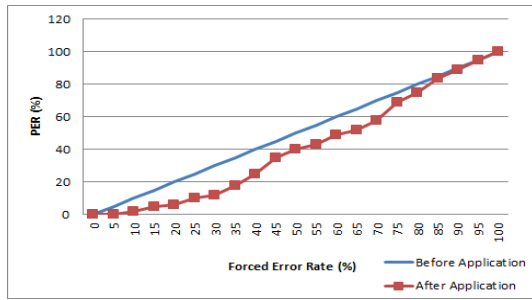
[Fig. 11] Channel interval vs. PER

노드간 이격거리에 따른 PER 시험 결과 알고리즘을 적용하기 전 평균 PER은 34.6%이며, 적용한 후에는 평균 PER이 6.85%로, 평균 PER이 29.61% 개선됨을 확인할 수 있다.

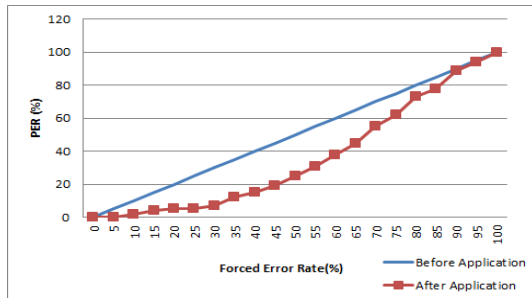


[Fig. 12] Separation distance vs. PER

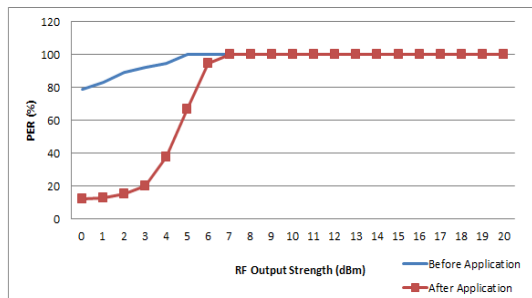
RF 출력세기에 따른 PER 시험 결과 알고리즘을 적용하기 전 평균 PER은 97.05 %이며, 적용한 후에는 평균 PER이 79.05%로, 평균 PER이 18% 개선됨을 확인할 수 있다.



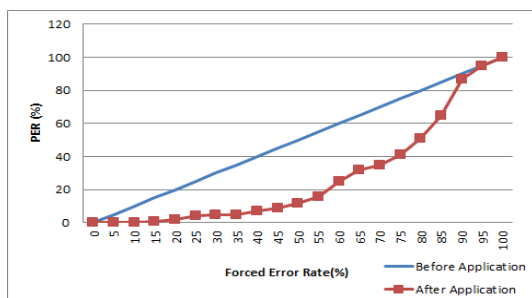
[Fig. 13] ARQ applied vs PER



[Fig. 14] FEC applied vs PER



[Fig. 15] RF Output Strength vs. PER



[Fig. 16] ARQ vs. PER

알고리즘 적용 개선으로 확보된 여유 시간자원을 수신율 개선을 위해 ARQ(Automatic Repeat Request)와 FEC(Forward Error Correction) 그리고 Hybrid ARQ를 적용하였을 때 PER 시험 결과 방안을 적용하기 전은 평균 PER이 50%였으며, ARQ 방안을 적용한 후에는 평균 PER이 41.29%, FEC 방안을 적용한 후에는 평균 PER이 36.14%, 마지막으로 Hybrid ARQ 방안을 적용한 후에는 평균 PER이 28.19%로 모든 방안에서 PER이 일부 개선되었다[15].

## ACKNOWLEDGMENTS

This study is sponsored by the 2016 research fund of Baekseok University.

## REFERENCES

- [1] Lee, Doo-Young, "Performance Comparison of Ad-hoc Routing Protocols", 2005
- [2] T. K. An, C. Y. Ahn, Y. S. Lee, M. W. Nam, "A Study on Efficient Access Point Installation Based on Fixed Radio Wave Radius for WSN Configuration at Subway Station", *Journal of the Korea Academia-Industrial*, Vol. 17, No. 7, pp. 740-748, 2016.
- [3] Josh Broch, David A. Maltz, David B. Johnson, Yih-Chun Hu, Jorjeta Jetcheva, "A Performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad-hoc Network Routing Protocols" (Mobicom '98), October 1998.
- [4] Jyoti Raju and J.J Garcia-Luna-Aceves, "A Comparison of On-demand and Table-driven Routing for Ad-hoc Wireless Network" in *Proceedings of IEEE ICC*, June 2000
- [5] Seidel. S. Y. and Rappaport. T. S., "914 MHz Path Loss Prediction Models for Indoor wireless Communications in Multifloored Buildings," *IEEE Trans.* vol. 40, no. 2, pp. 207-217(1992)
- [6] S..M. Chun, J..W. Nah, S. M Lee, J. H. Choi, J. T. Park, "Model and Architecture of User-Defined Networks for Seamless Mobility Management in

- Diverse Wireless Environment” Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 48, No. 11, pp. 01-08, November 2011.
- [7] S. J. Sin, “A Fast Handover Mechanism and Optimal Path Selection Method for Reliable Multicasting Services in Mobile IPv6 Networks”, Theses of INHA UNIVERSITY, pp. 4-52, July 2005.
- [8] S. G. Ryu, Y. S. Mun, “Enhancement of Fast Handover for Mobile IPv6 based on IEEE 802.11 Network”, Journal of Information Science, vol. 35, No. 1, pp. 46-55, February 2008.
- [9] C. M. Park, J. H. Ji, H.S. Jeon, “ Heterogeneous network handover technology and standardization trend”, Journal of Korea Information Technology Association, No.125, pp. 75-79, 2009.
- [10] Radio Research Laboratory, “Interference Analysis and Management Technology for Designation of Ground Network Frequency”, 2008.12.
- [11] Stavroulakis, P., “Interference Analysis of communication Systems,” IEEE Press, New York(1980)
- [12] Stavroulakis, P., “Interference Analysis and Reduction for Wireless Systems,” Arctect House, London(2003)
- [13] Parsons. D., “The Mobile Radio Propagation Channel,” New York(1992)
- [14] .J. H. Kim,, “Interference Analysis and Standard Measurement Method for Frequency Assignment of Weapon Systems,” Conference on Ground Weapons, Vol. 13, No. 5(2008)
- [15] H. J. Park, S. H Oh, J. S. Lim, “An Adaptive Two-dimensional FEC Encoding/Decoding Algorithms for Wireless Multimedia Services”, Journal of Korean Institute of Communication Sciences, Vol.2003, No.7, pp. 1685-1688, 2003.

### 손 동 철(Son, Dong Cheul)



- 1985년 2월 : 경북대학교 대학원(공학석사)
- 2001년 8월 : 충북대학교 대학원 정보통신공학과(공학박사)
- 1985년 3월 ~ 2001년 8월 : ETRI 선임연구원
- 2002년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수

· 관심분야 : 정보통신, 멀티미디어, 지능시스템, 운영체제  
· E-Mail : dson@bu.ac.kr