

## 적응변조 적용 전략제대 MW전송시스템 효과 분석

임영갑<sup>1\*</sup> · 윤종택<sup>2</sup> · 최영민<sup>3</sup> · 김영호<sup>4</sup>

### Effect Analysis of MW Transmission System for Strategic Unit Using Adaptive Modulation

Young-Gab Lim<sup>1\*</sup> · Jong-Taek Youn<sup>2</sup> · Young-Min Choi<sup>3</sup> · Young-Ho Kim<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup>Researcher, NCW Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Korea

<sup>2</sup>Ph.D., C4I Research Institute, LIG Nex1 Co., Ltd, Seongnam, 13488, Korea

<sup>3</sup>Ph.D., NCW Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Korea

<sup>4</sup>Ph.D., Korea Institute for Defence Analyses / NCW Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Korea

#### 요약

군 지휘통신용 네트워크 구조에서 전략제대 통신 기반체계는 발전 방향, 전략 제대 및 회선의 특성과 생존성을 고려할 때 다양한 통신방식의 이원화된 망 구조를 요구한다. 무선방식에서는 MicroWave가 대표적인데 기존의 기술만으로 운용하고 있어 비효율적이라는 지적이 제기되고 있다. 따라서, MW전송시스템 구조 및 효율화 방안과 이에 대한 효과 분석이 필요하다. 기존 전략제대 MW전송시스템에서는 고정된 형태의 접속 구조로 무선 환경을 고려한 효율적인 전송이 어렵다. 적응 변조로 개선이 가능하지만 기존의 접속 구조와 고정된 대역폭으로는 한계가 있다. 이전 연구에서의 가용도와 링크 거리를 고려한 전송 성능 향상 기법에 이어 본 논문에서는 적응 변조 기반 가변 전송 웨이브폼, 대역폭, 거리 변수를 고려하여 개선된 패킷화된 MW전송시스템 구조와 가변 대역폭 전송에 대해 제시하고 가용도와 가변 대역폭 전송 성능 효과에 대해 전략 제대와 지휘 통제 회선을 고려하여 분석을 수행하였다.

#### ABSTRACT

The strategic unit communication infrastructure for military command, communications requires a dualized network structure of various communication methods, considering the direction of development, strategic unit and line characteristic. It has been pointed out that MicroWave, which is typical of wireless systems, is inefficient because it operates only with existing technologies. Therefore, it is necessary to analyze the structure, efficiency of the MW transmission system and its effects. It is difficult to transfer efficiently considering wireless environment due to a fixed type of access structure in the existing MW transmission system. Adaptive modulation allows improvement, but with traditional access structures and fixed bandwidth, there is a limit. Following the transmission performance improvement technique considering availability and link distance in the previous study, this paper presented improved packetized MW transmission system structure and variable bandwidth transmission in consideration of adaptive modulation based variable transmission waveform, bandwidth and distance, and performed the analysis in view of the strategic unit and command control circuit.

**키워드** : 적응변조, 가변 대역폭, 가용도, 전송 구조

**Key word** : AM(Adaptive Modulation), Variable Bandwidth, Availability, Transmission Structure

Received 17 January 2020, Revised 23 January 2020, Accepted 4 February 2020

\* Corresponding Author Young-Gab Lim(E-mail:limyg5052@hanmail.net, Tel:+82-31-8026-4565)

Researcher, NCW Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.3.412>

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

최근 Microwave(MW)전송시스템은 대용량의 데이터를 고속 및 안정적으로 전송하면서 무선전송 기술을 효율적으로 이용할 수 있는 기술 연구가 진행되고 있다. 특히, 군 지휘통신 네트워크 구조인 전략제대 통신 기반체계는 주요 기반체계의 전송 구간을 이중화 운용을 기본 개념으로 M-BcN 망 두절 시 전환통신망으로 MW통신체계와 위성통신망을 운용하고 있다. 현재 동기식 전송 방식이 주요하게 적용되어 운용되고 있으나, 차세대는 모든 유무선 통신이 All IP 기반으로 진화될 예정이다.

장거리 무선통신망에서 전략제대 MW전송시스템은 회선교환 기술과 ATM기술에서 패킷에 기반한 전송 구조의 적응형 플랫폼 형태로 발전하고 있다. 이와 더불어 MW패킷전송장치의 미래 주요 기술로는 무선전송 용량을 증가시키는데 필요한 주파수 재사용, 링크집합 연결, 적응적 변조(Adaptive Modulation)에 대한 연구들이 진행되고 있다.

군의 전략제대의 특성과 생존성을 고려할 때 전송망에서 유선 전송뿐만 아니라 지휘통제 회선과 일반회선으로 구분지어 Ring형, Mesh형 망 구조로의 진화 방향을 고려한 MW전송 등 다양한 형태의 전송망이 요구된다. 장거리 MW링크, 동기식 전송방식, 패킷 전송방식, 혼합방식에서의 전략제대 MW전송시스템 구조 및 효율화 방안과 이에 대한 효과 분석이 필요하다. 군 특성상 안정성 및 신뢰성 보장은 물론 필통 링크 구성이 구비되어야 한다. 그러므로, 거리에 따른 적응변조 적용을 고려한 가변 대역폭 할당, 가용도를 고려한 군 MW전송시스템 효과 분석에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 기존의 MW무선전송시스템에 대해 적응변조 기반 전략제대와 지휘통제회선 특성을 고려한 적용이 가능하도록 개선 방안을 제시한다. 요구 가용도를 기준으로 거리에 따른 가변 대역폭 전송시 전송용량 측면에서의 효과와 가용도 측면에서의 효과를 도출하여 생존성을 고려한 전송시스템의 효율성에 대해 분석하도록 한다. 우리는 앞선 연구에서 장거리 무선 링크의 가용도 보장을 위한 적응전송 기법을 제안했었다[1]. 여기서 가변 대역폭과 가용도 성능 효과에 대해 전략제대와 지휘통제회선을 고려한 분석이 필요하였다. 효과 분석은 전략 제대를 고려한 MW전송시스템 개선 방안을 수행하여 무선전송시스템 및 링크 환경을 모델링하

고 모의 실험 및 분석을 통해 기존 MW전송시스템과 개선된 시스템과의 비교를 정량적으로 수행하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서는 관련 부분의 고찰 내용을 기술하였다. III장에서는 다중화 장비와 연계한 MW무선링크에서의 적응변조 기술을 적용하고 대역폭 고려를 통한 MW전송시스템 효율화 개선 방안을 제시하며 IV장에서는 실험 및 효과 분석 결과를 제시한다. 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

MW링크에서 가용도 향상 방법으로 [2]에서 기존의 다이버시티 방식 대비 효과적인 페이드 마진 개선을 위한 적응변조(Adaptive Modulation)를 제안하고 있지만 이들 연구는 가변 대역폭과 전송량, 거리를 고려한 구체화된 효과 분석은 수행되지 않았다. [3]에서와 같이 반자동화된 Microwave Radio Link Planning Tool을 활용하여 링크 버짓 예측이 가능하지만 페이딩은 고려되지 않고 있다. [4]에서는 적응변조 기법 적용 스펙트럼 효율과 QoS 성능 향상을 위한 알고리즘을 제안하고 있으나 링크 거리, 대역폭은 동시에 분석되지 않고 있다. [5]에서는 MW링크에 대한 적응변조 적용 채널 코딩과 신호 복구 내용을 다루고 있다. 이러한 연구 내용에서 전략제대와 지휘통제회선을 고려한 적응변조 적용 MW전송시스템 효과 분석을 설계 및 운용에 적용하지는 않고 있다.

MW무선통신 환경에서 MW전송시스템은 생존성이 우수하고 강건한 효과적인 네트워크를 구축하기 위해서는 접속형태를 고려한 전송 방식이 중요하다. 전송 방식은 기존의 동기식디지털전송(SDH/SONET Network) 방식과 패킷전송(Packet Transport Network) 방식을 고려할 수 있다.

MW전송시스템의 링크버짓에서 2개 노드간 모든 이득(G)과 손실(L)을 고려하여 송신출력(TP:Transmitter Power)과 수신신호세기(RL:Receive Level) 간의 관계식은 다음과 같다.

$$RL[dBm] = TP[dBm] + G[dBm] - L[dB] \quad (1)$$

위에서 송신기와 수신기 간에 물리적 무선 전송 환경이 보장되고 여기서 거리와 주파수에 따른 전송로에서의 L값과 가용한 TP와 안테나 이득 G를 적용 식(1)로부터

무선 링크 구간에 대해 수신신호 세기를 구할 수 있다. 수신신호세기(RL)와 수신감도(Rth) 사이의 차이를 Fade Margin 으로 나타낸다.

$$RL[dBm] - R_{th}[dBm] = \text{Fade Margin}[dB] \quad (2)$$

여기서, 수신감도의 산출식[6]은 다음과 같다.

$$R_{th}(dBm) = N_o + 10\log B_n + NF + SNR \quad (3)$$

$N_o$  = 열 잡음 전력(dBm/Hz)  
 $B_n$  =  $n$  MHz 채널 대역폭에서의 -3dB대역폭(Hz)  
 $NF$  = 잡음지수(dB)  
 $SNR$  = 신호대잡음비(dB)(BER=10<sup>-n</sup>)

위 수식에서 수신감도와 수신신호 세기 산출이 가능하고 차이 값을 통해 Fade Margin이 도출된다.

무선 링크에서의 비가용도 예측 방법에서 B-V (Barnett-Vigants)와 ITU Model에 대한 MW링크 예측 방법의 비교[7]를 통해 비가용도(P) 예측을 통한 전송 효율과 효과 분석이 가능함을 확인할 수 있고, 가용도를 산출할 수 있음을 알 수 있다.

Barnett-Vigants 모델은 다음과 같다.

$$P_u(\%) = ((6 \times 10^{-5} a \cdot b \cdot f \cdot d^{3.0}) \cdot 10^{-M/10}) \quad (4)$$

$a$  = 지형인자  $b$  = 기후인자  $f$  = 주파수(GHz)  
 $d$  = 경로의거리(Km)  $M$  = 페이드마진(dB)

ITU-R P.530-5 모델은 다음과 같다[8].

$$P_u(\%) = K \cdot d^{3.6} \cdot f^{0.89} (1 + |\epsilon_p|)^{-1.4} \times 10^{-M/10} \quad (5)$$

$K$  = 지구기후인자  $f$  = 주파수(GHz)  
 $d$  = 경로의거리(Km)  $\epsilon_p$  = 무선링크 경로상의 경사도  
 $M$  = 페이드마진(dB)

디지털 무선 중계 시스템에 대한 목표 비가용도[8]는 다음과 같다.

$$SESR = 0.00054 \times d(km) / 2500 \quad (6)$$

SESR(Severely Error Second Ratio) : 임의 달 0.054% 이상동안 10<sup>-3</sup>

식 (3)에서 대역폭에 따라 수신감도의 값이 변화하게 된다. 거리에 대한 Fade Margin 변화를 고려한 적응변조 적용 효과와 고 신뢰 보장으로 효과적인 전송을 위해서는 대역폭에 대한 검토가 필요하다. N개의 waveform

에 대한 심벌 레이트(Rs)와 대역폭(B), 전송량(Rb)은 다음과 같다.

$$R_b(bps) = m \times R_s \quad (7)$$

심벌당비트의수  $m = \log_2 N$   
 (64QAM의 경우  $N = 64$ , 128QAM의 경우  $N = 128$ )

$$B(MHz) = 2 \times K(a) \times f_{CLK} \quad (8)$$

$B$  = Occupied bandwidth  
 $K(a)$  = a function of roll-off factor  
 $f_{CLK}$  = Clock frequency

무선 링크에서 장거리일수록 페이딩 발생 확률의 증가로 가용도가 낮아질 수 있는데, 다중 채널 가변 웨이브폼 적응변조 전송으로 수신감도 성능 향상, Fade Margin 확보를 통해 가용도 보장이 가능하다. 이 경우 적시에 보내고자 하는 전송량과 이와 관련된 대역폭에 대한 연구가 필요하며, 이를 통해 무선 전송 거리를 고려한 다수 채널 운용 가변 대역폭 할당과 패킷 접속 연동 적응 변조 전송으로 성능 개선 효과를 기대할 수 있다.

### III. 적응변조 적용 전략제대 MW전송시스템 효율화 구조

본 장에서는 MW전송시스템에서 전략제대와 전달하고자 하는 회선의 특성에 따른 무선전송 효율화를 위한 요구 가용도를 고려한 적응 변조 기술을 기반으로 하는 패킷 접속 구조와 가변 대역폭 할당을 통한 전송 기법을 제시한다. 특히 전략제대의 특수성을 고려한 요구 신뢰도 보장이 필요한 지휘통제 회선과 일반 회선을 구분하여 보내고자 하는 전송량, 거리, 대역폭을 동시에 고려하여 할당, 전송시 전송효율 상승 효과가 발휘되는 구조를 제시하고 이를 통해 기존 대비 개선된 효과를 다음 장에서 모의실험하고 분석토록 한다.

적응 변조 기술은 일반적으로 무선 채널에서 수신 전력, 페이딩, 혼신 등 전파 상태에 따라 변조 및 코딩 방식의 파라미터를 수시로 변경하여 정보를 최대로 송수신하는 기술로써 여기서는 송수신 주파수를 달리하여 동시에 송수신하여 8채널 변복조가 가능한 다중채널 변조 방식과 다음의 웨이브폼을 고려하였다.

Table. 1 Adaptive transmission structure

variable bandwidth	variable waveform	QPSK	8QAM	16QAM	32QAM	64QAM	128QAM	256QAM	512QAM	1024QAM	2048QAM	4096QAM
7MHz	Capacity (Mbps)	10.886	16.33	21.773	27.216	32.659	38.102	43.546	48.989	54.432	59.875	65.318
14MHz		21.773	32.659	43.546	54.432	65.318	76.205	87.091	97.978	108.864	119.75	130.637
28MHz		43.546	65.318	87.091	108.864	130.637	152.41	174.182	195.955	217.728	239.501	261.274
40MHz		57.715	86.573	115.43	144.288	173.146	202.003	230.861	259.718	288.576	317.434	346.291
56MHz		87.091	130.637	174.182	217.728	261.274	304.819	348.365	391.91	435.456	479.002	522.547

표 1은 5종의 가변 대역폭에서 변조차수 가변을 통해 대역폭 별 11종의 웨이브폼으로 총 55종의 가변 웨이브폼 전송 가변 전송속도 성능 발휘가 가능한 적응전송 구성을 나타낸다. 여기서 가변 대역폭 고려를 통한 MW전송 효율화 기법은 수식(3)에서의 수신감도의 차이가 수식(2)에서보다 더 많은 페이드 마진을 확보하게 함으로써 가용도를 향상시켜 더 높은 신뢰도 보장을 이룰 수 있는 바 거리, 요구 가용도, 가변 대역폭 할당을 통한 전송 효율화를 달성할 수 있음을 의미한다. 동일 조건에서 수신감도가 우수하다는 것은 수식(4) Barnett- Vigants 모델과 수식(5) ITU-R P.530-5 모델에서 신뢰도를 향상시키는 효과를 가져온다는 것을 확인할 수 있다. 장거리에서 대역폭을 크게 하는 것 보다 적절하게 하여 페이드 마진을 확보하는 것이 더 효과적임을 예측할 수 있다. 예를 들면, 56 MHz 전송 대역폭에 비해 28MHz × 2개의 MW전송시스템이 더욱 우수한 페이드 마진을 확보할 수 있음을 알 수 있다. 이는 다음 절에서 2개의 모델에서 거리가 증가함에 따라 페이딩의 영향으로 감소되는 가용도를 가변 대역폭을 통해 보다 더 효과적으로 향상시켜 전략제대 및 회선의 특성에 따라 적용토록 시뮬레이션을 수행하여 효과를 분석하도록 한다. 아울러, 기존의 전략제대를 위한 전송 방식은 STM-1(155Mbps), ATM, TDM 고정형태로 MW전송을 위한 기본 채널로 접속되고 있어, 가변 대역폭 할당 효율화 전송을 위해서는 IP 패킷 형태로의 가변 전송 구조로 MW전송을 위한 채널 접속 방식에 대한 변경이 필요하다. 적응 변조 기술의 적용으로 신뢰도 향상을 통한 효과적인 전송을 위해서는 패킷 접속 구조와 가변 대역폭 할당 구조로의 개선이 필요하다. 장거리가 될수록 대역폭을 고려한 적응변조 적용 전송이 신뢰도를 개선시킬 수 있다.

특히 전략제대와 신뢰도 보장이 요구되는 지휘통제 회선과 일반회선을 구분하여 보내고자 하는 전송량, 거리, 대역폭을 동시에 고려하여 할당, 전송시 전송성능 개선 효과가 발휘된다. 기존의 전략제대 MW전송시스템 구조와 개선된 MW전송시스템 구조를 그림 1과 그림 2에서 제시한다. 기존의 MW전송시스템은 고정 형태의 STM-1을 기본으로 하는 접속 방식 또는 STM-1을 포함하는 패킷화 전송으로 155Mbps급 전송이 가능한 최소한 28MHz 대역폭, 128QAM 이상의 변조 차수가 적용된 가변 웨이브폼만 활용이 가능하다. 하지만, 제시하는 MW전송시스템 구조는 기존의 ATM방식 신호를 IP변환을 통해 접속이 가능하도록 하고, 패킷신호처리 방식의 캐리어이더넷 장치를 적용함으로써 가변 대역폭 할당과 위 제시된 모든 가변 웨이브폼 적용을 용이하게 하여 전략제대 및 지휘통제회선 전달에 적합하도록 적용이 가능하다.

다음 그림 1 기존의 전략제대 MW전송시스템 구조는 교환기인 ATM스위치 또는 다중화 장치인 MSPP와 STM-1으로만 접속 연동이 되어 무선전송장치가 적응 변조 능력을 보유하고 있더라도 STM-1급 신호 계위에서는 28MHz 대역폭 128QAM를 최소로 하는 연동 접속만이 가능하다. 이는 장거리에서 심벌당 비트수, SNR, 수신감도의 제한으로 더 많은 페이드 마진을 확보하지 못하게 하여 장거리일수록 페이딩의 증가에 따른 가용도의 저하를 초래한다.

이의 개선을 위해 다음 그림 2에서 개선된 전략제대 MW전송시스템 구조를 제시하며 이는 패킷화된 신호 연동 접속으로 무선전송장치와 연계하여 적응변조 동작이 가능하게 한다. 이는 거리가 멀어질수록 심벌당 비트수를 낮춰 SNR을 좋게 하여 수신감도를 향상시켜 더 많은 페이드 마진 확보로 페이딩 발생시에도 양호하게 데이터를 전송하는 가용도 상승 효과를 보장할 수 있다.

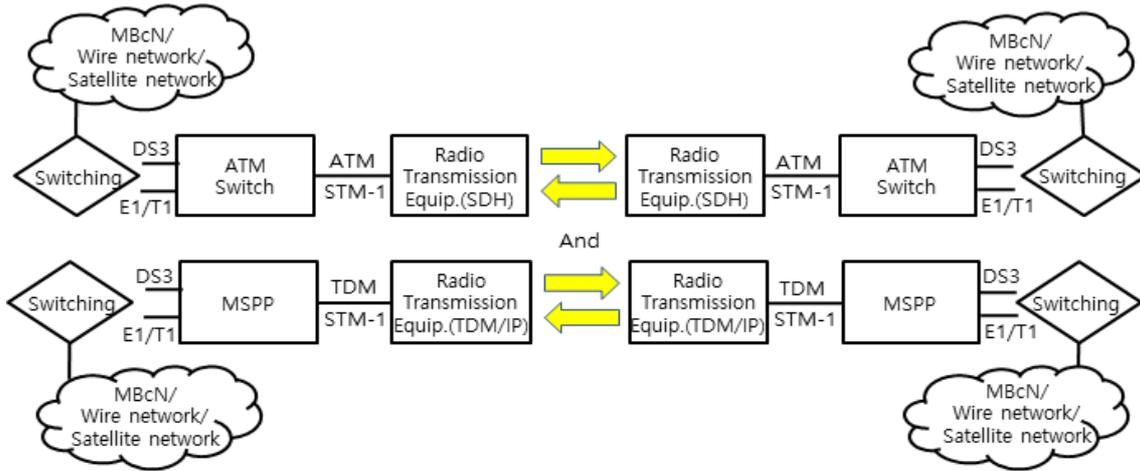


Fig. 1 Existing MW Transmission System Structure for strategic unit

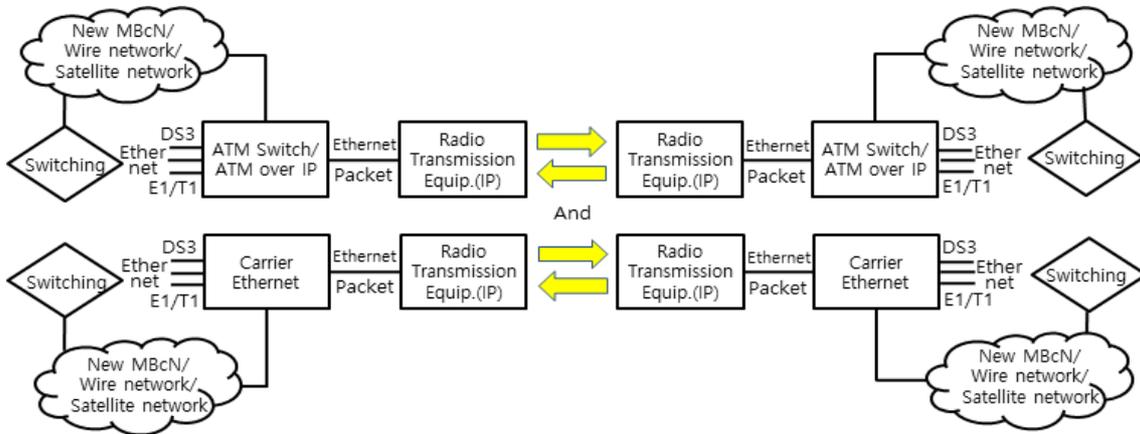


Fig. 2 Proposed MW Transmission System Structure for strategic unit

본 논문에서 제시하는 전략제대와 지휘통제회선을 고려한 가변 대역폭 할당 전송과 전략제대 MW 전송 시스템 구조는 기존의 고정된 대역폭, 고정된 STM-1 접속 전송 대비 링크 거리와 전송형태를 고려한 적응 변조 기법의 적용으로 무선 전송의 효율화를 통해 거리의 증가 및 전파 간섭 등으로 인해 발생될 수 있는 링크 품질 저하에 대비가 가능하고 개선된 효과를 기대할 수 있다. 무선 전송 환경에서 거리, 대역폭, 웨이브폼, 전송량, 가용도와 관련하여 전략제대를 고려한 지휘통제회선의 개선된 전송 효과를 나타내고, 무선 전송 링크 및 나아가 전략제대 무선 네트워크 체계와 연계하여 기술적, 운용적인 측면에서의 장점이 있다.

#### IV. 모의실험 및 분석

제안된 가변 대역폭 할당 전송과 전략제대 MW 전송 시스템 구조의 효과를 분석하기 위해 위 그림 1, 그림 2와 수식(4),(5)에 근거한 동작을 통해 표 2의 파라미터 값으로 MatLab을 활용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 모의실험을 수행하였다. 그리고, 효과를 분석하기 위해 군 MW 링크 거리에 대해 적용 가능한 장치의 파라미터 수치를 입력하여 시뮬레이션을 통한 모의실험을 실시하여 가변 대역폭, 가용도 시뮬레이션 결과를 통해 분석하였다.

**Table. 2** The parameter of the simulation

Parameters	Set/Value
Radio transmission method	Frequency Division Duplex
Frequency	7.4 GHz
Receive Level(RL)	-35 dBm
Link Distance(D)	60 Km
Required Availability	ITU-R high-grade target availability value
climatic and topographic factor	Average environmental climate, General Terrain (Inshore Area)
SNR(BER=10E-6) criteria	The values given in ITU-R F.1101

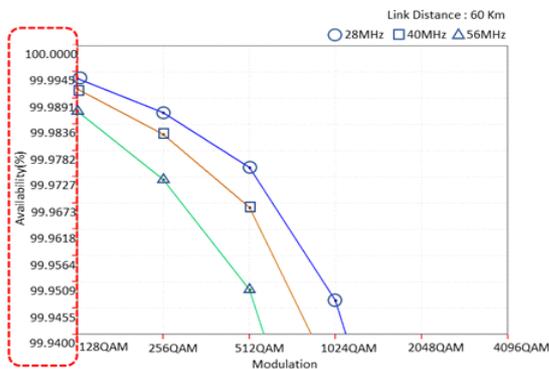
수식 (7),(8)에서 요구 가용도를 식 (6)에서 거리별로 산출된 값을 적용하였으며, 수신신호 세기를 -35(dBm)으로 가정하였고, SNR (BER=10E-6) 기준은 ITU-R F.1101에 제시된 값을 근거로 하였다.

그림 3은 B-V모델 적용 고정형 TDM접속 전송시 가용 최저 128QAM에서 요구 신뢰도(99.9987)[8] 충족 불가 상태임을 나타낸다. 가용도 충족을 위해 적응 변조 기반 패킷 접속 연동 전송 설계가 필요함을 보여준다.

그림 4의 시뮬레이션은 B-V모델 적용 패킷 접속 전송시 가용 웨이브폼 활용 요구 신뢰도(99.9987) 충족 가능 상태임을 보여준다.

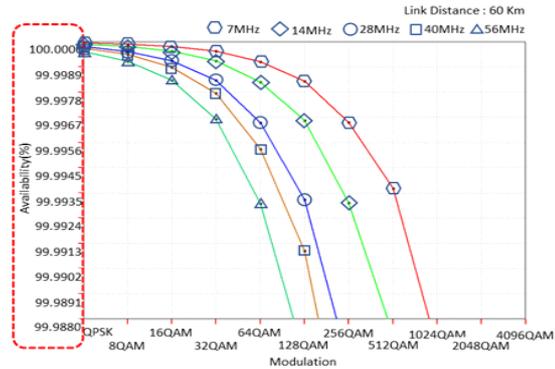
그림 5는 ITU-R.P.530-5모델 적용 고정형 TDM접속 전송시 가용 최저 128QAM에서 요구 신뢰도(99.9987) 충족 불가 상태를 나타낸다. 가용도 충족을 위해 적응 변조 기반 패킷 접속 연동 전송 설계가 필요함을 보여준다.

그림 6의 시뮬레이션은 ITU-R.P.530-5모델 적용 패킷 접속 전송시 가용 웨이브폼 활용 요구 신뢰도(99.9987) 충족 가능 상태임을 보여준다.

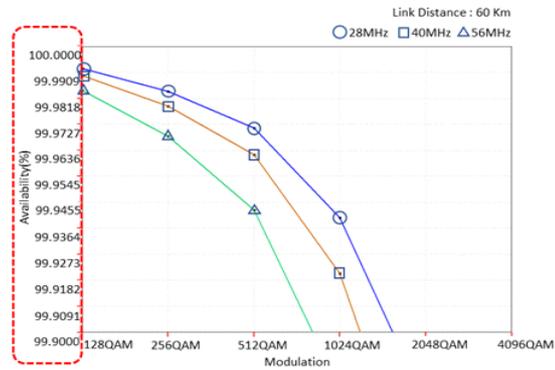


**Fig. 3** Availability for fixed TDM connection with B-V model

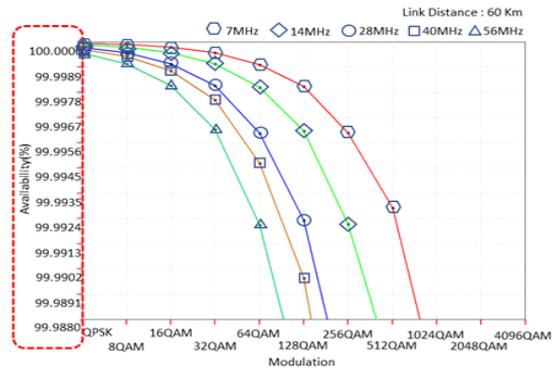
대역폭 7MHz, 14MHz, 28MHz, 40MHz, 56MHz에 대한 모의실험 결과이다. 전략제대 MW전송시스템 구조에서 ATM스위치에서의 패킷 변환과 캐리어이더넷 장치와의 패킷 접속 연동 전송으로 MW무선전송장치에서 적응변조 웨이브폼을 통해 요구 가용도를 보장하도록 효과적인 전송이 가능함을 나타내고 있다.



**Fig. 4** Availability for packet access with B-V model



**Fig. 5** Availability for fixed TDM connection with ITU-R.P.530-5 model



**Fig. 6** Availability for packet access with ITU-R.P.530-5 model

그림 7은 B-V모델 적용 효율적 대역폭 적용을 위한 시뮬레이션 결과를 보여준다. 요구 가용도 충족 가변 대역폭 할당시 대역폭별 웨이브폼에 따른 전송을 비교해 보면, 7MHz 대역폭에서 요구 가용도를 충족하는 웨이브폼이 64QAM으로 전송량 32Mbps이고, 56MHz 대역폭에서는 요구 가용도를 충족하는 웨이브폼이 8QAM으로 130Mbps를 나타내고 있다. 여기서 7MHz 8개의 다중 대역폭에서 256Mbps 전송속도로 56MHz 단일 대역폭 130Mbps 보다 약 2배의 우수한 성능으로 가변 대역폭 전송시 효율적 전송을 가능케 할 수 있음을 보여주고 있다.

그림 8은 ITU-R.P.530-5모델 적용 효율적 대역폭 적용을 위한 시뮬레이션 결과를 보여준다. 수식(4), (5)에서 기후인자에 따라 다소 차이가 날 수 있지만 여기서 동일한 인자 값을 고려하여 적용, 요구 가용도 충족 가변 대역폭 할당시 대역폭별 웨이브폼에 따른 전송을 비교해 보면, 그림 7과 동일한 결과값을 나타내고 있으며,

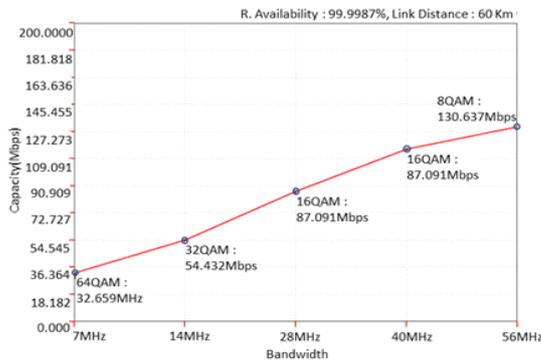


Fig. 7 Simulation results for efficient bandwidth application with B-V models

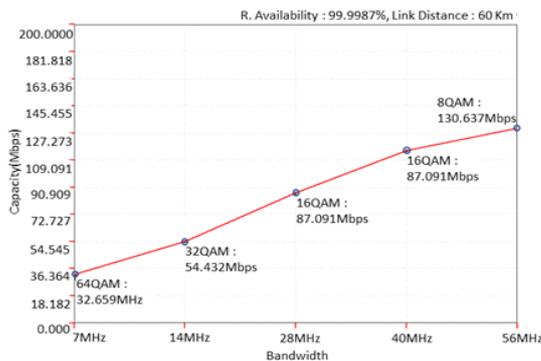


Fig. 8 Simulation results for efficient bandwidth application with ITU-R.P.530-5 models

7MHz 8개의 다중 대역폭에서 56MHz 단일 대역폭보다 약 2배 이상의 우수한 성능으로 가변 대역폭 전송시 효율적 전송을 가능케 할 수 있음을 보여주고 있다.

본 시뮬레이션은 B-V모델과 ITU-R.P.530-5 모델 2가지에 의해 수행되었으며, 이 결과를 통해 7MHz×8개가 56MHz×1개 전송 대역폭에 비해 MW전송 시스템에서 더욱 우수한 전송성능을 나타냄을 보여주고 있다. 그림 7에서 B-V모델 적용시 지휘통제회선으로 7MHz 대역폭, 64QAM 웨이브폼으로 그림 8에서 ITU-R.P.530-5 모델 적용시도 7MHz 대역폭, 64QAM 웨이브폼으로 전송시 요구 신뢰도를 보장하면서 56MHz 대역폭 보다 강건하고 우수한 전송 성능을 확인할 수 있다. 또한, 요구 가용도를 충족하도록 지휘통제 회선용 대역폭과 웨이브폼 설정, 가용 전송량을 확인할 수 있고 최대 전송량 중 나머지 전송량은 일반 회선으로 할당이 가능하다.

제안된 전략제대 MW전송시스템 구조의 효과 분석을 위해 적응변조 적용 STM-1 고정형태 접속에 의한 전송시와 IP패킷에 의한 대역폭 가변 전송시로 구분 시뮬레이션 수행하여 그 결과로 전송 성능 상승 효과를 확인하였다.

## V. 결론

본 논문에서는 전략제대를 고려한 지휘통제 회선의 특성에 따른 전송 효율화를 위해 가변 웨이브폼 적용 적응변조 기반으로 MW전송시스템에서 가변 대역폭 전송과 패킷 접속 구조로 개선 제안하고 있으며, 요구 가용도 기준 무선전송시스템 및 링크 환경을 모델링하고 모의실험 및 분석을 통해 기존 대비 개선된 MW전송시스템과의 비교를 통해 효과 분석을 수행하였다. 적용 가능한 장비의 파라미터 수치를 활용하여 실험하고 결과에 대해 고찰하였다. 장거리에서 가변 대역폭 다중채널 전송시 효율적 전송이 가능함을 확인하였다. 또한, 패킷화된 MW전송시스템을 무선 링크에 적용시 더욱 효과적인 전송이 가능함을 확인하였다.

본 연구를 통해 장거리 통신, 데이터링크 분야, 일반적인 MW전송시스템에서도 유용하게 활용이 가능할 것이다. 본 연구를 기반으로 향후 개선된 MW전송망과 데이터링크의 무선 전송 성능 향상 방안에 중점을 두고 연구를 수행하고자 한다.

REFERENCES

[ 1 ] J. T. Youn, Y. I. Kim, Y. G. Lim, and Y. H. Kim, "Adaptive Transmission Techniques for the Availability Assurance of Long-distance Radio Link," *KICS*, vol. 19, no. 3, pp. 514-522, Mar. 2015.

[ 2 ] S. V. Dicholkar, and V. J. Dongre, "Cost Effective Adaptive Modulation for Microwave Link Availability Improvement in Plain, Hilly Terrain, Water Bodies," in *Proceeding of the 4th ICCUBEA*, Pune, India: Aug. 2018.

[ 3 ] W.M.D.R. Gunathilaka, H.G.C.P. Dinesh, and K.M.M.W. N.B. Narampanawe, "Semi-Automat ed Microwave Radio Link Planning Tool," *ICIS*, Sri Lanka, pp. 16-19, Aug. 2011.

[ 4 ] J. Wanguo, D. Haofan, W. Haiqing, and Y. Gang, "Spectrum Efficiency of Jointing Adaptive Modulation Coding and Truncated ARQ With QoS Constraints," *IEEE* vol. 6, pp. 46915-46925, Sep. 2018.

[ 5 ] S. Chinnici, and C. Decanis, "Channel Coding and Carrier Recovery for Adaptive Modulation Microwave Radio Links," *2010 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, MELCON*, pp. 6-11, 2010.

[ 6 ] K. Singh, A. V. Nirma, and S. V. Sharma, "LINK MARGIN FOR WIRELESS RADIO COMMUNICATION LINK," *ICTACT JOURNAL ON COMMUNICATION TECHNOLOGY*, vol. 8, no. 3, Oct. 2017.

[ 7 ] B. L. Agba, R. Morin, and G. Bergeron, "Comparison of microwave links prediction methods: Barnett-vigants vs. ITU models," in *Proc. PIERS*, pp. 788-792, Xi'an, China, Mar. 2010.

[ 8 ] R. L. Freeman, "Radio System Design for Telecommunications," John Wiley & Sons, Inc., pp. 155-162, 2007.



임영갑(Young-Gab Lim)

1999년 1월 국방대학교 안전보장학 군사전략과 석사  
 2007년 2월 아주대학교 정보통신학과 석사  
 2011년 2월 아주대학교 NCW학과 박사과정  
 ※ 관심분야: 무선네트워크 정보 교환성능, 무선네트워크 정보보호



윤종택(Jong-Taek Youn)

2010년 8월 아주대학교 정보통신대학원 석사  
 2015년 8월 아주대학교 대학원 공학박사  
 1996년 7월~현재 LG넥스원 C4연구소 수석연구원  
 ※ 관심분야: 무선전송, MAC, 네트워크 설계



최영민(Young-Min Choi)

2008년 2월 아주대학교 정보통신대학원 석사  
 2017년 8월 아주대학교 정보통신대학원 공학박사  
 2014년 11월 ~ 2018년 12월 합동참모본부  
 2019년 1월 ~ 현재 방위사업청 근무  
 ※ 관심분야: C4ISR / PGM, MANET 프로토콜, 전술통신체계



김영호(Young-Ho Kim)

1983년 3월 육군사관학교 물리과 학사  
 1988년 8월 CREOL, Univ, Central Florida, 전자공학과 석사  
 1997년 8월 ARRI, Univ, of Texas, Arlington, 전자공학과 박사  
 1999년 8월 Who's Who In the World 2000 등재  
 2000년 8월 Who's Who In Science and Engineering 2001 등재  
 2000년 6월~현재 한국국방연구원 전력투자분석 센터 근무  
 2000년 6월~현재 아주대학교 정보통신대학원 및 NCW학과 겸임교수  
 ※ 관심분야: C2/전술통신체계 획득분석, MANET 프로토콜, 로봇제어, 인공지능