

# 군 MicroWave 통신 환경에서의 링크 거리를 고려한 전송 성능 향상 기법

윤 종 택<sup>°</sup>, 임 영 갑<sup>\*</sup>, 김 영 호<sup>\*\*</sup>

## Improving Transmission in Association with the Distance for Military Microwave Communications

Youn Jong Taek<sup>°</sup>, Lim Young Gap<sup>\*</sup>, Young Ho Kim<sup>\*\*</sup>

### 요 약

군의 MicroWave 통신 환경에서 회선 설계를 위해 링크거리, 가용도, 전송용량은 중요한 요소이다. 현재 고정용 변조방식으로 운용, 미래 전송용량 증대가 가능한 변조방식으로 진화될 예정이다. 링크 거리에 따라 페이딩 발생 확률의 증가로 장거리의 경우 고신뢰의 전송품질을 지속적으로 보장하기 어려울 수 있다. 대용량 전송을 위한 변조방식의 경우 장거리가 될수록 링크버짓에서 페이드 마진의 저하로 가용도가 감소되어 QoS 보장에 있어 제한사항이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 군 MicroWave 무선 링크에서의 링크거리를 고려한 대역폭 가변 할당 및 우선순위 전송 용량 비율 설정을 이용한 우선순위 전송 기법을 통해 무선 전송 성능 향상기법을 제안하고 링크 설계를 위한 채널 전송 용량 산출방안을 제시한다.

**Key Words** : Priority, Bandwidth, Throughput, Availability, Distance, AM(Adaptive Modulation)

### ABSTRACT

In Military MicroWave communication, the distance of link, availability, transmission capacity is the important point in order to design the circuit. Currently, operated by fixed modulation, in the future it will be evolved to the modulation techniques enabled to increase the transmission capacity. It would be hard to consistently guarantee the transmission quality of the high-availability because the occurrence probability of fading increase in terms of the link distance for the case of the long distance. In the case of the modulation techniques for the transmission of high-capacity, as the distance is long, a falling-off in the fade margin from the link budget analysis cause the decrease in the availability. It is difficult to provide QoS guaranteed connection. In this paper, we propose the performance improvement technique of transmission by the variable allocation of the bandwidth and the higher priority transmission technique using setting the ratio of the higher priority capacity in association with the distance of link. Also we suggest the alternative of the calculation for channel transmission capacity to design the circuit.

<sup>°</sup> First and Corresponding Author : LIG NEX1 Co.,Ltd / NCW Engineering, Ajou University, jtyoun@empas.com, 정회원

<sup>\*</sup> NCW Engineering, Ajou University, limyg5052@hanmail.net

<sup>\*\*</sup> Korea Institute for Defence Analyses / NCW Engineering, Ajou University, ykim50@paran.com

논문번호 : KICS2014-08-332, Received August 30, 2014; Revised November 7, 2014; Accepted November 7, 2014

## I. 서 론

최근 MicroWave 무선 링크 시스템은 군에서 지휘통신을 위해 전략 기반 제 요소들을 링크를 통해 연결함으로써 거리를 두고 분산된 이들 요소들의 증대되는 데이터 량에 따른 정보 전송 소요를 보완하고 기술 발전 추세에 부합하는 강건하고 효과적인 전송 기술이 요구된다. 또한, 장거리 무선 통신망에서 Point-To-Point MicroWave 무선 링크는 다수의 장소에서 고정된 네트워크 시설로 광범위하게 사용된다. 이러한 MicroWave 통신망에서의 데이터 전송을 위한 기술은 회선 교환 기술과 ATM 기술에서 패킷에 기반한 망 구조를 위한 보다 대용량의 MicroWave 플랫폼 기술로 진화하고 있다. 고품질의 무선 전송을 위해서 MicroWave 링크는 전송하고자 하는 이더넷(Ethernet) 트래픽(Traffic) 용량보다 더 큰 용량이 요구되어질 것이다. 군의 통신 환경의 무선 전송 측면에서는 수 Mbps에서 수 Gbps의 다양한 전송속도 형태와 음성, 데이터 속성별 전송이 고려될 것이다. MicroWave 무선 링크에서 고품질의 무선전송을 지속적으로 보장하기 위해서는 링크 거리에 따른 무선 채널 환경을 고려한 가용도 적용과 채널에 대한 전송 용량 설계가 필요하다. MicroWave 무선 링크 예측 방법은 장거리 링크에서 신뢰성을 충족하고 링크를 설계하는데 있어 중요한 요소이다. 링크 거리에 따라 페이딩 발생 확률은 세제곱으로 증가하게 되어 거리가 멀어질수록 고신뢰의 QoS를 지속적으로 보장하기 어려울 수 있다.<sup>[1]</sup> 군 MicroWave 통신 환경에서 기존의 링크 및 네트워크 구조에서는 링크 거리에 따라 페이딩 발생 확률의 증가로 무선링크의 품질은 변화될 수 있으며, 높은 가용도를 지속적으로 유지하기는 어려울 수 있다. 또한 향 후 전송 용량 증대가 가능한 변조방식으로 진화할 경우 SNR의 증가로 장거리가 될수록 가용도가 감소되어 QoS 보장에 있어 제한사항이 발생할 수 있다. 이에, 기존의 고정 변조 방식의 무선링크와 가변 변조 방식 적용시 성능 분석을 통해 무선 링크 전송의 효율적인 보장 및 향상 방안과 관련된 연구가 필요하다. 차세대 MicroWave 패킷 장치의 미래 주요 기술 영역으로 무선 전송 용량을 증가시키는데 필요한 무선 주파수 능력, 주파수 재사용 기술, 가시거리 다중입출력(line-of-sight multiple input multiple output(LOS-MIMO)), 전력 효율 향상, 무선 집합 연결단(link aggregation group(LAG)), 적응적 변조(Adaptive Modulation)에 대해 연구들이 진행되고 있다.<sup>[2]</sup> 그러나, 이들 연구는 거리에 따른 AM 적용을 고려한 채널별 대역폭 가변 할당, 우선순위 전송용량

에 대해서는 고려되지 않았다. 군 MicroWave 통신 환경에서 QoS를 고려한 우선 순위 전송 기법은 필수적으로 필요하다. 본 논문에서는 군 MicroWave 통신 환경에서의 거리를 고려한 가용도 적용 무선 링크 전송 성능 향상을 위해 거리에 따라 도출된 페이드 마진을 이용하여 최적 변조 스킴을 기반으로 대역폭 가변 할당 및 우선순위 전송 용량 비율 설정을 이용한 우선 순위 전송 기법을 통해 무선 전송 성능 향상 기법과 회선 설계를 위한 채널 전송 용량 산출방안을 제시한다.

제안한 기법은 현 군 MicroWave 통신소간 거리와 무선 링크 환경을 분석하여 모의 실험 및 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 기존 고정 변조 기법과 가용도를 고려한 거리별 데이터 전송의 개선된 AM기법과의 성능 비교를 통해 SNR과 대역폭 가변 할당이 가능한 우선 순위 Throughput에 대해 정량적으로 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 관련 부분의 고찰 내용을 기술하였다. III장에서는 제안하는 MicroWave 무선 링크에서의 링크 거리를 고려한 대역폭 가변 할당 및 우선순위 전송 용량 비율 설정을 이용한 우선순위 전송 성능 향상 기법에 대해 설명하고 IV장에서는 실험 및 분석 결과를 제시한다. 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

[3]에서와 같이 다양한 트래픽 등급에 대한 적응적 대역폭 할당 방안이 있지만 거리에 따른 링크 설계를 위한 대역폭 가변 할당은 고려되지 않고 있다. [4]에서는 시스템의 Throughput을 향상시키는 기술로 채널 상태에 따라 적합한 변조와 코딩 스킴을 선택하는 링크 적응(Link Adaptation)을 언급하여 우선 순위를 고려한 스케줄링 알고리즘을 제안하고 있고, [5]에서는 QoS 요구사항을 고려한 우선순위 기반 스케줄링 방법에 대한 내용을 다루고 있으며, [8]에서는 우선순위 기반의 적응적 변조 및 부호화 기법을 제안하고 있다. 이러한 연구 내용에 의해 다양한 기법을 적용하더라도 링크 거리를 고려한 가용도, 대역폭 가변할당, 우선순위 전송용량 비율 설정 기법은 함께 고려하여 설계에 적용하지는 않고 있다.

최근 군의 기간 통신 및 다양한 형태의 백홀 네트워크에서 고품질의 강건하고 효과적인 망을 설계하기 위해서는 연결하고자 하는 링크에 대한 예측 방법이 중요하다. B-V(Barnett-Vigants)와 ITU Model에 대한 MicroWave 링크 예측 방법의 비교<sup>[1]</sup>를 통해 장거리 구간에서 B-V모델이 multipath에 기인한 비가용도가 ITU Model에 비해 높은 결과를 나타냄을 확인하였고 거리에 따른

페이딩 마진이 링크의 신뢰도에 중요한 요소로 작용한다. B-V model 에서의 비가용도(P(%))는 다음과 같다.

$$P = ([6 \times 10^{-7} C f d^{3.0}] 10^{-A/10}) \times 100 \quad (1)^{[1]}$$

무선 링크에서의 2개의 노드 사이의 모든 이득(G)과 손실(L)을 고려하여 송신출력(TP:Transmitter Power)과 수신신호세기(RL:Receive Level) 간의 관계식은 다음과 같다.

$$RL[dBm] = TP[dBm] + G(dB) - L(dB) \quad (2)$$

수신신호세기와 수신감도(Rth) 사이의 차이를 페이드 마진(Fade margin) 으로 나타낸다.

$$\text{Fade margin}(dB) = RL(dBm) - Rth(dBm) \quad (3)$$

여기서, 수신감도의 산출식은 다음과 같다.

$$R_{th}(dBm) = N_o + 10 \log_{10} BW + NF + SNR \quad (4)$$

$N_o$  = 열 잡음 전력 (dBm/Hz)  
 $BW$  = 시스템 대역폭 (Hz)  
 $NF$  = 잡음지수 (dB)  
 $SNR$  = 목표 SNR (dB)

상기 수식에서 수신감도와 수신신호세기를 산출할 수 있고 차이 값을 통해 페이드 마진 도출이 가능하다.

거리에 대한 페이드 마진 변화를 고려한 AM 적용 기법과 고신뢰의 QoS 보장을 위한 효과적인 전송을 위해서는 대역폭 가변 할당이 필요하다.

M 개의 waveform에 대한 Symbol rate(Rs)와 bandwidth(BW), Throughput(Rb) 은 다음과 같다.

$$R_b(bps) = m \times R_s \quad (5)$$

심벌당 비트의 수  $m = \log_2 M$   
 (64QAM의 경우  $M = 64$ , 128QAM의 경우  $M = 128$ )

$$BW(MHz) = 2 \times K(a) \times f_{CLK} \quad (6)^{[6,7]}$$

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

여기서 Rb는 변조 전단계의 이론적 데이터(Theoretical data) throughput 이다.

일반적인 방법의 채널 대역폭 할당은 다음과 같다.

저차 변조 적용시 SNR의 감소로 페이드 마진을 증가시켜, 거리의 증가에 따른 페이딩 발생 확률 증가로 인한 가용도 저하에 대비가 가능하다. 저차 변조 적용시 장거

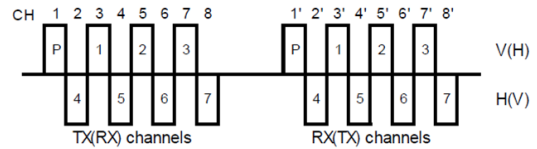


Fig. 1. The example of the general channel bandwidth allocation

리의 경우 지속적인 페이딩 발생에 대비한 무선 링크 거리를 고려한 대역폭 가변 할당 및 우선순위 전송 용량 비율 설정을 이용한 우선순위 전송 기법을 통해 군 MicroWave 통신환경에서의 무선 전송 성능을 향상시킬 수 있다.

### III. 군 MicroWave 통신 환경에서의 데이터링크 전송 성능 향상 기법

본 장에서는 거리에 따라 요구 가용도에 따른 페이드 마진은 가변하게 되는데, 고신뢰의 QoS 를 지속적으로 유지하기 위해서는 거리에 대한 페이드 마진 변화를 적용한 최적 변조 스킴을 기반으로 한 링크 거리를 고려한 AM(Adaptive Modulation) 전송 기법을 이용한 대역폭 가변 할당 기법과 우선 순위 전송 기법을 제안한다.

페이딩 마진(A(dB))은 (1)에서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$A = -10 \log_{10} (P / ((6 \times 10^{-7} C f d^{3.0}) \times 100)) \quad (7)$$

여기서  $P=99.9991$ ,  $C=0.015625$ (산악, 북위도),  $f=7.4GHz$ 를 적용하여 계산하면 표 2의 A(dB)가 도출된다. 거리에 대한 페이드 마진 변화를 고려한 AM 적용 기법을 위한 MOD(Modulation) 별 수신감도는 (4)에서 대역폭을 30MHz로 하여 표 1, 표 2와 같이 나타낼 수 있으며, 40MHz, 56MHz에 대해서도 동일한 방법으로 표현이 가능하다.

(2)와 (3)을 활용하여 거리에 대한 링크 버짓 계산에

Table 1. MOD for application & Rth

NO	BLO MOD	R <sub>th</sub> (dBm)(BER=10E-6) BW(MHz)=30	Adaptive MOD					
			1	2	3	4	5	6
1	Q P S K	-88.5	○	○	○	○	○	○
2	8QAM	-84		○	○	○	○	○
3	16QAM	-81			○	○	○	○
4	32QAM	-77.5				○	○	○
5	64QAM	-74.5					○	○
6	128QAM	-71.5						○
7	256QAM	-68.5						

따라 수신신호세기와 요구가용도를 충족하기 위한 페이드 마진이 가능한 수신감도 값을 기준하여 링크 거리의 수신신호세기 값 이하가 되도록 하는 최저차(BLO:Best Low Order) MOD를 선정하도록 한다.

예를 들어 요구 가용도 99.9991%, 산악 복위도를 고려한 파라미터를 나타내는 값을 적용 후 거리에 대한 최저차MOD는 표2와 같이 표현된다.

Table 2. BLO MOD about the distance

D(km)	BLO MOD	RL <sub>m</sub> (dBm)	A(dB)	R <sub>m</sub> (dBm) (BER=10E-6)
10	1024QAM	-53.63	8.87	-62.5
20	1024QAM	-44.60	17.90	-62.5
30	1024QAM	-39.32	23.18	-62.5
40	1024QAM	-35.57	26.93	-62.5
50	512QAM	-35.66	29.84	-65.5
60	512QAM	-33.29	32.21	-65.5
70	256QAM	-34.28	34.22	-68.5
80	128QAM	-35.54	35.96	-71.5
90	64QAM	-37.00	37.50	-74.5
100	32QAM	-38.63	38.87	-77.5
110	32QAM	-37.39	40.11	-77.5
120	16QAM	-39.75	41.25	-81
130	16QAM	-38.71	42.29	-81
140	8QAM	-40.75	43.25	-84
150	8QAM	-39.85	44.15	-84
160	Q P S K	-43.51	44.99	-88.5

(3)의 수신신호 세기와 페이드 마진을 고려하여 다음의 조건을 충족하도록 링크 거리에 대해 최저차MOD 선정이 가능하다.

$$RL(\text{dBm}) - \text{Fade margin}(\text{dB}) \geq R_{th}(\text{dBm}) \quad (8)$$

상기 표 2에서 RL<sub>th</sub> 는 RL(dBm) - Fade margin(dB) 값을 의미하며 이 값이 수신감도 R<sub>th</sub>(dBm) 의 값보다 크게 되도록 거리에 따른 링크버짓의 계산에 의한 파라미터 구성 요소의 선정과 표 1에서의 최저차MOD를 선정하고 최고차(Best High Order) MOD 사이에서 가용도를 고려한 평균 Throughput 산출이 가능하고, 최저차MOD에서의 Throughput 은 우선 순위 트래픽 전송 용량으로 설정한다. 표 2에서의 MOD는 거리에 따른 링크요구 가용도를 충족하도록 하는 링크 버짓에 의해 선정된 최저차MOD이다.

이러한 거리에 대한 페이드 마진 변화를 고려한 적응적 변조를 기반으로 한 최적 변조 스킴은 멀티패스 페이딩 등 거리의 증가에 따른 페이딩 발생 확률의 증가로 인한 전송 품질의 저하를 개선하기 위한 기법으로 장거리 구간이 많은 군 지휘통신에 있어 효과적인 데이터 전송을 가능하게 할 것이다. 장거리일수록 최

저차MOD선정 우선 순위 트래픽 용량을 고려한 전송 용량 선정은 링크의 생존성을 유지하고 고신뢰의 QoS로 전송 성능을 향상시키기 위해서는 필수적이다.

AM 전송 기법 적용시 (5)에 의해 MOD가변시 Throughput(Rb)은 변화하게 되며, (6)을 통해 넓은 대역폭일수록 빠른 Symbol rate(Rs)가 설계가 가능함을 알 수 있다. 회선 설계를 위한 링크 전송용량 산출시 대역폭과 가용도를 고려한 Throughput 은 필수 고려요소이다.

페이딩에 의해 채널 환경이 열악해지는 상황에서는 지연에 의한 순차적인 데이터 전송으로 전송속도가 저하될 수 있으며 일정 수준의 고속전송을 동시에 수행하기는 어려울 수 있다. 이 경우 (7), 표 1, 표 2와 같은 방법으로 대역폭 30, 40, 56MHz 에서 (8)의 조건을 충족하는 최저차MOD선정 우선순위 전송 용량비율 설정을 이용한 우선순위 전송 기법이 유용하다.

대역폭 가변 할당 기법은 데이터 속성을 고려한 우선 순위 채널 전송 데이터량에 대한 기준을 설정하고 일반적인 평균 데이터량을 산출하여 회선 설계에 반영하여 표 3을 적용하여 대역폭을 할당, 채널을 설정하여 동작하도록 한다. 데이터량에 대한 기준 설정과 적용은 구성품의 숫자에도 영향을 미쳐 경제적인 측면에서도 중요한 요소로 작용하므로 본 기법을 적용하여 설계한다면 경제성과 기술적 측면에서 효과적인 회선 운용이 가능할 것이다. 여기서, 데이터 속성을 고려한 우선순위 전송 용량 비율 설정을 이용한 우선순위 전송 기법으로 저차MOD에서 순간 Throughput(Rb)의 저하에 대한 대비가 가능하도록 군 지휘 통신에서 데이터 속성을 고려한 중요도에 따른 QoS를 보장하도록 한다. 기저대역 스위치 포트 단에서 데이터에 대한 우선 순위 트래픽을 최저차MOD로 선정한 Throughput(Rb)만큼 설정하고, 거리에 따른 가용도를 고려한 평균 Throughput(Rb) 이내에서 가용도를 등분하여 나머지 트래픽을 할당 연결한다면 장거리에서의 장시간 지속, 깊은 페이딩 등에서 데이터링크 전송 측면에서 향상된 성능으로 채널 운용이 가능할 것이다. 표 3에서 링크 거리에 대한 전송 우선 순위 데이터량과 전체 전송해야 할 데이터량을 고려하여 가용도와 대역폭을 고려, 채널을 구성 동작하도록 한다.

우선순위 데이터에 대한 전송 용량 산출은 링크 거리를 고려하여 최저차MOD에서의 순간 최소 Throughput 이내에서 설정한다. 이 때, 가용한 주파수 자원과 채널별 가용 대역폭을 고려해야 하며, 다수의 채널 운용시는 채널별로 분산 할당하여 연결되도록 한다. 예를 들면, 표 3에서 링크거리 90km 이내에서는 64QAM 이상의 고차 변조에 해당하는 Throughput 만큼 우선순위 데이터량으로 설정이 가능함을 알 수 있고 일반적인 데이터량은 채널

당 전송 최대 데이터량에 해당하는 값 이내에서 우선 순위 데이터를 제외하고 트래픽(Traffic) 폭주가 발생하지 않는 범위 내에서 설정하여 전체 전송 용량에 대해 채널과 대역폭을 할당하도록 한다. 여기서 그림 2는 우선 순위 전송 용량 비율 설정을 이용한 우선 순위 전송, 대역폭 가변 할당 계통도를 나타낸다.

Table 3. The calculation of channel transmission capacity about the distance

Ethernet L1 data throughput (Mbps)			Throughput for the Priority per channel (Co CH → x2)			Average Throughput for Transmission per channel (Co CH → x2)		
Distance of Link D(km)	Modulation Scheme		Channel Bandwidth			Channel Bandwidth		
	BLO MOD	BHO MOD	30 MHz	40 MHz	56 MHz	30 MHz	40 MHz	56 MHz
10	1024QAM	1024QAM	223	296	446	223.000	296.000	446.000
20	1024QAM	1024QAM	223	296	446	223.000	296.000	446.000
30	1024QAM	1024QAM	223	296	446	223.000	296.000	446.000
40	1024QAM	1024QAM	223	296	446	223.000	296.000	446.000
50	512QAM	1024QAM	201	268	361	223.000	296.999	445.998
60	512QAM	1024QAM	201	268	361	223.000	296.999	445.998
70	256QAM	1024QAM	178	238	320	222.998	296.998	445.995
80	128QAM	1024QAM	155	207	280	222.995	296.994	445.988
90	64QAM	1024QAM	132	177	239	222.987	296.983	445.970
100	32QAM	1024QAM	110	147	198	222.968	296.958	445.929
110	32QAM	1024QAM	110	147	198	222.968	296.958	445.929
120	16QAM	1024QAM	87	117	158	222.913	296.886	445.817
130	16QAM	1024QAM	87	117	158	222.913	296.886	445.817
140	8QAM	1024QAM	65	87	96	222.800	296.734	445.555
150	8QAM	1024QAM	65	87	96	222.800	296.734	445.555
160	Q P S K	1024QAM	44	58	78	222.357	296.146	444.683

표 3에서 채널당 전송 우선 순위 설정 데이터량은 (8)에서 도출되어 선정된 최저차 MOD에서의 Throughput 으로 정의하고, 채널당 전송 최대 데이터량은 가용도를 고려한 최저차 MOD와 최고차 MOD 적용시의 Throughput 산술 평균값을 의미한다.

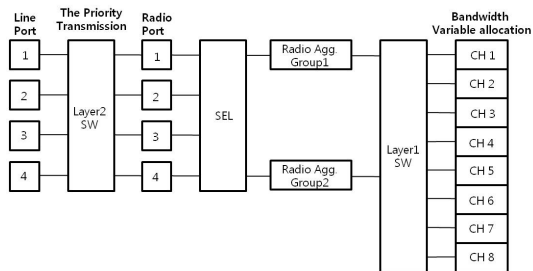


Fig. 2. Block Diagram for the variable allocation of the bandwidth and the higher priority transmission technique

제안하는 무선 링크 거리를 고려한 대역폭 가변 할당 및 우선 순위 전송 용량 비율 설정을 이용한 우선 순위 전송 기법의 적용 절차를 그림 3에 제시하였다. 우선 프로 파일로 링크 거리와 요구되는 신뢰도를 확인하고 링크 버짓 계산을 통해 가용 페이드 마진을 도출한다. 요구 가용도를 충족하는 최저차 MOD와 Throughput을 선정한다. 고정MOD와 비교하여 링크 거리를 고려한 최고차 MOD만 적용시에도 요구 가용도를 충족하는 페이드 마진 값을 나타낼 경우 그 거리에 대해서는 고정 MOD를 적용한다. 경로상의 데이터 속성이 후순위의 경우 채널 별 고정 대역폭 할당 적용 링크 구성이 가능할 것이다. 최고차 MOD를 적용하여 계산 결과 요구 가용도를 충족하지 못할 경우 최저차 MOD를 적용한 Throughput을 확인하고 경로상의 회선 구성이 필요한 데이터에 대해 속성을 확인하여 우선 순위 데이터량(Rp)과 일반적인 데이터량을 우선 순위 전송 용량 비율 (9)에 의한 설정과 링크 거리에 대한 가용도와 변조 차수에 따른 전송 용량을 적용하여 회선 설계에 반영되도록 하고 채널과 대역폭을 할당 설정 적용하도록 한다.

$$Ratio = R_p / R_a \quad (9)$$

Ratio: 비율,  
 $R_p$  = 우선 순위 전송 데이터량  
 $R_a$  = 링크 거리, 가용도, AM 적용 평균 데이터량

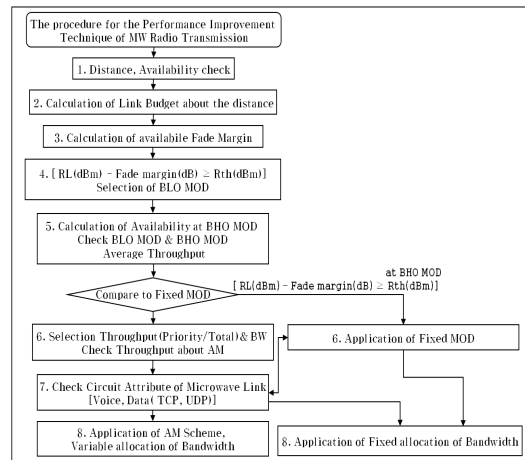


Fig. 3. The application flow chart for the performance improvement technique of transmission in Military MicroWave communication

본 논문에서 제시하는 기법은 기존의 고정 변조 방식 대비 링크 거리를 고려한 대역폭 가변 할당 및 우선 순위 전송 용량 비율 설정을 이용한 우선 순위 전송 기법을 통해 단순히 AM만 적용할 경우 거리와 가용도에 따른 제

약 사항으로 인해 발생할 수 있는 품질 저하를 미연에 방지하고 장거리에서의 현 무선 채널 환경에서 효과적인 전송 성능 향상이 실현되도록 제시하고 있으며, 회선 설계와 연관하여 경제적인 측면에서의 장점이 있다.

#### IV. 시뮬레이션 및 분석

제안된 기법의 성능을 평가하기 위해 상기 표 3과 (7),(8)에 근거한 동작을 통해 자체 제작된 장치에서의 값을 이용하여 표 4의 파라미터 값으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 모의실험을 수행하였다.

Table 4. The parameter of the simulation

Parameter	Setting / Value
Radio Transmission	Frequency Division Duplex
Frequency(F)	7.4 GHz
Receive Level(RL)	-33 ~ -42 dBm
Antenna Gain(G)	36.5 ~ 47.8 dBi
Link Distance(D)	10 ~ 160 Km(per 10km)
Climate & topographical Index	Application of mountainous areas, dry climates, normal temperature, degrees north

거리에 따른 BER=10E-6 에서의 SNR 값은 그림 4와 같이 나타난다.

상기 그림 4에서 거리가 장거리일수록 고정(Fixed) 변조방식 전송 기법보다는 거리별 최저차 MOD를 적용할 경우의 AM 전송 기법에 의해 대역폭 30MHz, 40MHz, 56MHz에서 최저차(BLO) MOD, BER=10E-6 기준 SNR 값이 작아짐을 보여주고 있으며, 장거리일수록 최저차(BLO) MOD와 최고차(BHO) MOD의 가변 변조(AM) 기법을 통해 무선 환경에서 보다 효율적으로 전송 성능을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

Throughput 시뮬레이션은 각 거리에서 AM 기법에 의한 최저차 MOD와 최고차 MOD간에 심벌당 2개 비트에서 10개 비트가 전송되는 변조 스킴으로 동작하는 환경, 본 제안이 적용된 동작 환경으로 구분하여 수행하였다. 평균 Throughput 측정을 위해 Throughput X의 분포가 다음 표 5와 같을 때, 평균 Throughput E(X)에 적용된 수식은 (10)과 같다.

그림 5는 대역폭 30MHz, 40MHz, 56MHz 에 대한 평균 전송용량 과 우선순위 전송용량에 대한 모의실험 결과이다.

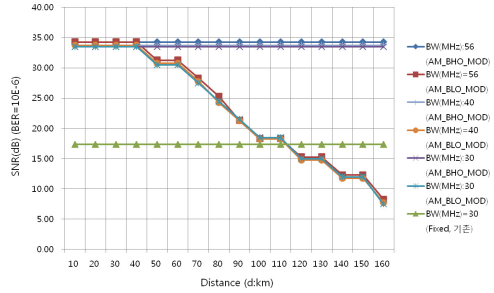


Fig. 4. SNR at BER=10E-6 of the distance

Table 5. The distribution of Throughput X

X	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	...	...	x <sub>n-2</sub>	x <sub>n-1</sub>	x <sub>n</sub>	SUM
P(X)	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	...	...	p <sub>n-2</sub>	p <sub>n-1</sub>	p <sub>n</sub>	1

$$E(X) = \sum_{i=1}^{n-1} (x_i \times (p_{(i+1)} - p_i)) + x_n p_n \quad (10)$$

$$= x_1 (p_2 - p_1) + \dots + x_{n-1} (p_n - p_{n-1}) + x_n p_n$$

장거리일수록 페이딩의 발생 깊이와 크기가 계절에 따라 장시간 급격하고 빠르게 지속될 수 있으므로 그림 5의 시뮬레이션 결과 값은 거리에 따른 요구 가용도의 우선순위 Throughput 으로 적용할 수 있다.

여기서, 거리에 따른 대역폭 가변 할당, 우선순위 데이터량과 평균 Throughput 값을 통해 데이터 속성을 고려한 우선순위 Traffic을 설정하고 전체적인 MicroWave 전송 Traffic의 빈도와 속성을 고려하여 우선순위 전송 용량 비율 설정이 가능하다. 회선 설계 시 데이터 속성을 고려한 우선순위 데이터량 설정에 필요한 가용도 기준에 의거 선정된 최저차 MOD에 대한 우선순위 전송 용량 비율 설정을 위한 Throughput 으로 거리별 시뮬레이션 결과를 보여준다.

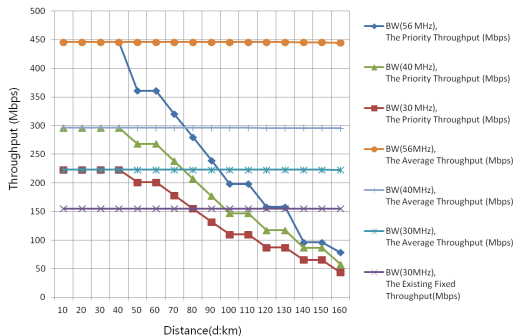


Fig. 5. The higher priority & average Throughput

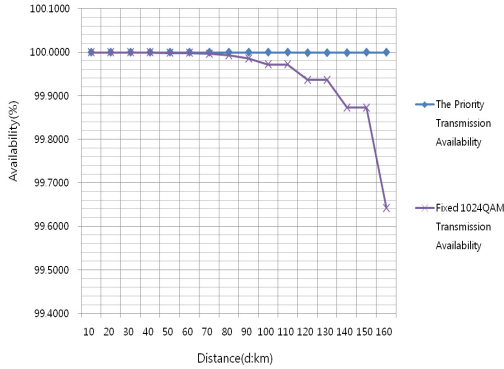


Fig. 6. The comparison of availability for proposed technique about the distance

그림 6에서 고정1024QAM전송 가용도는 AM스킴으로 동작, 거리에 따라 일반적인 트래픽에서 발생될 수 있는 결과 값을 보여주고 있으며, 우선순위전송 가용도의 경우 본 제안 기법이 적용되어 거리에 따라 우선순위전송 설정 트래픽에 대해서는 일정하게 유지되는 양호한 결과 값을 보여주고 있다.

이상에서 제안된 기법의 성능을 분석하기 위해 군 MicroWave 통신 거리에 대해 적용 가능한 장치의 파라미터 수치를 입력하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 모의 실험을 실시하여 SNR과 Throughput, 가용도 비교를 통해 분석하였다.

### V. 결 론

본 논문에서는 군 MicroWave 무선 통신 환경의 다양한 링크에서 QoS를 보장하기 위한 링크 거리를 고려한 대역폭 가변 할당 및 우선순위 전송 용량 비율 설정을 이용한 우선순위 전송 기법을 통해 무선 전송 성능 향상 기법을 제안하고 이를 적용 가능한 장비의 파라미터 수치와 관련 연구를 통해 도출된 수식을 활용하여 실험 및 결과를 제시하고 고찰하였다. 거리가 증가할수록 제안된 기법은 초당 전송되는 일반적인 경우와 SNR, 데이터 전송 효율, 가용도 측면에서의 효과적인 차별화된 성능을 확인하였다. 거리별 다양한 다중 경로 무선 링크에서 적용 시 더욱 효과를 발휘할 것으로 예상되며, 장거리 통신, 데이터링크 분야에서도 유용하게 활용이 가능할 것이다. 본 연구를 기반으로 향후 군의 MicroWave 무선 통신망과 데이터링크의 무선 전송 성능 향상 방안에 중점을 두고 연구를 수행하고자 한다.

### References

- [1] 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.
- [2] G. Boiocchi, P. D. Prisco, A. Lahrech, P. Lopez, M. Moretto, and P. Volpato, "Next-generation microwave packet radio: Characteristics and evolution areas to support new scenarios in wireless backhauling," *J. Bell Labs Tech.*, vol. 18, pp. 143-157, 2013.
- [3] T.-L. Sheu and K.-C. Huang, "Adaptive bandwidth allocation model for multiple traffic classes in IEEE 802.16 worldwide interoperability for microwave access networks," *IET Commun.*, 2011, vol. 5, no. 1, pp. 90-98, Apr. 2010.
- [4] H.-C. Lee, J.-Y. Chen, Y.-D. Chen, and K.-H. Lin, "Modified priority scheduling algorithm with link adaptation for wireless network," *2004 IEEE 59th Veh. Technol. Conf. (VETECS)*, vol. 5, pp. 2539-2542, May 2004.
- [5] Y. Wang, S. Chan, M. Zukerman, R. J. Harris, "Priority-based fair scheduling for multimedia WiMAX uplink traffic," *IEEE Int. Conf., Commun.*, 2008(ICC '08), pp. 301-305, Beijing, May 2008.
- [6] Recommendation ITU-R F.1191-3, *Necessary and occupied bandwidths and unwanted emissions of digital fixed service systems*, ANNEX1. section 2.1, pp. 7-8, 2011.
- [7] Dakeda, Anand., *Microwave Equipment Technical Document*, Fujitsu Wireless Systems Ltd., Feb. 2014.
- [8] D.-C. Kim and K.-S. Chung, "A priority-based adaptive data transmission scheme for improving the media quality in broadband wireless networks," *J. KIISE*, vol. 38, no. 2, pp. 127-137, Apr. 2011.

**윤 증 택 (Jong Taek Youn)**



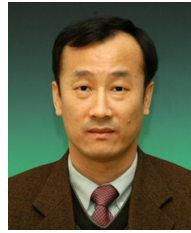
1996년 6월: 통신장교 전역  
2010년 8월: 아주대학교 정보통신대학원(공학 석사)  
1996년 7월~현재: LIG넥스원 통신연구센터 수석연구원  
<관심분야> 무선전송, 무선 네트워크 설계, MAC

**임 영 갑 (Young Gab Lim)**



1999년 1월: 국방대학교 안전보장학 군사전략과 석사  
2007년 2월: 아주대학교 정보통신학과 석사  
2011년 2월: 아주대학교 NCW학과 박사과정 수료  
<관심분야> 무선네트워크 정보 교환성능, 무선네트워크 정보 보호

**김 영 호 (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 6~현재: 한국국방연구원 획득연구센터 근무  
2000년 6~현재: 아주대학교 정보통신대학원 겸임교수  
<관심분야> C2/전술통신체계 획득분석, MANET 프로토콜, 로봇제어, 인공지능