

IP 기반 전술네트워크를 위한 효율적인 Link-K 메시지 통합 및 전송기법

An Efficient Link-K Message Aggregation and Transmission Method for IP-based Tactical Networks

윤 선 중*	성 윤 경*	조 윤 철*	고 영 배*
Sun-Joong Yoon	Yun-Kyung Sung	Youn-Chul Cho	Young-Bae Ko

Abstract

Korea Department of Defense has been developing Link-K, Korean Joint Tactical Datalink, to support their independent joint operations and trying to enlarge the scope of Link-K tactical message delivery to nodes in IP based tactical networks for sharing situation awareness more broadly. A Link-K tactical message size is too small to fit into an IP packet, inefficiently wasting most of the IP packet space of the low bandwidth IP-based tactical networks. This paper proposes a new Link-K tactical message aggregation and delivery method when tactical messages need to be sent to some nodes located at IP-based tactical networks. With numerical analysis and OPNET simulation studies, we prove the effectiveness and efficiency of the proposed method.

Keywords : Korean Joint Tactical Datalink(합동전술데이터링크), Link-K(링크 K), Tactical Message(전술메시지), Aggregation and Transmission(통합전송)

1. 서론

현재 우리 군은 각 무기체계가 원하는 정보를 네트워크를 통해 신속/정확하게 제공받고, 이로 인해 전투원 및 지휘부의 신속한 상황판단 및 의사결정이 가능하고 적 보다 먼저 타격하여 결과적으로 전투력의 우위를 달성하고자 NCW(Network Centric Warfare) 구현을 진행하고 있다. NCW 구현을 위한 주요요소 중에

하나가 전술데이터링크이다.

전술데이터링크는 전장에 필요한 전술정보를 실시간 교환 가능하도록 해주며, 각 무기체계들에게 연속적이면서 자동으로 갱신되는 전술상황에 필요한 정보를 제공하여 전투원 및 지휘결심자의 상황인지능력을 증가시킨다. 또한 고도로 긴장된 전투상황에서 음성통신에 비해 신뢰성과 전송능력이 훨씬 높은 데이터 통신을 제공하여 신속한 명령 전파 및 효과적인 정보공유가 가능해진다^[1]. Link-K 개발 사업은 2단계로 나누어 진행되는데, 1단계 기본형은 현재 운용되고 있는 무선통신장비를 이용해 Link-K 전술메시지를 전송할 수 있도록 모뎀과 같은 유사한 장비를 개발하는 것이

† 2010년 6월 11일 접수~2010년 9월 17일 게재승인

* 아주대학교(Ajou University)

책임저자 : 고영배(youngko@ajou.ac.kr)

고, 2단계 완성형은 통신장비와 Link-K 전술메시지 디지털 처리장비가 결합된 일체형 장비를 개발하는 단계이다.

Link-K 운용시 작전 목적 및 형태에 따라 원거리 IP 기반 네트워크에 존재하는 지휘부 및 협동전력의 가입자에게도 Link-K 전술메시지 전달이 가능하도록 하여 신속하고, 상호 유기적인 정보교환이 이루어지도록 해야 한다. 본 논문에서는 Link-K 전술메시지를 전송 용량이 제한된 IP 기반 네트워크를 통하여 원거리에 존재하는 노드에게 효율적으로 전송하는 전술메시지 통합처리 및 전송기법을 제안하고자 한다.

2장에서는 Link-K와 관련된 Link-16 데이터링크 운용 및 메시지 구조, 트래픽 유형에 대해서 간략하게 알아보고, IP 기반 전술네트워크의 특징에 대해서 알아보도록 하겠다. 3장에서는 Link-K에 가입되어 있는 노드가 지휘소 등의 원거리 노드에게 Link-K에서 주고 받는 전술메시지를 IP 기반 전술네트워크를 이용/전송하여 상황을 인식하도록 할 때 전술네트워크에서 패킷 발생 오버헤드를 최소화 하면서 효율적으로 전달할 수 있는 통합전송기법을 제시한다. 4장에서는 제안기법에 대한 이론적 분석 및 시뮬레이션을 통해 성능을 비교하였다. 그리고 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제시하도록 하겠다.

2. 관련연구

한국형전술데이터링크에 IP 적용방안을 [2]에서 제시하고 있는데, Link-K over IP 구조와 IP over Link-K 구조를 주로 다루고 있다. IP 전술네트워크를 이용하여 전술메시지를 전송하는 것은 Link-K over IP 구조에 속하는데 작은 크기의 Link-K 메시지를 대용량의 IP 패킷에 넣어서 전송하는 방식으로, IP 네트워크 대역폭이 충분하다는 가정 하에 통신망의 저하가 발생하지 않기 때문에 사용자 또는 정보교환의 제한과 같은 문제는 특별히 고려하지 않아도 된다고 제시하고 있다^[2]. 그러나 IP기반 전술 네트워크의 효율적인 전술데이터링크 메시지 전달을 하기 위해서는 Link-K 전술메시지를 대용량의 IP 패킷에 실어 전송할 때 적절한 통합전송기법을 적용하면 제한된 전송용량의 IP 기반 전술네트워크에서 전술메시지의 손실 없이 보다 효율적으로 전송할 수 있다. 먼저 Link-K에서 운용될 메시지의 구조 및 크기, 특징 등을 유사한 전술데이터

링크인 Link-16을 통해서 알아보도록 하겠다.

Link-16은 가입자들에게 일정한 크기의 슬롯을 할당하여 할당된 슬롯을 통해 전술메시지를 송수신하는 TDMA(Time Division Multiple Access)방식으로 운용되는데, 가입자 노드에게 할당된 타임 슬롯을 통해 전술메시지를 주고받는다. Link-16에서 운용되는 메시지구조로는 4가지 타입(Fixed 메시지, Variable 메시지, Free text 메시지, Round-trip timing 메시지)이 존재하는데 각각의 구조 내 메시지들은 헤더와 데이터로 구분되어 진다. 이 중 주요 전술메시지들이 운용되는 것은 Fixed 메시지 형태로 J-Series 메시지와 주요정보 전송을 담당한다. 메시지 구성은 1개에서 최대 8개까지의 word로 구성되고 각각 1개의 word는 75개의 bit를 갖는다. 75bits 중에 70bits는 데이터(헤더 포함)이며 나머지 5bits 중 4bits는 에러 체크에 쓰이며 1bits는 여유 공간으로 사용되는데, 대부분의 메시지들은 3 word를 기준으로 전송된다^[3]. Link-K도 이와 유사한 크기로 운용될 예정이다. Fig. 1은 Link-K에서 운용될 3 word 크기인 표적갱신(LK27.0) 메시지의 예를 나타낸 것으로, 총 데이터의 크기는 210bits이다^[4].

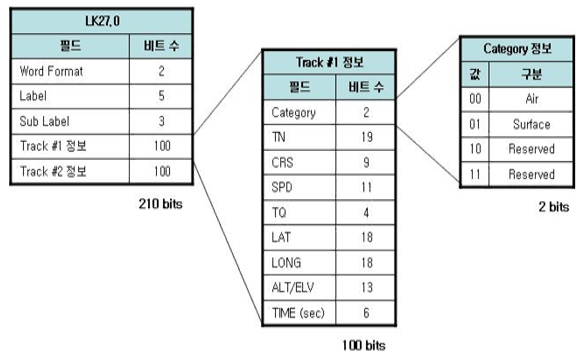


Fig. 1. Link-K 표적갱신 메시지 예^[4]

이러한 크기 210bits의 전술메시지를 통합으로 전송시에 메시지 유형에 따른 메시지들의 허용지연시간을 고려해야 한다. Link-16에서 J-series 전술메시지 유형들을 살펴보면 Fig. 2와 같다^[4]. 전체 메시지 발생량 중 약 66%의 트래픽이 표적정보(Surveillance Information)에 대한 것이고 약 19%가 가입자 정보(Interface Unit) 메시지를 보내는데 사용되고 있다. 그리고 해당 망의 관리를 위해 10%, 임무 할당에 2%, 플랫폼 상태정보에 2% 등의 메시지들이 사용되어지는 것을 알 수 있다^[4]. Link-K에서도 Link-16에서와 같이 발생하는 메시

지 트래픽 유형이 구분되어야 한다. 이러한 구분을 통해 우선순위를 부여한 후에 메시지를 우선순위별 게이트웨이 Queue에 저장하여 대기할 수 있는 허용대기시간을 부여할 수 있다. 또한 여러 개의 전송메시지들을 하나의 IP 패킷에 포함하도록 하려면 IP 패킷의 일반적인 크기를 알아야 하는데, RFC 879^[5]에서는 IP 패킷의 MTU(Maximum Transmission Unit)를 576, 1000, 1500bytes 등으로 구분하고 있다.

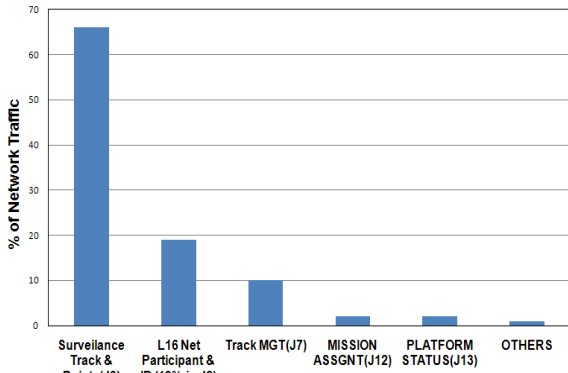


Fig. 2. Link-16 트래픽 유형

3. 효율적인 Link-K 전송메시지 통합전송기법

본 장에서는 IP 패킷에 여러 개의 Link-K 전송메시지들을 통합하여 전송할 수 있도록 하는 통합전송기법을 제안한다. 메시지들의 우선순위는 사전에 정책적으로 결정되어 있다고 가정하였다. 예를 들어 타격 및 긴급을 요하는 노드 위치정보와 관련된 일부 전송메시지의 경우에 IP 네트워크 전송에 있어서 지연시간이 증가 된다면, 위치 오차로 인하여 아 작전에 영향을 크게 미칠 수 있게 된다. 그러나 아 정찰기와 같이 일정궤도를 비행하는 노드의 경우에는 다소 지연시간이 발생하더라도 정해진 갱신주기 안에 메시지가 도착하면 작전에 크게 영향을 미치지 않으면서 상황에 도시가 가능하다. 따라서 해당 전송메시지의 우선순위를 적절히 부여하여 전달되도록 하여야 한다. 이러한 환경에서 전송메시지를 통합하여 전송하도록 제안하는 통합전송기법은 다음과 같이 동작한다.

Fig. 3은 Link-K가 IP전송네트워크와 연동되는 예를 나타낸 그림이다. S노드는 Link-K에 가입되어 운용되는 노드로서 원거리에 있는 IP 기반 전송네트워크에

전송메시지를 전송하는 게이트웨이 역할을 담당한다.

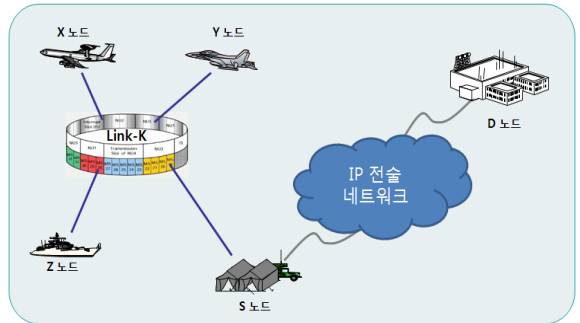


Fig. 3. Link-K와 IP 전송 네트워크 연동 예

실제 이 S 노드에서 통합전송기법이 이루어진다. S 노드는 Link-K 전송메시지를 수신시에 전송메시지의 우선순위를 확인하고 해당 우선순위에 맞게 Queue에 대기할 수 있는 허용대기시간을 설정한다. Fig. 4는 전송메시지가 주기적으로 수신될 때 우선순위에 따라 실질적으로 전송메시지가 허용대기시간에 대기하는 예를 보여주는 그림이다. 각 메시지는 각자의 우선순위에 따라 대기시간이 존재한다. 패킷이 실질적으로 전송되는 시기는 Queue의 메시지들 중에 가장 먼저 대기허용시간이 끝나는 시간이 된다. Fig. 4에서 처럼 세 번째 메시지의 대기시간이 가장 먼저 종료될 경우, 세 번째 메시지 대기시간까지 Queue에 저장된 네 개의 메시지가 하나의 IP 패킷에 포함되어 전송되게 된다.

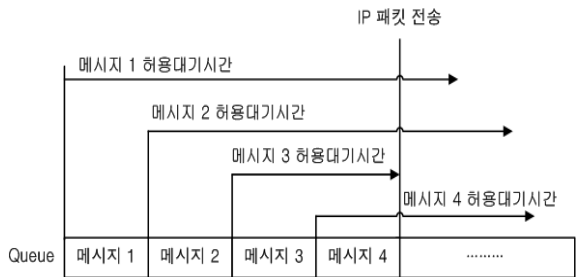


Fig. 4. IP 패킷 전송전 허용대기시간

Fig. 5의 플로우차트는 Link-K 전송메시지를 IP 전송네트워크로 전달하도록 게이트웨이 역할을 하는 Fig. 3의 S노드가 Link-K 전송메시지를 하나의 IP 패킷에 통합전송하는 제안기법의 기본동작을 설명하고 있다. S노드는 Link-K 전송메시지를 수신하면 메시지의 유

형을 확인하고 해당 메시지에 대한 우선순위를 참고하여 그 우선순위에 대한 허용대기시간을 부여한다. 만약 Queue에 이 메시지보다 먼저 받은 전송메시지가 있어 Queue에 저장되어 있는 경우, 기존에 셋팅되어 진행되고 있는 허용대기시간과 현재 들어온 메시지에 대한 허용대기시간을 비교하게 된다.

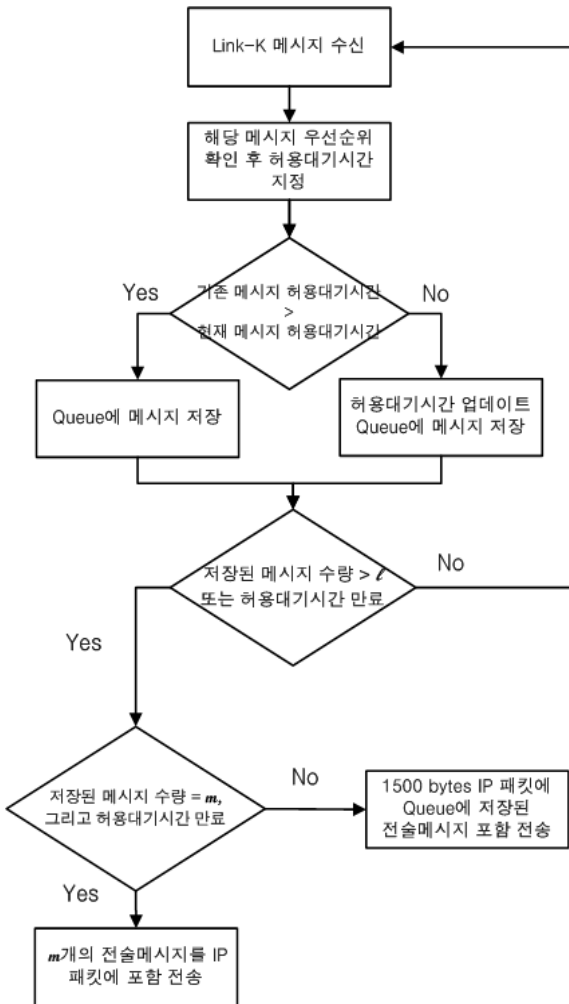


Fig. 5. 통합전송기법 플로우차트

만약 기존에 진행되고 있는 허용대기시간이 더 짧은 경우에는 현재 수신된 메시지를 단순히 Queue에 저장한다. 그러나 만약 현재 수신된 메시지의 허용대기시간이 기존에 셋팅된 허용대기시간보다 짧으면 허용대기시간을 현재 수신된 메시지의 허용대기시간으로 업데이트하고 메시지를 Queue에 저장한다. 만약

Queue에 쌓인 전송메시지의 개수가 IP 헤더를 포함한 MTU인 1500bytes의 IP 패킷에 포함할 수 있는 수량 l 개가 되면 이 전송메시지들을 하나의 1500bytes IP 패킷에 포함하여 전송한다. 또한, Queue에 셋팅된 허용대기시간이 만료된 경우에는 현재까지 Queue에 쌓여진 전송메시지들의 수량 m 개의 메시지를 그대로 IP 패킷에 포함하여 전송한다. 예를 들어, Queue에 저장되어 있는 전송메시지 m 의 개수가 24(210bits/개)일 경우 IP패킷의 크기(IP 헤더 : 20bytes)는 650bytes가 되어, 이 패킷이 목적지 노드로 전송된다.

패킷 전송시에 S노드는 네트워크 계층에서 D노드 주소를 IP헤더에 반영 후 IP 전송네트워크를 이용, 수신노드인 D노드로 전송한다. D노드는 해당 패킷이 Link-K 전송메시지를 포함한 패킷인 경우 사전에 지정된 전송메시지의 크기로 구분하여 에러 체크 후 해당 전송메시지의 정보를 받아 활용한다. 만약 Link-K의 전송메시지를 받아야 할 D노드가 여러 곳이면 멀티캐스트를 이용하여 패킷을 전달한다.

4. 성능 분석

가. 이론적 분석

Fig. 6은 Link-K에서 발생한 전송메시지들이 게이트웨이 노드의 Queue에 저장되어 있다가 IP 패킷에 저장된 여러 개의 전송메시지들이 포함되어 전송되는 과정을 보여주고 있다. 이렇게 통합 전송되는 방식과 전송메시지가 게이트웨이 들어오는 즉시 바로 IP패킷에 보내는 방식에 대한 패킷 발생량을 이론적으로 비교하면 다음과 같다.

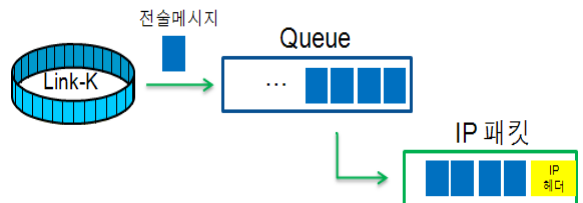


Fig. 6. 전송메시지 통합전송 도시 예

Link-K의 전송용량이 C_k (bps)이고, 한 개의 슬롯에 포함하는 전송메시지 크기(헤더포함)가 β (bps)일 때, 단위시간(1초)동안 발생하는 슬롯의 수를 k 개라 하면, k 는 수식 (1)과 같이 표현될 수 있다. 전송메시지 전

송시 지연시간 등은 고려하지 않았다.

$$k = \frac{C_k}{\beta} \tag{1}$$

Link-K에 발생하는 전송메시지가 n개의 우선순위로 구분된다고 가정하자. 각 우선순위별 메시지의 발생 확률을 p_i 라 할 때, 모든 우선순위에 대한 발생확률의 합은 1이 된다.

$$p_1 + p_2 + p_3 \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i = 1 \tag{2}$$

전송메시지들은 각각의 우선순위에 따라 사전에 정해진 t_i 만큼 게이트웨이 노드의 큐에 대기한 후, t_i 가 만료되면 큐에 대기하는 메시지들을 하나의 IP패킷에 포함하여 전송한다. 큐에서 전송메시지들이 대기하는 평균대기시간을 wt 라 할 때, wt 는 수식 (3)과 같이 계산될 수 있다.

$$wt = \frac{\sum_{n=1}^k \left\{ \max(t_n - \frac{n}{k}, 0) \times p_n \right\}}{k} \tag{3}$$

IP패킷의 크기와, IP네트워크의 전송용량에 제한이 없다고 가정할 경우 일반전송기법이 1초에 k개의 IP 패킷을 보내는 동안, 통합전송기법은 $\frac{1}{wt}$ 만큼의 패킷을 전송하게 된다.

예를 들어 Link-K 전송용량 C_k 가 16Kbps, 전송메시지 크기 β 가 225bit, 전송메시지의 중요도에 따른 우선순위를 세 개의 타입으로 분류하고, 각각의 발생확률이 0.2, 0.3, 0.5이고, 허용대기시간이 각각 0.1초, 0.3초, 0.5초라 할 때 일반전송기법을 적용 시 72개의 IP 패킷이 발생한다면 통합전송기법으로 전송 시에는 약 14개가 발생된다.

나. 시뮬레이션 환경

Link-K 전송메시지의 통합전송기법에 대한 시뮬레이션은 OPNET 14.5^[5]를 이용하였다. Link-K와 동일한 방식으로 슬롯단위의 전송메시지 크기가 발생할 수 있도록 OPNET에서 패킷 발생기를 구현하였다. 전송메시지는 각 타입슬롯에서 발생하고 모든 전송메시지

는 상황공유를 위해 원거리노드에게 전달되는 것으로 가정하였다. 패킷발생기에서 발생하는 전송메시지는 Fig. 1에서와 같이 210bits 크기로 설정하고, Fig. 2의 link 16 트래픽 유형을 참고하여 우선순위 종류는 5가지로 분류하여 이에 대한 비율을 적용하였다. 우선순위는 임무에 영향정도를 고려하여 J3은 1순위, J2는 2순위, J12는 3순위, J7은 4순위, J13과 기타는 5순위로 구분하였다. Link-K의 전송용량은 한국형전송데이터링크 1단계의 무선 link-K(4.8Kbps~16Kbps), 위성 Link-K(56Kbps~256Kbps)의 전송속도를 고려 16Kbps에서 256Kbps로 설정하였고^[2], 각 우선순위별 게이트웨이 Queue에 대기할 수 있는 허용대기시간을 0초에서 0.9초까지 설정하였다. 위성 Link-K의 경우 전송지연시간이 크므로 이를 고려하여 적절한 허용대기시간이 설정되어야 하겠다. IP기반 전송네트워크는 전송용량이 1~4Mbps인 단일 홉 무선 환경으로, 시뮬레이션 수행시간은 600초로 구성하였다.

Table 1. 시뮬레이션 파라미터

구 분	Value
Link-K 전송용량	16, 32, 64, 128, 256Kbps
전송메시지 크기	210bits
전송메시지 우선순위 구분	5종
우선순위 종류별 발생확률(%)	1순위(66), 2순위(19), 3순위(2), 4순위(10), 5순위(3)
전송메시지 우선순위별 허용대기시간(초)	0, 0.2, 0.5, 0.7, 0.9
전송네트워크 전송용량	1, 2, 3, 4Mbps
시뮬레이션 시간	600초

성능 비교는 Link-K에서 발생하는 모든 전송메시지가 우선순위 1순위인 경우(worst case, 일반전송기법전송방식과 동일), 그리고 Fig. 2에서와 같이 메시지 종류별로 확률이 발생하는 경우(random case), 모든 메시지가 우선순위 5순위로 발생하는 경우(best case)로 구분하여 네트워크 이용률(Network Utilization), 수신된 IP 패킷 수(The number of received IP packets)로 시뮬레이션 결과를 비교하였다. 네트워크 이용률은 전송메

시지를 포함한 IP 패킷을 전송할 때 control packet 오버헤드를 포함한 네트워크 전송용량 점유율이고, 수신된 IP 패킷 수는 실제 전송네트워크를 거쳐 목적지노드가 받은 IP 패킷의 수이다.

다. 시뮬레이션 결과

Link-K의 전송용량이 16Kbps에서 256Kbps까지 증가할 때, IP 전송 네트워크 용량이 1Mbps로 고정된 상태에서 네트워크 이용률에 대한 시뮬레이션 결과는 Fig. 7에서 보는 바와 같다. Link-K의 전송용량이 증가함에 따라 단위시간(1초)당 발생하는 전송메시지의 수량도 증가하여 전송네트워크의 이용률 또한 증가한다. Link-K 전송용량이 128Kbps인 경우 best case는 전송네트워크 전송용량의 약 65%를 추가로 다른 application을 전송하도록 활용이 가능하고, random case는 약 43%, worst case에서는 전송네트워크의 전송용량 중 약 22% 정도만이 가능하였다. 256Kbps의 경우 best case의 네트워크 이용률이 약 68%가 되었고, random case와 worst case는 네트워크 이용률이 거의 100%가 되었다.

Fig. 8은 목적지 노드에서 수신한 IP 패킷 수를 나타낸 것이다. 256Kbps의 경우 평균 1250개의 전송메시지가 발생되었는데, 전송메시지가 Queue에 들어오자마자 전송하는 worst case 경우 약 680개만 전송네트워크를 통해 전송이 가능하였다. 하나의 전송메시지를 210bits라 가정할 때 이를 포함할 수 있는 IP 패킷의 크기는 약 47bytes(IP 헤더(20bytes 기준))의 크기로, 이 47bytes 크기의 패킷이 실제 Link layer를 거치면서 34bytes의 MAC header가 추가되고, Physical layer에서 다시 34bytes의 PLCP header가 추가되어 패킷 오버헤드가 증가되었다. 그리고 이러한 전송메시지를 포함한 IP 패킷이 전송 무선네트워크의 목적지노드에 전송되기 위해서 RTS(20bytes), CTS(14bytes), ACK(14bytes) 등의 control 메시지가 발생되어^[7] 570여개의 전송메시지를 전송하지 못하는 결과가 나오게 된 것이다. Random case에서는 우선순위에 따라 메시지의 허용대기시간이 종료되면 Queue에 저장된 메시지들을 통합하여 전송하므로 worst case보다 많은 메시지들을 제한된 전송네트워크 대역폭에 전송이 가능하여 worst case보다 약 25%이상 증가된 전송메시지 전송이 가능하였다. Best case의 경우에는 전송메시지들이 대부분 1500bytes 크기에 통합되어 전송되게 되므로 패킷 수가 가장 작게 발생하면서 단위시간당 생성된 모든 전송메시지를 전송네트워크를 통해 전송이 가능하였다.

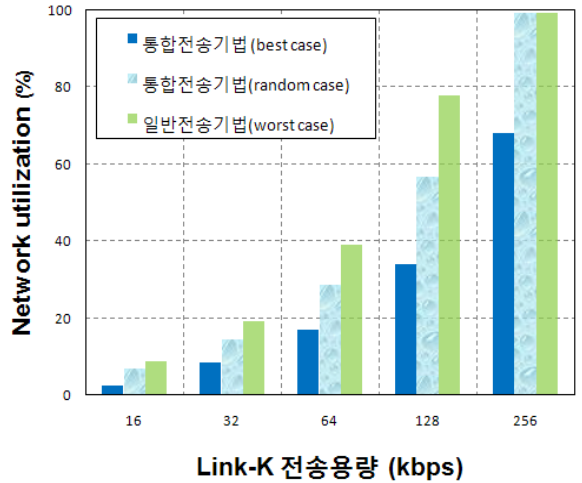


Fig. 7. 네트워크 이용률

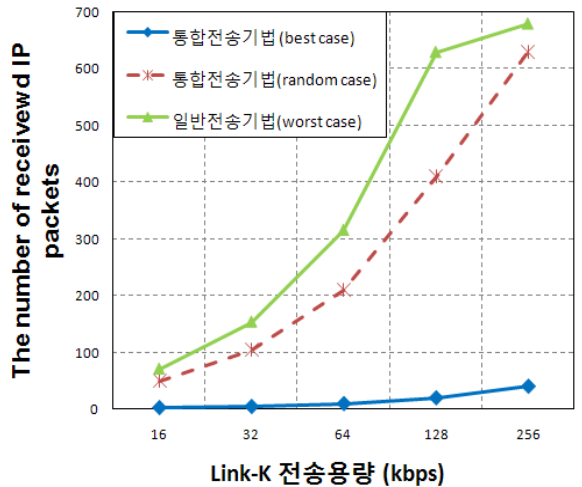


Fig. 8. 수신된 IP 패킷 수

Link-K 전송용량을 256Kbps으로 고정하고, IP기반 전송네트워크 용량을 1Mbps에서 4Mbps까지 변화시킬 때의 시뮬레이션 결과는 Fig. 9, Fig. 10과 같다. Fig. 9에서 네트워크 이용률은 전송네트워크의 전송용량이 증가할수록 작아지는 것을 알 수 있다. 네트워크 이용률이 작을수록 다른 application의 메시지들을 전송하는데 많이 활용될 수 있어 전송네트워크의 보다 효율적인 운용이 가능하게 된다. Worst case는 전송네트워크가 2Mbps가 되어도 전송용량 대부분을 전송메시지를 위한 패킷 전송에 사용되므로 비효율적인 것을 알 수 있다. Fig. 10은 수신된 IP 패킷 수를 나타낸 것

로 2Mbps 이상에서 worst case 대비 random 및 best case의 패킷발생수가 각각 약 65%, 3%로 네트워크를 효율적으로 이용이 가능하다는 것을 알 수 있다.

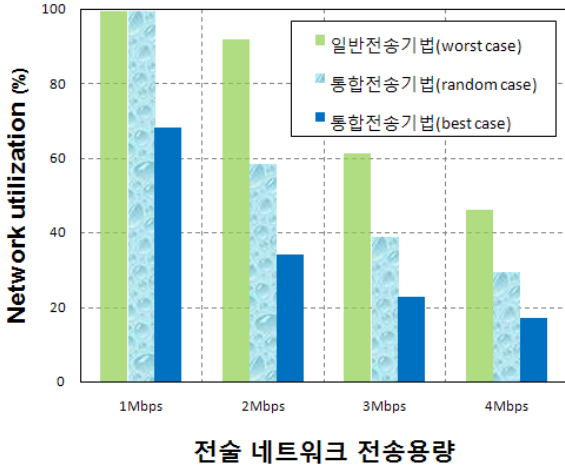


Fig. 9. 전송네트워크 변화에 따른 네트워크 이용률

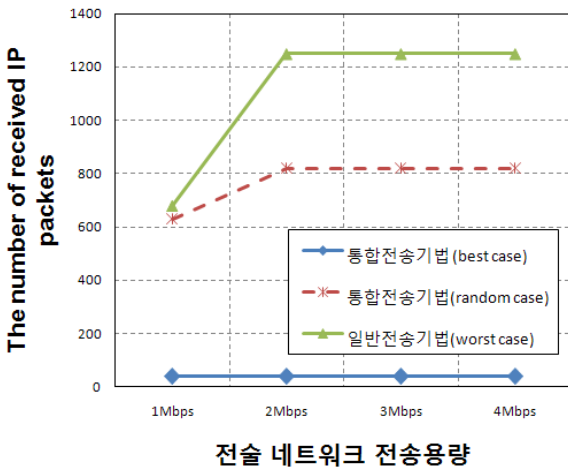


Fig. 10. 전송네트워크 변화에 따른 수신된 IP 패킷 수

5. 결론

본 논문에서는 우리 군에서 개발하고 있는 Link-K와 관련하여 Link-K를 운용시에 발생하는 전송메시지를 제한된 전송용량의 IP 기반 전송네트워크를 통하여 원거리 노드에게 효율적으로 전송하도록 하는 통합전송기법을 제안하였다. 이 통합전송기법은 메시

지 종류별 원거리 노드가 신속하게 받아야하거나 또는 어느 일정시간 지연을 고려해도 되는 것을 구분하여 게이트웨이가 전송메시지를 전송시 Queue에 대기하는 시간을 구분, 허용대기시간이 만료되기 전 수신된 전송메시지들을 통합하여 해당 메시지들을 포함할 수 있는 최적의 IP 패킷을 선택, 그 안에 포함하여 전송함으로써 네트워크 운용의 효율성과, 제한된 IP 전송네트워크의 전송용량에서도 메시지 손실을 발생하지 않고 전달이 가능하다. 만약 상용의 IP 기반 전용회선을 임대하여 전송메시지를 전달할 경우 통합전송기법을 적용함으로써 경제적으로 비용 절약도 가능하다. 향후 연구 과제로는 정지영상, 동영상, 음성, 데이터 등의 IP 패킷으로 발생한 정보를 대역폭이 제한되어 운용되는 Link-K 네트워크의 노드들에게 효율적으로 제공하도록 하는 방안에 대해서 연구하도록 하겠다.

후 기

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음”(NIPA-2010-(C1090-1021-0011)).

Reference

- [1] 이태공, “NCW 이론과 응용”, 홍릉과학 출판사, 2007.
- [2] 지승배, “한국형전송데이터링크(LINK-K)에서 TDL 프로토콜과 IP의 효과적인 적용방안 분석”, 한국군사과학기술학회지 제11권 제1호 pp. 25~32, 2008년 2월.
- [3] DoD Interface Standard Tactical Data Link(TDL) 16 Message Standard, Mil-Std-6016C, Mar., 2004.
- [4] 지승배, 임만엽, 이태종, “한국형전송데이터링크(LINK-K)에서 효율적인 표적교환을 위한 전송 프로토콜”, ADD 통신/전자 학술대회, 2008년 10월.
- [5] “TCP Maximum Segment Size and Related Topics”, <http://www.faqs.org/rfcs/rfc879.html>
- [6] OPNET Simulator, <http://www.Opnet.com>
- [7] B. H Walke, S. Mangold, L. Berlemann, “IEEE 802 Wireless Systems”, John Wiley & Sons, Ltd, 2006.