

# 전술통신망에서 능동적 라우팅을 위한 OSPF에 대한 연구

정회원 이승환<sup>\*o</sup>, 이종헌<sup>\*</sup>, 이훈섭<sup>\*</sup>, 종신회원 이승형<sup>\*</sup>

## A Study on OSPF for Active Routing in Wireless Tactical Communication Network

Seung Hwan Lee<sup>\*o</sup>, Jong Heon Lee<sup>\*</sup>, Hoon Seop Lee<sup>\*</sup> *Regular Members*,  
Seung Hyong Rhee<sup>\*</sup> *Lifelong Member*

### 요약

OSPF(Open Shortest Path First)는 유선 통신망에서 주로 사용되는 라우팅 프로토콜로 유선 링크의 상태를 코스트로 환산하여 트래픽의 경로를 결정하는 알고리즘이며, 차세대 전술 통신망의 라우팅 프로토콜로 고려되고 있다. 그러나 기존의 OSPF는 유선망 환경을 고려하여 설계된 프로토콜이므로 노이즈, 재밍 등의 무선 전술 환경에 능동적으로 반응하지 못하는 취약점이 있다. 즉, 데이터 전달 과정에서 링크의 성능이 저하되어도 경로를 그대로 유지하여 통신의 효율성과 신뢰성을 보장하지 못한다. 이에 본 논문에서는 OSPF 비용함수를 재정의 하여 무선 전술 환경에서 네트워킹 시 효율성과 신뢰성을 높이는 것을 목표로 한다. 재정의하는 비용함수에는 네 가지 파라미터로 상대적인 전송 속도, 링크 가중치, 라우터의 이용률, 링크 평균 BER(Bit Error Rate)이 포함된다. 이 파라미터를 통하여 무선 전술환경의 특성을 반영할 수 있다. 또한, OSPF의 Hello 패킷을 개선함으로 각 기반노드의 무선 링크상태를 주기적으로 파악 할 수 있도록 하였다. 실험 결과를 통해 제안하는 OSPF가 기존의 OSPF보다 능동적으로 경로를 변경하고 네트워크를 부하를 줄여 향상된 성능을 보임을 확인하였다.

**Key Words** : OSPF, Tactical communication network, Cost function, Routing

### ABSTRACT

OSPF is the optimized routing protocol in wired network and considered as a tactical routing protocol in wireless tactical communication network. However because it is designed basically based on wired environment, it runs inadequately in wireless tactical environment: noise and jamming signal. So, we proposed new OSPF cost function to develop active routing protocol in wireless tactical communication network. In redefined cost function, there are four parameters that are relative transmission speed, link weight, router utilization, link average BER(Bit Error Rate). These parameters reflect wireless tactical characters. Also, we remodel the option field in Hello packet. It can help user to periodically check the link state. From the simulation result, it is shown that proposed OSPF is better than OSPF in jamming situation and has accumulative delay gain with dispersion of traffic load in entire network.

### 1. 서론

TICN(Tactical Information Communication Network)은 육·해·공군에 배치되어 미래 네트워크중심전을 대비함과 동시에 음성, 데이터, 화상 및 멀티미디어등

의 서비스를 제공하는 미래형 통합 통신망이다. 미국, 영국, 독일, 프랑스, 이스라엘 등의 해외 각 국에서도 미래네트워크중심전에 대한 개념을 일찍부터 도입하고 자국 전력변환의 핵심적 주제로 삼아 연구하고 있다. 네트워크중심전은 정보통신 기술 분야, 작전, 군수

※ 본 연구는 광운대학교 2009년 교내연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

\* 광운대학교 전자융합공학과 무선네트워크 연구실(shmj@kw.ac.kr), (°: 교신저자)

논문번호: KICS2010-07-316, 접수일자: 2010년 7월 21일, 최종논문접수일자: 2010년 12월 1일

지원 분야, 군 교육 분야 등이 유기적, 체계적으로 연결되어 최종적으로 전시에 효과를 나타낼 수 있다.

우리 군도 네트워크중심전의 중요성을 인식하고 능동적으로 대처하기위하여 차세대 전술통신 체계인 TICN 구축 사업을 진행하고 있다. 2013년 이후 배치되는 것을 목표로 하는 TICN 사업을 통하여 군 통신을 통합하고 음성과 데이터, 영상을 통한 빠르고 정확한 명령 하달 및 통제, 실시간 의사결정 그리고 여러 곳의 전투 상황의 정확한 전달 등을 가능하게 한다. TICN 체계는 교환집속체계, 무선 전송체계, 전술이동통신체계, 전투무선체계 및 망 관리체계 등으로 구성되며 이를 통해 군 통신을 고속·대용량·원거리·무선중계 전송으로 발전시키게 된다. 또한 TICN을 구축하면 현재 구축된 전술통신체계(SPIDER)보다 기간망의 데이터 전송 속도를 10배로 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라 데이터 단말의 무선 전송 용량도 수십 배 이상 증가시킬 수 있다.

TICN 체계에서 백bone역할을 하는 TICN 전달망은 무선 전송 장비를 사용하며 대부대 및 소부대의 부대 노드 간의 연결을 제공한다. 이때 사용되는 주요 전송 장비로는 광대역 무선전송장비(HCTR: High Capacity Trunk Radio)가 있다. 광대역 무선 전송장비는 전방 지역 기반노드 연결용으로 사용되며 35Km까지 데이터의 전송이 가능하다. 광대역 무선전송장비에 연결된 전술 라우터는 전송경로 선정 및 스위칭을 수행하며, 부대노드 접속 및 매체를 선택하고 광대역 무선전송 장비, 위성단말, 광케이블 등의 접속을 지원한다. 전술 라우터는 이 광대역 무선전송장비에 연결되어 네트워크 내의 정보를 구축, 트래픽의 경로를 결정, 트래픽을 전달한다.

OSPF는 변경된 정보만을 전송함으로써 빠른 동기화와 함께 라우팅 정보 교환으로 인해 발생하는 트래픽이 적기 때문에 TICN에서 전술 라우팅으로 사용된다. 현재 군에서는 TICN 전달의 전술 라우터에서 사용될 전술 라우팅 프로토콜을 OSPF로 선택하고 개발 중이다. 따라서 운용되어질 OSPF는 무선 전술 환경에 적절한 반응함과 동시에 패킷을 소실, 중복, 지연 등 없이 전송을 하는 신뢰성 있으며 상태가 좋은 링크를 사용하는 효율적인 라우팅을 가능케 하는 프로토콜이어야 한다. 그러나 무선 전술 환경에 OSPF를 그대로 적용 시 몇 가지 문제점이 있다. 유선 전송환경에 최적화된 OSPF 프로토콜은 무선의 환경에 유연하게 적응하지 못 한다는 것이다. 무선 환경에서는 다중 경로 페이딩, 분산, 노이즈 등의 현상으로 인해 신호의 크기가 작아질 뿐만 아니라 수신된 신호에 여러 잡

음이 섞여 복구하기 쉽지 않은 경우가 있으며 전술 환경의 특성상 발생하는 돌발적인 재밍 시그널에 의하여 링크의 사용이 불가능한 경우가 발생한다. 이러한 상황은 기존 OSPF의 비용으로 계산되지 않는다. 또한 전술 환경의 특성 상 돌발적인 재밍 시그널에 대비하여 링크 상태에 대한 감시가 필요한 상황이다<sup>1,2)</sup>.

본 논문에서는 TICN 전달망에서 사용될 OSPF의 경로 설정함에 있어서 신뢰성과 능동성을 향상시키기 위하여 새로운 비용함수를 제안한다. 제안하는 비용함수에는 네 가지의 파라미터가 포함되어 있으며, 각각의 파라미터는 무선 및 전술 환경에서 최적의 트래픽 전달 경로를 찾기 위하여 사용된다. 또한 주기적인 링크 상태를 모니터링 하기 위하여 OSPF에 의하여 운용되는 전술라우터가 주고 받을 Hello 패킷을 개선한다. Hello 패킷을 통하여 전술 라우터가 주변의 라우터의 존재 여부를 파악할 뿐만 아니라 해당 라우터가 사용하는 무선 링크의 상태를 파악하여 트래픽의 전달 경로에 참고하기 위해서 이다. 그리고 시뮬레이션을 통해 제안하는 무선 전술 환경을 위한 OSPF는 기존의 유선 OSPF보다 높은 성능을 보임을 알 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존 연구 사례에 대하여 살펴본다. III장은 제안하는 전술 라우팅에 적합한 OSPF에 대하여 설명한다. IV장에서는 제안한 OSPF를 시뮬레이터를 사용하여 구현하고, 여러 환경과 모델을 적용하여 시뮬레이션을 수행하고 그 결과를 평가한다. 마지막으로 V장 결론에서는 본 논문의 결론과 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 Cost adaptive OSPF<sup>3)</sup>

CA-OSPF에 의하여 운영되어지는 라우터는 기존의 OSPF보다 좀더 동적으로 작동하며 인터페이스의 비용에 적응적으로 반응하여 인터페이스의 이용률을 높이는 것이 핵심내용이다. 이러한 동작은 네트워크의 부하를 균형적으로 분배하여주며 네트워크의 QoS와 자원의 효율적인 측면에서 개선되었다. 기존의 OSPF의 경우에는 한번 정하여진 루트의 경로는 링크의 혼잡상태가 일어나도 능동적으로 변하지 않는 단점을 갖고 있다. CA-OSPF는 두개의 U의 임계값을 가지는데  $U_a$ 와  $U_b$  이다. 링크의 상태는 이 임계값의 상태에 따라 세 가지로 나뉜다.

$$utilization\ ratio\ U = \begin{cases} over-used\ state\ (U_a \leq U \leq 100\%) \\ middle\ state\ (U_b < U < U_a) \\ under-used\ state\ (0 \leq U \leq U_b) \end{cases} \quad (1)$$

이에 따라, over-used state일 때에는 인터페이스의 비용이 증가한다. 증가한 비용을 LSA(Link State Advertisement)에 저장 후 주변의 다른 라우터에 플러딩을 통해 해당 인터페이스의 정보를 공유한다. 이후 라우팅 테이블 계산이 수행되어지고 새로운 경로가 설정되어 지어 전체적인 네트워크에 부하가 골고루 나누어지게 된다. Middle state인 경우 라우터는 해당 링크의 인터페이스 비용이 변경하지 않고 그대로 유지한다. 마지막으로 under-used state인 경우 작동은 두 가지로 나뉘는데, 초기의 비용과 같은 경우 별 다른 동작을 하지 않지만, 초기 비용보다 클 때에는 라우터는 해당 인터페이스의 비용을 낮추지만 초기 비용보다는 크게 설정한다. CA-OSPF는 백그라운드 트래픽이 있을 경우 큐잉 시간과 데이터의 반응시간적인 측면에서 기존의 OSPF보다 나은 성능을 보인다<sup>3)</sup>.

## 2.2 전술 데이터망에서 OSPF Area 설정과 데이터 흐름에 관한 연구<sup>4)</sup>

OSPF는 라우터 수가 많고 불안정 링크 수가 많으면 재계산 수는 급격히 증가한다. 군 전술 데이터 망은 전시 사용하는 데이터 망으로 신속한 이동 설치를 위해 무선 전송로를 사용하며 유선 망 보다 전송속도가 낮고, 전송로가 불안정하다. 그럼에도 불구하고 현재의 군 전술 데이터 망은 일반적인 네트워크 설계 시 산정되는 라우터 수량보다 라우터 수가 1.5배 많다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 Area가 상황에 적합하게 설정되어야 하는데 Area의 종류, 라우터의 CPU 능력, 전송 매체의 종류 등의 사항에 의존하여 결정하여야 한다.

육군은 '04년 전술망에서 데이터통신의 필요성을 인식하고 과거 음성위주의 전술통신체계에 데이터통신을 할 수 있는 장비를 추가로 개발하여, 야전에 배치 및 운용중이다. 이 전술 데이터망의 내부 라우팅 프로토콜은 최적경로 선택이 가능한 OSPF를 채택하였고, 최초 전력화 시 군단을 1개 Area로 야전군(군사령부)을 AS로 설계하였다. 라우터간의 전송속도는 1Mbps 및 3Mbps로 무선으로 운용되도록 하였으며, 중요 부대 통신소는 2개의 노드통신소에 접속하도록 하였다.

이러한 환경에서 OSPF를 효과적으로 운영하기 위하여 전술데이터 망에서 OSPF Area 설정과 데이터 흐름에 관한 연구에서는 세 가지를 제안하였다. 첫 번째는 1개 군단을 하나의 AS 및 Area로 구성하여 군에서 전술 데이터 망을 운용하는 것이다. 그리고 내부의 노드 라우터들은 Area 0, 사단급 제대를 Area 1(좌상

부대 통신소), Area 2(좌우 부대 통신소), Area 3(하단 부대 통신소)로 구분하는 것이다. 두 번째 방안으로는 무선 전송 링크의 전송속도를 높이는 방안이다. 마지막으로 세 번째 방안으로는 DR(Designated Router) 및 BDR(Backup Designated Router)을 인위적으로 지정하여서 네트워크 망을 운용하는 것이다.

## III. 문제점 분석 및 제안하는 OSPF

### 3.1 기존 기법의 문제점 분석

OSPF 라우팅 프로토콜은 유선 인터넷망에서 사용하기 위하여 고안된 프로토콜이다. 따라서 무선 네트워크 통신 중에 고려되어야 할 사항들이 고려되어 있지 않다. 첫째로 OSPF 비용함수가 무선 전술환경에 부적합하다. 데이터 전달 요청을 받은 라우터는 최적의 경로를 계산하고 다음 경로의 다음 라우터에게 데이터를 전달한다. 이 때 라우터는 자신이 가진 라우팅 테이블에의 비용을 기반으로 경로를 결정한다.

$$cost = \frac{reference\ bandwidth}{transmission\ speed} \quad (2)$$

위 식<sup>5)</sup>은 OSPF 라우터가 테이블의 비용을 계산하기 위하여 사용하는 식이며, 트래픽이 발생하는 source로 부터 트래픽을 받는 destination까지의 경로의 비용을 합을 더하여 가장 비용이 적은 경로를 선택하는 방식이다. 분자인 reference bandwidth는 해당 링크가 사용 할 수 있는 최대 대역폭이며, transmission speed는 요청된 트래픽의 전송 속도이다. 이와 같은 비용 계산 공식에는 무선 전술 통신 발생되는 요인들에 대한 파라미터가 고려되지 않았다. 무선 네트워크 환경에서 데이터 전송 시 회절이나 페이딩 등의 현상이 일어나는데 이러한 현상은 신호의 크기를 저하시키는 요인이 된다. 저하된 신호는 재전송을 요구하며 전체적인 트래픽의 delay를 증가시킨다. 또한 다른 통신 신호에 의한 간섭이나 전술 통신망을 방해하기 위한 재밍 신호에 의하여 BER(bit error rate)가 증가하면 수신기는 재전송을 요구하여야 한다. 만약 기존의 OSPF를 그대로 무선 네트워크에 적용 시 BER에 의한 성능저하는 비용함수를 계산하는 파라미터에 포함되어 있지 않아 BER이 높은 루트를 사용하게 되더라도 루트가 재설정되어 지지 않고 상태가 열화된 링크 사용을 지속한다. 둘째로 OSPF 메커니즘 자체에 무선 전술 환경에 대비한 링크 상태 모니터링 메커니즘이 고려되지 않았다. OSPF는 유선망에서 사

용하기 위한 프로토콜이므로 설계 시 링크의 상태를 fail과 recovery로 나누어서 운용한다. 그래서 링크의 fail과 recovery가 발생 될 때에만 토폴로지의 변화를 인식하여 LSA를 전파하고 테이블을 수정한다. 그러나 무선 링크의 상태는 fail과 recovery처럼 링크의 극단적인 연결 외에도 다양한 링크의 상태가 존재한다. 재밍이나 간섭 등의 주위 환경에 따라 링크의 상태는 매우 다양하다. 이에 무선 전송 환경에 사용될 OSPF는 이러한 점이 고려되어야 한다<sup>6)</sup>.

### 3.2 능동적인 OSPF 라우팅 프로토콜

#### 3.2.1 OSPF 비용 함수

무선 전송 환경에서 운용되어지는 라우팅 프로토콜의 경우 무선 환경의 변수를 잘 반영해야 할 뿐 아니라 환경의 특성상 전송환경도 적절하게 반영해야만 한다. 또한 TICN은 군용 응용 서비스 즉 VoIP의 유무선 음성통화, 실시간 및 비실시간의 유무선 IP 데이터 전송과 보안 서비스 등을 지원한다. 이러한 서비스는 실시간 응용 서비스이므로 QoS 지원이 중요한 사항이 된다. 이러한 사항들을 적절하게 반영하기 위하여 제안하는 OSPF의 비용함수는 다음과 같은 파라미터들로 구성된다.

첫째, 기존의 OSPF에서 비용함수 계산 시 사용되는 reference bandwidth/transmission bandwidth로 정의한다. Reference bandwidth는 TICN 전달망 환경에서 기반 전송 라우터 간 무선링크 대역폭인 45Mbps로 반영한다. Transmission speed는 데이터의 전송 속도를 나타내는데 이는 상용중인 OSPF와 마찬가지로 링크의 대역폭을 이용하여 비용함수를 계산하기 위해서이다.

둘째, 네트워크의 초기화 이후 각각 라우터의 unused time과 busy time의 비를 비용함수 파라미터 항목에 추가하였다. Unused time의 판단 기준은 해당 전송 라우터의 throughput이 500kbps 이하인 시간의 합으로 계산된다. Unused time 대 busy time의 비율은 실질적인 전송 라우터의 데이터 네트워크의 기여도를 나타내는 것으로도 볼 수 있는데 기여도가 적은 라우터를 비용을 적게 계산하여 사용하므로 전체적인 네트워크내의 라우터들의 활용도를 높일 수 있다. 이는 라우팅 경로로 선택되어질 가능성 있는 전송 라우터 중에서 혼잡하지 않은 라우터를 우선적으로 선택할 수 있기 때문이다. 데이터의 흐름이 혼잡하지 않은 라우터를 선택하여 데이터를 전송하는 것은 dealy를 줄일 수 있는 효과적인 방법이다. 또한 전송 라우터의

부하를 분산시켜 TICN망의 전송 라우터들의 활용도를 높일 수 있다.

셋째, 전송 환경을 적절하게 반영하기 위하여 링크의 종류에 따른 가중치를 비용함수 계산을 위한 파라미터로 정의한다. 전송 트래픽은 크게 기반링크와 인터링크를 거쳐서 전송이 되는데 이러한 링크들의 최단 경로를 거치기 위하여 최소 가중치 합을 경로로 선택하게 된다. 그림 1의 환경의 링크 가중치가 a라면, 링크의 가중치가 2a인 B 경로가 사용된다. 링크 가중치를 더하는 이유로는 기반노드의 이동시 사용자는 두 기반노드로 부터 서비스를 받을 수 있게 되는데 이러한 경우 최단의 경로를 찾기 위해서이다.

마지막으로 링크의 평균 BER을 파라미터로 정의한다. 실제로 무선 네트워크 환경에서의 전송 시 페이딩이나 간섭에 의하여 BER이 높아지고 수신된 패킷을 처리할 수 없는 경우 destination은 source에게 재전송을 요구한다. 이에 무선 전송 라우팅 비용함수 계산 시에는 평균 BER을 염두에 두어야 한다. 평균 BER이 낮은 링크는 재전송이 적으므로 라우팅 경로 결정시 선택되어야 한다. 따라서 비용함수 계산 시 링크의 평균 BER을 포함하였다.

위와 같은 네 가지 항목은 크게 가변비용과 고정비용으로 분류될 수 있다. 가변비용은 평균 BER과 라우터의 unused time과 busy time의 비를 포함하며, 고정비용에는 전송 링크의 가중치와 reference bandwidth/transmission bandwidth, 즉 상대적인 전송 속도를 포함할 수 있다. 다음의 식은 제안하는 OSPF의 비용함수이다.

$$fixed\ cost = relative\ transmission\ speed + link\ weight \quad (3)$$

$$variable\ cost = router\ utilization + average\ BER \quad (4)$$

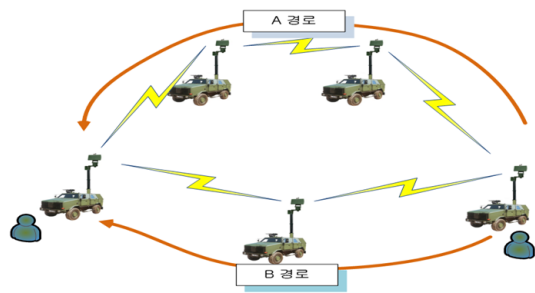


그림 1. 전송 링크 가중치

$$\begin{aligned}
 \text{cost} &= \text{fixed cost} + \text{variable cost} \\
 &= \frac{\text{reference bandwidth}}{\text{transmission speed}} + \alpha \\
 &\quad + \log_a \frac{\text{busy time}}{\text{unused time}} + \log_b (\text{average BER})
 \end{aligned} \tag{5}$$

( $0 < a, b < 1$ 인 정수,  $\alpha$ 는 링크가중치)

$\alpha$ 는 링크의 특성을 반영하는 가중치이다. Log의 밑인 a, b는 가변적으로 조절함으로써 각 파라미터 값 변화에 따라 비용함수에 반영되는 값을 결정할 수 있다. 로그 함수의 밑 값을 조정하여 파라미터 값의 변화에 따라 반영되는 값을 결정할 수 있다. 라우팅 경로로 결정시 a와 b의 값을 상대적으로 다르게 설정함으로써 해당 로그함수의 진수가 비용함수에 기여하는 정도를 조절 할 수 있다. TICN망 구축 이후의 군통신 정보유통량은 전장 감시체계 및 무인 정찰기를 통한 동화상 유통에 의하여 유통량의 대폭 증가가 예상되며 군단-사단 링크는 경우에 따라 8-48Mbps, 사단-연대 급의 경우 4-22Mbps가 예상된다<sup>7)</sup>. 이는 링크 대역폭의 비가 1-10 정도가 됨을 의미하며 다른 파라미터들도 비슷한 수준으로 맞추어야 상호 영향을 미치므로 a, b의 값은  $0 < a, b < 1$ 이 적절하다. 그리고 링크의 가중치도  $1 < \alpha < 5$ 로 정의해야한다.

기본비용, 데이터의 전송속도와 링크의 특성을 나타내는  $\alpha$ , 라우터의 혼잡시간 대비 유희시간 그리고 링크의 평균 BER을 비용함수 계산 시 반영하게 되면 무선네트워크의 특성상 발생 가능한 페이딩이나 간섭에 의한 네트워크의 성능저하를 방지할 수 있다. 뿐만 아니라 QoS를 지원해야하는 데이터를 위하여 링크 상태가 상대적으로 좋은 라우터를 경우하게 하여 서비스를 제공하므로 OSPF 전송 라우팅에 적용하기에 알맞은 비용함수라 할 수 있다.

### 3.2.2 링크 상태 모니터링 패킷

그림 2는 OSPF 라우팅 프로토콜의 Hello 패킷 포맷을 나타내었다. Hello 패킷의 option 필드는 라우터의 종류에 따라 선택적으로 지원되는 기능에 대한 정보를 내리는 부분이다.

DC(demand circuit capabilities), EA(external attribute), MC(multicast OSPF) 등의 포맷이 정의되어 사용된다. Option 필드의 첫 번째 비트는 현재 사용되지 않는 부분이다. Option 필드의 첫 번째 비트를 사용하여 전송 경로상의 라우터의 네트워크의 상황을 모니터링 할 수 있다. 라우터는 수신된 Hello 패킷을 통하여 이웃 라우터의 링크 상태를 모니터링이 가능하다. 전송 라우터는 평상시 option 필드의 첫 번째 비

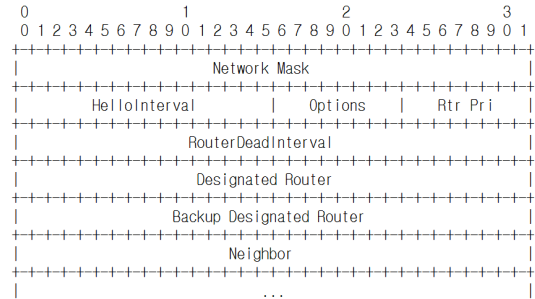


그림 2. Hello 패킷 구조

*	0	DC	EA	N/P	MC	E	T
---	---	----	----	-----	----	---	---

그림 3. Hello 패킷의 option 필드

트를 0으로 설정하여 보내게 되지만, 가장 최근에 갱신된 링크의 BER과 현재 사용하는 링크의 BER의 차이가 임계값보다 크다면 1로 보내게 된다. 만약 BER이 지속적으로 높아지게 되면 라우터는 option 필드의 첫 번째 비트의 값을 1로 설정하여 보낸다. 임계값의 설정이 작을수록 링크 상태 모니터링에 대한 민감도가 커지게 되며, 라우터는 이웃 라우터로부터 도착하는 Hello 패킷 중 링크 상태 모니터링의 값이 지속적으로 1로 수신이 되면 해당 라우터의 링크의 사용 여부를 데이터 전송 도중 결정할 수 있게 된다. 또한 임계값을 실시간으로 가변적으로 크게 하면 링크의 상황이 크게 떨어지는 경우에 더욱더 능동적으로 반응할 수 있다. 링크 상태 모니터링 시에 option 필드를 사용하므로 모니터링에 필요한 추가적인 패킷 전송이 필요하지 않다. 이는 어떠한 추가 기회비용 없이 네트워크의 상황을 모니터링 하여 능동적으로 반응할 수 있음을 말한다.

## IV. 성능평가

### 4.1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션은 라우팅 프로토콜의 성능을 측정하기 위하여 기존의 OSPF와 제안하는 OSPF를 수행하였다. 우선 OSPF가 운용되어지는 환경은 전송환경으로 전송망의 사용자는 달말기를 이용하여 액세스 노드를 통하여 통신망에 접속하며 액세스 노드는 기반노드에 연결된다. 기반노드는 다른 기반노드와의 통신을 통하여 사용자가 원하는 목적지까지 트래픽을 전달하게 된다. 기반노드는 실제 전송망에서 HCTR을 사용하여 point-to-point 링크를 형성하며 통신하는데, 다양한 주

파수 대역을 선택하여 최대 45Mbps의 대역폭을 사용하며, X-대역(8~12GHz)에서 대전자전 능력의 대용량 데이터 전송이 가능하다. 이러한 환경을 반영하기 위하여 기반노드는 동서남북 방향의 이웃기반노드들과의 point-to-point 연결을 하였다. 시뮬레이션에 사용되는 노드의 간격을 1Km이며 4\*4의 격자구조로 16개의 기반노드로 구성된다. 기반노드가 운용되어지는 라우팅 프로토콜은 OSPF으로써 가장 자주 이용되는 version 2이다. 시뮬레이션 시 구축한 토폴로지는 그림 4과 같다. 북서방향의 진출망 이용자는 남동쪽의 server와 통신을 하기위하여 CBR을 트래픽을 발생시키며 OSPF의 Hello 프로토콜을 통한 네트워크 구축 이후 발생된다. 시뮬레이션은 matlab과 Ns-2를 사용하여 검증하였다.

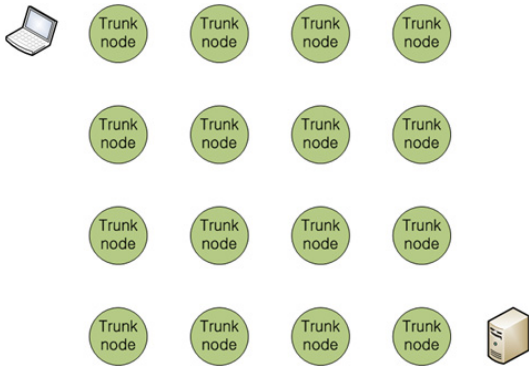


그림 4. 시뮬레이션 토폴로지

표 1. 시뮬레이션 파라미터.

Item	Value
라우팅 프로토콜	OSPF version 2
기반 노드 개수	16
Traffic	CBR
Rate	10Mbps
Jamming node	1

4.2 실험 I : 재밍 신호 방해에 의한 경로 변경

재밍 신호에 의한 OSPF의 성능의 변화와 경로 변경을 시뮬레이션 하였다. 진출망의 이용자는 지리적으로 멀리 떨어진 단말기에게 트래픽을 보내기 위하여 기반노드에 데이터전송을 요청하게 된다. OSPF에 의하여 운영되는 기반노드는 요청받은 데이터를 라우팅 테이블에 근거하여 경로를 결정하게 되며 경로에 속

하는 다음 기반노드에게 데이터를 넘겨준다. 이러한 과정은 목적 단말기에 근접한 기반노드까지 반복되며, 목적 단말노드에 근접한 기반노드는 도착한 데이터를 해당 단말기에게 전송하여 주므로 데이터는 정상적으로 전달된다. 그러나 전달 과정 중 재밍 신호가 데이터 전달 경로에 발생하여 throughput가 저하되는 영향을 준다. 그림 5와 같이 기존의 OSPF는 재밍 신호에 의한 throughput이 저하되어도 기존 비용함수에 영향을 주지 않아 그 경로가 바뀌지 않아, throughput이 저하된 상태로 그대로 유지된다. 그러나 제안하는 OSPF는 재밍 신호에 의하여 BER이 상승된 지역의 링크를 모니터링 하여 경로를 재설정하게 되며, 재설정된 경로에 의하여 throughput이 회복된다. 네트워크의 설립 이후 90초에 트래픽의 요청이 시작되며 120초에 재밍 신호에 의하여 throughput이 저하되지만 제안하는 OSPF는 경로 재설정으로 인하여 회복되어짐을 볼 수 있다. 그림 6은 시뮬레이션에서 경로 재설정 과정을 보여 준다.

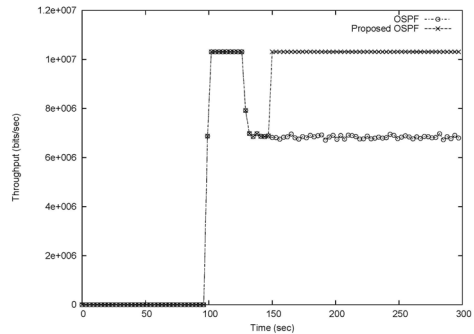


그림 5. throughput 회복

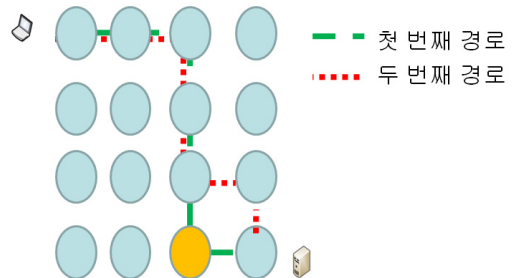


그림 6. 경로 변경

4.3 실험 II: 누적 딜레이

동일한 기반노드에서 시작하지만 각각 다른 시각에

트래픽 발생 요청이 생길시 제안하는 OSPF는 두 번째 트래픽의 경로 설정 시 재 정의된 비용에 의하여 새로운 경로로 트래픽을 전송하게 되므로 부하가 분산되어지는 장점이 있다. 그림 7는 80초와 120초에 같은 기반노드로 접속하여 같은 목적 노드까지 전송되는 상황에서의 throughput을 나타내었다. 두 트래픽이 정상적으로 전달되어짐을 알 수 있다. 그러나 기존의 OSPF는 경로 겹침 현상이 있어서 전체적인 dealy 측면에서 저하되는 단점이 있다. 그러나 제안하는 OSPF는 라우터의 이용률을 비용을 정하는 파라미터로 설정하여 이전의 트래픽전송 시 사용되는 라우터의 사용을 피하게 된다. 따라서 새로운 경로를 결정하게 되고, 누적 dealy 측면에서 이득을 보게 된다. 누적 dealy는 다음과 같은 식으로 계산하였으며, 그림 8는 기존의 OSPF와 제안하는 OSPF와의 누적 dealy를 비교한 그림이다.

$$\text{Accumulative dealy ratio} = \frac{\text{delay}_{OSPF} - \text{delay}_{Proposed OSPF}}{\text{delay}_{OSPF}} \quad (6)$$

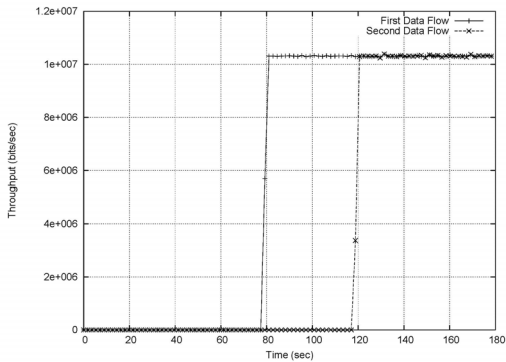


그림 7. 두개의 트래픽 발생

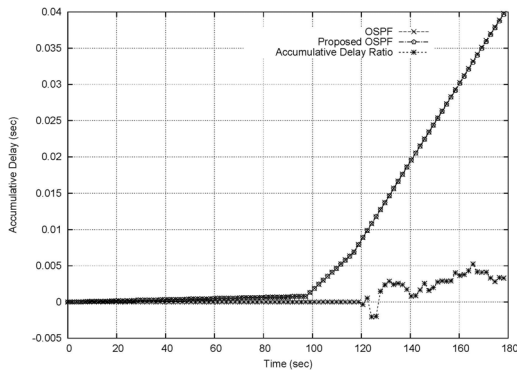


그림 8. 누적 dealy

#### 4.4 실험 III: 차등적 Hello time interval

Hello 패킷은 트래픽의 전송요구와 관계없이 OSPF에 의하여 운용되어지는 라우터라면 주기적으로 발생시켜야 할 필수적인 패킷이다. 기존의 OSPF는 10초를 기본 값으로 하여 주기적으로 Hello 패킷을 전송시킨다. 그러나 네트워크의 전체적인 측면에서 잦은 Hello 패킷의 전송은 네트워크의 자원 낭비를 초래하게 되어, Hello time interval은 신중하게 고려되어야 한다. 그림 9는 Hello time interval을 5, 10, 15, 20초로 차등을 두어 적용시켜 발생하는 평균 Hello 패킷 발생량을 나타낸 그림이다. 물결모양의 throughput 중 peak가 time interval 간격으로 발생하는 것을 볼 수 있다.

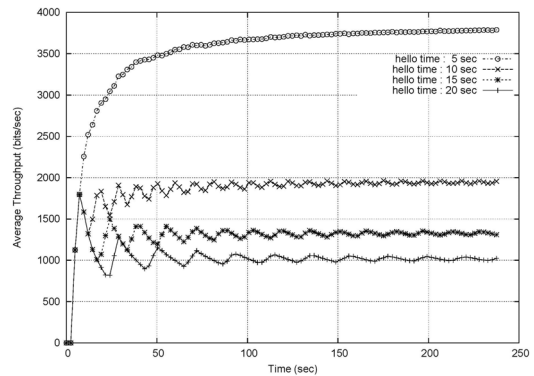


그림 9. 평균 Hello 패킷 throughput

## V. 결 론

본 논문에서는 TICN 구축 시 고려되고 있는 전술 라우팅에 대한 연구동향을 살펴보고, 무선 전술 환경에 적합한 OSPF에 대하여 제안하였다. 비용 함수에 무선 전술 환경을 반영하는 파라미터를 추가하므로 기존의 OSPF의 무선 네트워크 적용 시 발생하는 문제점을 해결할 수 있었다.

제안하는 OSPF의 재정의 된 비용함수에는 상대적인 전송 속도, 링크의 가중치, 라우터의 이용률, 평균 BER의 파라미터로 구성되어 있다. 추가된 파라미터로 인해 기존의 OSPF와 마찬가지로 최소한의 거리로 라우팅이 이루어지게 하였으며, 트래픽의 부하를 분산시키고, BER이 낮은 상태가 좋은 링크를 선점하여 경로를 선택할 수 있게 하였다. 또한, OSPF 운용 시 필수적으로 사용되는 Hello 패킷의 헤더를 개선하여 주기적으로 링크의 상태를 모니터링 할 수 있도록 하였

