

무선 전술 백본망을 위한 OSPF 프로토콜 수정 방안

성윤영, 국성숙, 장문정, 이미정
이화여자대학교 컴퓨터공학과
e-mail:syy83@ewhain.net

A Study on modifying OSPF protocol for wireless tactical backbone networks

Yoon-Young Sung, Sung-Sook Kook, Moon-Jeong Chang, Mee-Jeong Lee
Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

요 약

최근, 우리 군에서는 무선을 기반으로 하는 차세대 전술통신 체계인 전술 종합 정보 통신 체계 (TICN: Tactical Information Communication Network) 구축 사업을 진행하고 있다. 이 시스템의 백본 역할을 수행하는 TICN 전달망에서의 라우팅 알고리즘은 기존 인터넷에서 사용 중인 표준 라우팅 알고리즘과는 다른 특성이 요구된다. 즉 무선 전술 링크의 특성 및 재밍 등의 영향으로 링크 상태가 불안정한 상황에서도 생존성과 안정성이 요구되는 군 전술망 환경에 적합하여야 하며, TICN 전달망의 자원 효율성도 최대화할 수 있어야 한다. 그러므로 본 논문에서는 기존의 인터넷 표준 라우팅 프로토콜들 중에서 네트워크 상태변화에 신속하게 대처할 수 있으며, 이미 널리 사용되고 있는 OSPF 프로토콜을 TICN 전달망에 적합한 라우팅 프로토콜이 되도록 수정하고자 한다. 이를 위해 라우팅 프로토콜의 대상 네트워크가 유선망에서 무선 전술 백본망으로 변경됨에 따라 튜닝될 필요가 있는 프로토콜 파라미터들을 추출하고, 시뮬레이션을 통해 추출한 파라미터들의 값들을 튜닝하고자 한다.

1. 서론

전술 통신 환경은 기존의 상용 통신시스템과 달리 지형제한이 있는 다양한 통신 환경에서 생존성, 이동성, 신뢰성 있는 통신을 요구한다. 또한 고정된 기간 시설이 없는 전장의 통신 환경을 극복할 수 있도록 무선 통신 체계와 전술노드¹⁾ 체계의 구축이 필요하다[1].

최근 우리 군에서는 차세대 전술통신 체계인 전술 종합 정보 통신 체계 (TICN: Tactical Information Communication Network) 구축 사업을 진행하고 있다. TICN 사업은 현재 육군에서 운영 중인 SPIDER 전술통신체계와 전투무선망을 2013년부터 대체해 고속, 대용량, 원거리, 무선 중계 전송으로 발전시키기 위한 사업으로 다원화된 군 통신망을 일원화하고 다양한 전장 진보를 적시 적소에 실시간으로 전달해 정확한 지휘통제 및 의사결정을 가능하게 하는 미래형 군 전술 종합 정보 통신 체계이다. TICN에서는 기존의 응용서비스²⁾는 물론 각종 멀티미디어 데이터 자료들³⁾에 대한 서비스를 제공한다.

전체 시스템의 백본 역할을 수행하는 TICN 전달망은 가시거리 무선 전송링크로서 대부분 및 소부대의 부대노

드 간의 장·단거리 연결을 제공하고, 사단을 기본 망으로 하여 기본 망을 상호 연결하여 군단 단위로 확장한다[2]. 이러한 TICN 전달망 시스템에서 핵심적인 기반 기술이 라우팅 알고리즘이다. TICN 전달망에서의 라우팅 알고리즘은 기존 인터넷에서 사용 중인 표준 라우팅 알고리즘과는 다른 특성이 요구된다. 즉 무선 전술 링크의 특성과 재밍 혹은 지형적인 영향으로 링크 상태가 불안정한 상황에서도 생존성과 안정성이 요구되는 군 전술망 환경에 적합하여야 하며, TICN 전달망의 자원 효율성도 최대화할 수 있어야 한다. 그러므로 본 논문에서는 기존의 인터넷 표준 라우팅 프로토콜들 중에서 네트워크 상태변화에 신속하게 대처할 수 있으며, 이미 널리 사용되고 있는 OSPF (Open Shortest Path First)[3]를 TICN 전달망에 적합한 라우팅 프로토콜이 되도록 수정하고자 한다. 이를 위해 라우팅 프로토콜의 대상 네트워크가 유선망에서 무선 전술 백본망으로 변경됨에 따라 튜닝될 필요가 있는 프로토콜 파라미터들을 추출하고, 시뮬레이션을 통해 추출한 파라미터들을 튜닝하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 튜닝이 요구되는 OSPF 프로토콜 파라미터들에 대하여 설명한다. 3장에서는 시뮬레이션을 통한 프로토콜 파라미터 튜닝절차를 설명하고, 실험결과를 분석한다. 마지막으로 4장에서 결론 및 향후 계획에 대해 기술한다.

2. 튜닝이 필요한 OSPF 프로토콜 파라미터들

IGP (Interior Gateway Protocol)인 OSPF는 링크-상태 라

1) 상용 통신의 중계기에 해당하는 것으로 전장 환경에서 통신의 사각지역을 해결하는 역할을 수행한다.
2) 기존의 음성, VoIP의 유무선 음성통화, 실시간 및 비실시간의 유무선 IP 데이터 전송과 보안 서비스 등
3) 회의 통화 무선방송, 각종 응용 체계들의 데이터 전송 및 위치보고 시스템, SMS, 화상회의, E-mail, 정지화상, 동영상 등

*본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2008-(C1090-0801-0036))

우팅 알고리즘을 사용하는 대표적인 인터넷 표준 라우팅 프로토콜이다. 따라서 OSPF는 기존 RIP (Routing Information Protocol)와 같은 거리-벡터 라우팅 알고리즘을 사용하는 라우팅 프로토콜보다 상대적으로 네트워크 변화에 신속하게 대응할 수 있으며, 확장성이 좋기 때문에 대규모 네트워크에 적합하다. 이러한 OSPF는 처음부터 유선망을 고려하여 디자인된 프로토콜로 OSPF 프로토콜 파라미터들의 값들은 모두 유선망에 최적화되어 있다.

TICN 전달망은 무선 링크들로만 구성되어 있을 뿐만 아니라 Jamming 등으로 인해 무선링크의 상태가 실시간으로 변화하는 특징을 가지고 있다. 이러한 특징은 네트워크 내 무선 링크가 끊어지거나 라우터가 다운되는 경우에 발생하는 OSPF 네트워크 수렴 시간에 영향을 미친다. OSPF 네트워크 수렴 시간은 다음 3 가지 시간의 합으로 계산된다.

- (1) 다운된 라우터를 발견하는데 걸린 시간
- (2) 경로 테이블이 변경되는 경우 이 변경 사항을 네트워크 전체에 전파하는데 걸리는 시간
- (3) 라우터가 네트워크 토폴로지의 변화를 감지한 직후부터 경로 테이블을 계산할 때까지 걸리는 시간

먼저, (1)은 Hello 주기와 Router dead 주기에 영향을 받는다. OSPF에서 Hello 메시지는 인접 라우터를 발견하고 그 라우터들과 연결을 수립하고 유지하는 역할을 수행하며, 각 라우터는 Hello 주기마다 Hello 메시지를 인접 라우터들에게 전송한다. 그리고 각 라우터는 Router dead 주기 동안 임의의 한 인접 라우터로부터 Hello 메시지를 수신하지 못하면 그 인접 라우터를 다운된 것으로 간주한다. 따라서 Hello 주기와 Router dead 주기를 짧게 설정할수록 다운된 라우터를 조금 더 빨리 발견할 수 있으나, 제어 오버헤드 패킷수가 증가하게 되고 이로 인해 자원(대역폭) 활용률이 낮아지게 된다. 또한 유선망에 비해 상대적으로 오류율이 높은 무선 링크의 특성으로 인해 실제로는 라우터가 다운되지 않았으나 Hello 메시지의 손실로 인해 라우터가 다운된 것으로 인식되는 False router down이 발생할 수 있다. 이는 Hello 주기와 Router dead 주기를 짧게 설정할수록 발생빈도가 높아진다.

(2)는 LSU (Link State Update) 재전송 주기에 영향을 받는다. OSPF에서 각 라우터는 자신의 링크 혹은 인접 라우터의 상태 변화를 감지하면, 이를 LSU 메시지를 통해 자신이 속한 네트워크의 다른 라우터들에게 전파한다. 이 LSU 메시지는 신뢰성 있는 전송을 보장받기 때문에 LSU 메시지를 전송한 라우터는 일정 시간 동안 전송한 LSU 메시지에 대해 ACK 메시지를 기다리며, ACK을 받지 못하는 경우 LSU 메시지를 재전송한다. 그러므로 LSU 재전송 주기가 짧아질수록 네트워크 내에서 발생한 변화를 네트워크 전체에 전파하는데 걸리는 시간은 짧아질 수 있다.

마지막으로 (3)는 SPF (Shortest Path First) 지연시간과 SPF 유지시간에 영향을 받는다. OSPF에서 SPF 지연

시간은 첫 LSU 메시지를 수신한 후 경로 테이블을 계산하기까지의 시간을 의미하며, SPF 유지시간은 성공적으로 경로 테이블을 계산한 후, 다음 경로 테이블을 계산할 때까지의 시간을 의미한다. 즉 OSPF 라우터는 첫 LSU 메시지를 수신한 후 SPF 지연시간만큼 기다린 후 경로 테이블을 계산하며, 이 이후로는 SPF 유지시간의 주기를 가지고 경로 테이블을 계산한다. 그러므로 네트워크 토폴로지가 매우 동적으로 변하는 경우 이 두 파라미터 값을 짧게 설정할수록 변경된 토폴로지의 빠른 감지 및 빠른 경로 테이블 갱신으로 적합하게 대처할 수 있다. 그러나 네트워크 토폴로지가 거의 변하지 않는 경우에도 이 두 파라미터 값을 짧게 설정한다면 불필요한 경로 테이블 계산을 자주하게 되어 오히려 제어 오버헤드 패킷 수만 증가시키는 결과를 초래할 수도 있다.

종합적으로, TICN 전달망 환경에 적합한 OSPF 프로토콜 파라미터들(Hello 주기, Router dead 주기, SPF 지연 시간 및 유지시간, LSU 재전송 주기)의 값을 설정하기 위해서는 제어 오버헤드(자원 효율성)와 OSPF 네트워크 수렴시간 혹은 서비스 품질과의 tradeoff를 반드시 고려해야 한다.

3. OSPF 튜닝을 위한 시뮬레이션 환경 및 결과 분석

3.1 시뮬레이션 환경

2장에서 추출한 5개의 OSPF 프로토콜 파라미터 값을 TICN 전달망에 적합하게 튜닝하기 위해 OPNET Modeler 14.5를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 본 실험에서는 전시 상황에서 전술 라우터가 다운되는 경우는 없다고 가정한다. 시뮬레이션 네트워크 모델은 그림 1에서 보는 것처럼 TICN 전달망을 모델링한 것으로 30개의 라우터가 44Mbps의 point-to-point 링크를 통해 격자로 연결된 네트워크이다. 한편 VoIP는 전장에서 전술 작전을 수행하는데 있어 가장 중요하게 고려되는 군용 응용 서비스이기 때문에 본 실험에서는 응용 서비스로 VoIP를 고려한다.

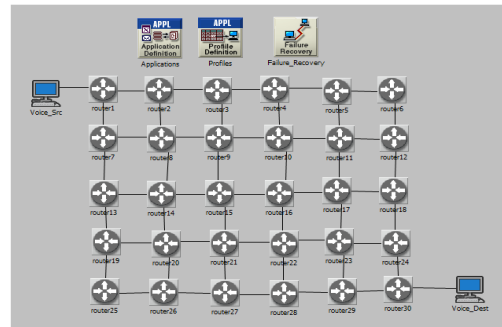


그림 1 시뮬레이션 네트워크 모델

OSPF 프로토콜 파라미터 튜닝을 위한 성능측정치로서 VoIP를 서비스하는 동안의 제어 패킷 오버헤드를 측정하였다. 본 실험에서는 VoIP 서비스 품질을 판단하기 위

한 중단 간 지연시간과 지터에 대한 성능분석은 하지 않는다. 그 이유는 본 실험에서 가장 성능이 좋지 않은 경우 (중단 간 지연시간: 약 0.06초, 지터: 0.3msec)에도 VoIP를 고품질로 서비스하기 위해 요구되는 중단 간 지연시간 (0.15초)과 지터(1msec)를 만족하기 때문이다[4, 5]. 또한 본 실험에서는 400초의 시뮬레이션 시간 동안 임의의 링크를 끊었으며, 이와 같은 실험을 20번한 평균값을 성능 측정치로 측정하였다.

본 실험의 시뮬레이션 파라미터로 2장에서 추출한 5개의 프로토콜 파라미터들의 값을 변경시켜 보았다. Hello 주기와 Router dead 주기를 먼저 튜닝한 후, 튜닝된 Hello 주기와 Router dead 주기에 대해서 SPF 지연시간과 유지시간, 그리고 LSU 재전송 주기를 튜닝 하였다. 2장에서 설명한 바와 같이 Hello 주기와 Router dead 주기는 다운된 라우터를 발견하는데 걸리는 시간과 관련이 있으며, 이는 라우터가 자신의 인접 라우터가 다운됨을 감지한 후 발생하는 동작(경로 테이블을 갱신하고 갱신된 내용을 LSU 메시지를 통해 네트워크 전체에 전파하는 절차)과는 독립적이다. 그러므로 Hello 주기와 Router dead 주기는 다른 세 파라미터들과는 독립적으로 튜닝이 가능하며, 본 실험에서는 이를 우선적으로 튜닝 하였다.

3.2 결과 분석

3.2.1 Hello 주기와 Router dead 주기 튜닝

본 실험에서 고려하는 TICN 전달망에서는 전술 라우터가 다운되는 경우가 없으므로 인접 라우터의 다운을 감지하기 위한 Hello 주기와 Router dead 주기는 튜닝할 필요가 없는 파라미터로 인식될 수도 있다. 그러나 Hello 메시지는 초기 네트워크 토폴로지를 구성하는 경우와 끊어진 링크가 복구되는 경우에 필요하기 때문에 Hello 메시지에 대한 적절한 주기를 설정하는 것이 필요하다. 이 때 Hello 주기는 응용 서비스의 서비스 품질에 영향을 미치는 요소가 아니기 때문에 가능한 한 제어 패킷 오버헤드가 작아질 수 있도록 이 주기를 설정해야 한다. 또한 Hello 메시지가 손실 없이 전달된다면 Router dead 주기 동안 Hello 메시지를 수신하지 못하는 경우는 발생하지 않지만, 오류율이 높은 무선링크에서는 Hello 메시지의 연속된 손실이 발생할 확률이 높아 False router down이 발생할 수 있으므로 Router dead 주기는 False router down이 발생하지 않을 정도의 충분히 큰 값으로 설정해야 한다. 그러므로 본 실험에서는 시뮬레이션 파라미터로서 Hello 주기를 10~20초로, Router dead 주기를 각 Hello 주기의 4~20배로 각각 변경시켜 보았다⁴⁾.

그림 2는 Hello 주기와 Router dead 주기를 변경시켜 보면서 제어 패킷 오버헤드를 측정된 결과를 보인 것이다. 이 때 SPF 지연시간과 유지시간, 그리고 LSU 재전송 주

기는 기존 OSPF에서의 기본 값인 5초, 10초, 5초로 설정하였다. 그림 2에서 보는 것처럼 Hello 주기와 Router dead 주기가 길어질수록 제어 패킷 오버헤드가 작아짐을 볼 수 있다. 이는 Router dead 주기가 길어짐에 따라 False router down가 발생하는 확률이 줄어들고, Hello 주기가 길어질수록 네트워크 내에 발생하는 Hello 패킷 수가 줄어들기 때문이다. 특히, False router down가 발생하면 이를 감지한 라우터는 LSU 메시지를 인접 라우터들에게 플러딩하고, False router down가 발생했다고 간주되었던 라우터로부터 다시 Hello 메시지를 수신하면 그 라우터는 다시 LSU 메시지를 인접 라우터들에게 플러딩한다. 따라서 불필요한 LSU 메시지가 생성되어 네트워크 내에 전파됨으로써 제어 패킷 오버헤드는 커지게 된다.

그림 2에서 보듯이 Router dead 주기가 Hello 주기의 8배 이상이 되면 제어 패킷 오버헤드의 크기가 거의 비슷함을 알 수 있다. 이는 False router down가 Hello 주기의 8배 이상이 되면 거의 발생하지 않아 불필요한 LSU 메시지가 전송되지 않기 때문이다. 한편 Router dead 주기가 Hello 주기의 8배 이상인 경우, Hello 주기가 길어질수록 제어 패킷 오버헤드의 크기가 매우 조금씩 작아짐을 볼 수 있다. 이는 Hello 주기가 길어질수록 네트워크 내에 발생하는 Hello 패킷 수가 줄어들기 때문이며, 이를 통해 Hello 주기가 20초 이상 커질수록 제어 패킷 오버헤드의 크기는 조금씩 줄어들 것을 예상할 수 있으며, 이 차이는 매우 작은 양이므로 무시할 수 있다.

종합적으로, 본 실험을 통하여 Hello 주기와 Router dead 주기를 각각 20초, 400초로 설정하면 TICN 전달망에 적합한 것으로 결과를 도출할 수 있었다.

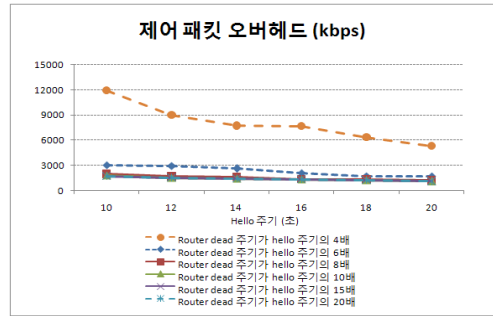


그림 2 Hello 주기와 Router dead 주기 변화에 따른 제어 패킷 오버헤드

3.2.2 LSU 재전송 주기 튜닝

LSU 재전송 주기는 2장에서 설명한 바와 같이 경로 테이블이 변경되는 경우 이 변경 사항을 네트워크 전체에 얼마나 빨리 전파할 수 있는가를 좌우하는 파라미터이므로 라우터가 네트워크 토폴로지의 변화를 감지한 직후부터 경로 테이블을 계산할 때까지 걸리는 시간과 관련된 SPF 지연시간 및 유지시간과는 독립적으로 튜닝 할 수 있다.

4) 기존 OSPF에서 Hello 주기의 기본 값은 10초이고, Router dead 주기의 기본 값은 Hello 주기의 4배인 40초이다.

그림 3과 그림 4는 LSU 재전송 주기를 1~5초로 변경시켜 보면서 VoIP 서비스의 패킷 손실률과 제어 패킷 오버헤드를 측정한 결과를 보인 것이다. 이 때, Hello 주기와 Router dead 주기는 3.2.1절에서의 결과인 20초, 400초로 각각 설정하였고, SPF 지연시간과 유지시간은 기존 OSPF에서의 기본 값인 5초와 10초로 설정하였다. 즉 본 실험에서는 기존 OSPF⁵⁾에서보다 LSU 전파시간을 단축시켜 봄으로써 이에 따른 VoIP 성능과 제어 패킷 오버헤드의 성능을 비교·분석하고자 한다.

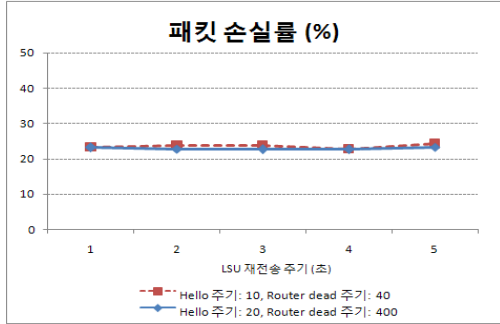


그림 3 LSU 재전송 주기 변화에 따른 패킷 손실률

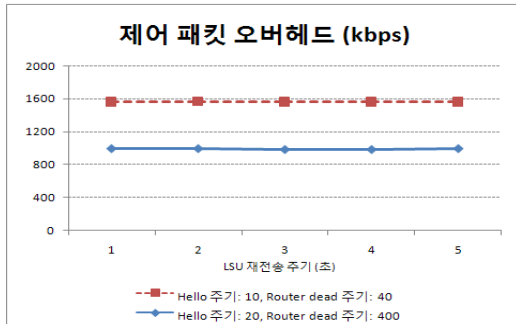


그림 4 LSU 재전송 주기 변화에 따른 제어 패킷 오버헤드

그림 3과 그림 4에서 보듯이 LSU 재전송 주기의 변화에 관계없이 VoIP서비스의 패킷 손실률과 제어 패킷 오버헤드는 거의 비슷함을 볼 수 있다. 네트워크 내의 한 라우터가 토폴로지 변화를 감지하고 LSU를 전송하게 되면, 이 LSU는 네트워크 전체에 전파되는데 TICN 전달망이 격자 네트워크로 구성되어 있으므로 대부분 TICN 전달망 내의 라우터들은 동일한 LSU를 4번 수신하게 된다. 따라서 라우터에 연결된 한 링크에서 LSU가 손실된다 할지라도 이 라우터에 연결된 다른 링크로부터 동일한 LSU를 수신할 수 있으므로 LSU 재전송 자체가 의미가 없다. 즉 TICN 전달망이 격자 네트워크이므로 라우터에 연결된 무

선링크들 모두가 동시에 끊어지거나 혹은 연결된 각 무선 링크로 전송되던 LSU가 모두 손실되는 경우를 제외하고는 항상 LSU를 수신할 수 있다. TICN 전달망에서는 위와 같이 라우터가 연결된 무선링크들로부터 모두 LSU를 받지 못하는 경우가 거의 발생하지 않는다.

종합적으로 LSU 재전송 주기는 TICN 전달망에서의 라우팅 프로토콜 성능에 거의 영향을 미치지 않으며, 본 실험에서는 기존 OSPF에서의 LSU 재전송 주기인 5초를 그대로 사용하기로 한다.

4. 결론 및 향후 계획

최근 우리 군에서 무선을 기반으로 하는 차세대 전송통신 체계인 TICN 구축 사업을 진행하고 있다. 이에 본 논문에서는 기존의 인터넷 표준 라우팅 프로토콜들 중에서 네트워크 상태변화에 신속하게 대처할 수 있으며, 이미 널리 사용되고 있는 OSPF 프로토콜을 TICN 전달망에 적합한 라우팅 프로토콜이 되도록 수정하였다. 우선, OSPF에서 라우팅 프로토콜의 대상 네트워크가 유선망에서 무선 전송 백본망으로 변경됨에 따라 튜닝될 필요가 있는 프로토콜 파라미터들인 Hello 주기, Router dead 주기, SPF 지연, SPF 유지시간, LSU 재전송 주기 등을 추출하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 추출한 파라미터들 간의 상호연관성 및 제어 패킷 오버헤드와 서비스 품질의 tradeoff를 고려한 적합한 값으로 OSPF 프로토콜 파라미터들의 값을 튜닝 하였다. 결과적으로 본 실험을 통해 튜닝된 프로토콜 파라미터 값들은 다음과 같다.

- Hello 주기: 20초
- Router dead 주기: 400초
- LSU 재전송 주기: 5초

추후, 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 튜닝 할 필요가 있는 파라미터로 추출했던 SPF 지연시간과 유지시간에 대해서도 TICN 전달망에 적합하도록 튜닝할 계획이다.

참고문헌

- [1] 이두호, 고병훈, 김광순, "Anti-Jamming 기반 전송 통신 기술" 한국통신학회지(정보와통신) 제24권 제10호, 2007. 10.
- [2] "군 전송종합 정보통신체계 사업추진회의", 국방과학연구소, 2005.
- [3] J. Moy, "OSPF Version 2", IEEE RFC 2328, 1998. 04.
- [4] ITU-T Recommendation G.114, "International telephone connections and circuits - General Recommendation on the transmission quality for an entire international telephone connection," May 2005.
- [5] ITU G.1010, "Draft New Recommendation G.QoS-RQT - End-user Multimedia QoS Categories," ITU-T study group 12, contribution 37, August 2001.

5) 기존 OSPF에서 LSU 재전송 주기의 기본 값은 5초다.