

TICN 전술백본망을 위한 IS-IS 프로토콜 성능 개선

정희원 권태욱*

Improvement of IS-IS Protocol for TICN Tactical Backbone

Tae-Wook Kwon* *Regular Member*

요약

한국 육군은 차기 전술통신망인 TICN을 개발 및 구축하고 있는데 전술통신망에서 백본망의 기능은 매우 중요한 역할을 수행하게 될 것이다. 따라서 백본망을 지원하게 될 표준 백본 라우팅 프로토콜의 성능을 비교/분석하는 것은 매우 중요한 요소이며, 본 연구실에서는 가장 대표적인 백본 라우팅 프로토콜인 OSPF와 IS-IS 프로토콜의 성능 분석 및 비교를 통하여 IS-IS 프로토콜이 향후 TICN 백본망 라우팅 프로토콜로 적합하다는 연구를 실시하였고, 본 연구는 이전 연구에 계속하여 TICN 백본망 지원을 위한 좀더 효율적인 IS-IS 프로토콜의 성능 개선을 목적으로 IS-IS 프로토콜의 몇몇 프로토콜 변수들의 값을 실험을 통하여 분석하였다.

Key Words : TICN, FCS, JNN, WIN-T, NCW, SPIDER, IER, Routing Protocol, OSPF, IS-IS

ABSTRACT

Recently Korea Army are developing the TICN(Tactical Information Communication Network) which is the next army tactical communication system. The TICN tactical backbone's ability is very important. So analysis of the standard protocol for the data transmission guarantee are obliged. For the TICN tactical backbone, previous paper analysed routing protocol efficiency index and compared to superiority of the OSPF and IS-IS protocols in the tactical environment. Conclusively IS-IS protocol was more suitable for TICN backbone routing protocol. As follow-up study of previous paper, this paper try to find the proper parameters of IS-IS protocol in order to improve the performance of IS-IS protocol as a TICN tactical backbone protocol under the tactical environments. Finally it selected four time-parameters of IS-IS protocol, those can improve performance of the protocol.

I. 서론

최근 미군은 임무수행능력의 획기적 향상을 위해 첨단 정보통신 기술을 바탕으로 강력한 네트워크 기반의 군 작전체계인 FCS(Future Combat System)을 지원하기 위하여 네트워크 체계를 현 JNN(Joint Network Node)에서 차기 전술통신체계인 WIN-T(Warfighter Information Network Tactical)로의 전환을 추진하고 있다. 우리나라도 현재 육군의 SPIDER와 통합군 차원의 전략 기동통신체계의 제한사항을 극복하고, NCW(Network Centric Warfare) 환경에서

군이 요구하는 정보통신 지원능력의 증추적 역할을 담당할 정보통신 기반체계를 구축하기 위해 차기 전술통신체계인 TICN (Tactical Information Communication Network)체계를 개발/구축 중에 있다. TICN은 현재 SPIDER에 비해 대용량 전송능력 및 기동성을 바탕으로 네트워킹 능력의 획기적 향상을 목표로 하고 있다.

본 논문은 군에서 요구하는 신속·정확한 데이터 전송보장을 위한 프로토콜의 적용·분석에 초점을 맞추어 백본망 라우팅 프로토콜의 대표적인 OSPF와 IS-IS 프로토콜의 전술적 환경에서의 성능 비교 분석

* 국방대학교 국방관리대학원 NGN연구실(kwontw9042@hanmail.net)

논문번호 : KICS2011-01-057, 접수일자 : 2011년 1월 26일, 최종논문접수일자 : 2011년 8월 11일

결과^[1]를 바탕으로 IS-IS 프로토콜이 군 전술환경에서 효율적인 성능을 제공하기 위하여 기존 SPIDER망의 OSPF에서 실시한 시간 파라미터 값들을 실험을 통하여 IS-IS 프로토콜의 최적의 값을 산출하는데 목적을 두고 실시하였으며 실험환경의 일관성을 위하여 상기 두 개의 프로토콜 실험분석과 동일한 환경에서 실시하였다.

II. 관련연구

2.1 OSPF와 IS-IS 프로토콜

OSPF(Open Shortest Path First) 프로토콜^[2]은 AS(Autonomous System) 내부 라우터들끼리 라우팅 정보를 서로 교환하는 라우팅 프로토콜이다. 1980년대 중반 RIP(Routing Information Protocol) 라우팅 프로토콜이 대규모 이질적인 네트워크간 라우팅에 비효율적임에 따라 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 SPF(Shortest Path First)알고리즘에 기초하여 인터넷에 적용되었다. OSPF 라우팅 알고리즘은 링크상태(Link State: LS)에 의한 최단경로를 선택하는 Dijkstra의 SPF 알고리즘^[3,4]이다. 특징을 요약하면, 자신의 인접한 LS 정보를 전달하며, 경로 선택을 위한 알고리즘으로 SPF를 사용하여, 확장성 및 안정성이 우수하고, 거리백터 방식에 비해 수렴시간이 빠르며, 모든 라우터가 네트워크에 대한 경로를 계산하고, 전체 네트워크에 대한 LS 정보를 공유한다.

반면, IS-IS(Intermediate System Intermediate System) 프로토콜^[5]은 개방형 시스템 간의 상호연결을 위해 ISO에서 비 연결 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜로 만들었다가 TCP/IP가 대중적으로 인기를 끌면서 OSI 기반의 인터넷 프로토콜이 대두되면서 IS-IS를 개발하게 되었다. IS-IS는 최근 인터넷 기반의 네트워크 통합 등으로 인해 통신업자와 대규모 ISP들에 의해 유명해졌다. 초기 IS-IS는 ISO에 의해 표준화 되었으나, 현재 IETF에 의해 IP환경에서 표준화 되어 연구가 활발히 진행되고 있다. IS-IS 프로토콜의 일반적인 특성은 OSPF와 매우 유사하며, 최적 경로 계산을 위해 SPF 알고리즘을 사용한다. LS 정보를 이용하는 라우팅 프로토콜로 동일 AS 내에서 라우터 상호간 라우팅을 실시하며, 2계층(Level 1, 2) 구조로 동작한다. 라우터 식별주소로 NSAP (Network Service Access Point) 주소체계를 사용하고, 초기 모델은 2계층 프로토콜만을 이용했으나, IP 프로토콜도 지원하는 모델이 현재 사용 중이다. 링크상태 변화시 새로운 LS 패킷만을 전달하고, 비-클래스 기반 라우팅, 보안기능

보유 및 다중 프로토콜을 지원하는 특징을 가지고 있다.

2.2 OSPF와 IS-IS 프로토콜

OSPF 프로토콜과 IS-IS 프로토콜의 일반적인 특성과 각 프로토콜의 강·약점^[6]을 비교 정리하면 아래 표 1과 같다.

군 전술 무선통신 환경은 무선 링크가 가지고 있는 기본적인 특성 외에도 적 및 아군의 EA 및 ES 등으로 인한 그리고 상용 무선채널의 간섭 등으로 인한 Jamming, 적에 의한 탈취 및 파괴로 인한 예비 긴급 운용, 전시 폭주현상, 무선망의 생존성 등이 요구되는 환경^[10]으로 정의하고 있다. 일반적 군에서 요구하는 전술적 성능지표는 표 2와 같다.

TICN 백본망 전술라우터의 개발목표는 전술 무선 환경에서 최적화된 라우팅 프로토콜을 개발하는 것이다. 프로토콜 이론적 특성 비교와 라우팅 프로토콜 성능지표를 종합 판단해 볼 때 IS-IS 프로토콜이 OSPF에 비해 이론적으로 우세할 것으로 판단되며, 이론적 성능분석을 바탕으로 실험을 통해 검증된 OSPF 프로토콜과 IS-IS 프로토콜의 성능지표별 비교 결과 대부분 이론적 성능 분석결과와 일치함을 알 수 있었으며, 대등할 것으로 예상했던 안정성 측면 또한 IS-IS 프로토콜 성능이 우수했다. 이론적인 강점 이외에 군 전술 환경 특성을 고려했을 때, 관리의 용이성, 융통성 있는 확장성, 전술환경 변화에 적응성, 전송의 효율성 등 전술적 부분에 있어서도 IS-IS 프로토콜의 성능이 우수한 것으로 분석되었고 실험을 통해 검증된 OSPF 프로토콜과 IS-IS 프로토콜의 성능지표별 비교 결과^[11]

표 1. OSPF와 IS-IS 프로토콜 비교

OSPF	IS-IS
Host / Router	End System / Intermediate System
DR(Designated Router)	DIS(Designated Intermediate System)
Packet / Hello Packet	PDU / IIH(IS to IS Hello PDU), etc.
LSA(Link State Advertisement)	LSP(Link State Packet)
LSU(Link State Update)	LSP(Link State Packet)
DDP(Database Description packet)	CSNP(Complete Sequence Number Packet)
AS / Backbone Area	Domain / Level 2 Subdomain
Router ID(ABR System ID)	L1, L2 router

표 2. 프로토콜 성능지표

일반적인 성능지표(인터넷)	전술환경하 성능지표 [육군08]
Path Optimization	less delay & jitter
Simplicity & low overhead	throughput
Rapid convergence	link/node failure → rapid recovery
Robustness & stability	active transmit capability
Flexibility & scalability	less packet loss

표 3. 성능비교 실험결과 종합

①	경로 최적화(평균 홉수) 안정성(프로토콜 패킷 손실율)	대등 IS-IS
②	단순성/오버헤드(CPU 이용율, 큐잉지연) 수렴시간(수렴시간 및 활동 등)	IS-IS IS-IS
③	확장성 및 유연성(TCP 지연, HTTP 반응시간)	IS-IS

는 표 3와 같다.

III. IS-IS 프로토콜 성능 개선

TICN 전력화시 전술 백본망에서 운용될 상용 라우팅 프로토콜은 최적 경로만을 선정하는 표준 프로토콜이다. 현재 SPIDER 네트워크에서 운용되고 있는 OSPF 프로토콜이나 제안하는 IS-IS 프로토콜도 동일한 특성을 가진다. 인터넷 상에서 그 효용성이 검증되었다고는 하나 안정성을 기반으로 하고 있는 유선 네트워크에서 최적화된 파라미터 요소들이 무선망에서도 최적화 되었다고 판단하기는 어렵다. 특히 TICN의 주 전송로인 무선망에서의 ALL_IP 방식 적용시 QoS 보장을 위한 관리 기술 또한 반드시 필요하다. 우선 IS-IS 프로토콜의 파라미터들 중에서 성능에 중요한 변수로 작용되는 시간 파라미터들을 살펴보고 전술상황의 무선망에서 제어 오버헤드 감소 및 처리량 증가를 위해 파라미터 튜닝을 통해 최적화하는 방법을 제안한다.

최근 TICN에 적용할 OSPF 프로토콜에 대한 파라미터 튜닝을 통한 최적화 결과는 표 5와 같다. 이를 바탕으로 제안하는 프로토콜인 IS-IS의 튜닝범위를 동일하게 적용하되, OSPF에 비해 보다 빠른 수렴 및 네트워크 적응성을 위해 튜닝 상단범위를 제한한다. 제안하는 프로토콜의 파라미터 튜닝 범위는 기존 연구를 바탕으로 하고 있기 때문에 최적의 튜닝은 실험 결과를 바탕으로 결정하였다. 따라서 이 단계에서는 파라미터 항목 및 튜닝범위만을 결정하였다. 실험을 통해 제안 튜닝범위를 한정하여 최적화를 할 것이기 때문이다. LS 라우팅 프로토콜의 강점은 다름 아닌 빠른 수렴성에 있다고 해도 과언이 아니다. 여기서 표준 프로토콜 특성상 동일한 SPF 계산 알고리즘을 사용하고 있기 때문에 동작방식은 동일하나, 네트워크의 변화에 빠르게 적응하기 위한 핵심 요소가 시간 파라미터들이며, 이의 변화에 따라 네트워크 성능은 상당한 차이를 보일 수 있기 때문이다. 아래 표 4처럼 주로 다루려고 하는 파라미터는 Hello, Dead, CSNP, SPF 요소들이다.

표 4. 시간 파라미터 변수

시간 파라미터 항목	기존 연구	
	OSPF	T-OSPF
Hello	10s	→ 50s
Dead(Holdtime)	40s	→ 200s
SPF Delay	5s	→ 0s
SPF Interval	10s	→ 0s
LSA(CSNP) Interval	5s	5s
LSA Transmit Interval	1s	1s
LSA Reception Interval	1s	1s
LS Aging	1H(fixed)	1H(fixed)
LS Refresh	30 min	30 min
시간 파라미터 항목	제안 튜닝범위	
	IS-IS	T_IS-IS
Hello	10s	10s ~ 40s
Dead(Holdtime)	3s	30s ~ 120s
SPF Delay	5.5s	5.5s ~ 0s
SPF Interval	5.5s	5.5s ~ 0s
LSA(CSNP) Interval	10s	5s ~ 20s
LSA Transmit Interval	5s	5s
LSA Reception Interval	33ms	33ms
LS Aging	20min (18.2H)	20min (18.2H)
LS Refresh	15 min	15 min

IV. 실험 및 분석

프로토콜의 파라미터 변수들의 튜닝을 통하여 IS-IS 프로토콜의 최적화된 프로토콜을 구현하기 위하여 그림 1와 같이 IER 2단계를 적용하고 기존 연구를 활용하고 전술적 환경을 고려하여 실험하였으며, 실험을 위해 아래와 같은 가정 사항을 설정하여 실험하였다.

- 모든 라우터의 성능은 동일하며, 패킷 처리지연 관련 각 프로세스 및 버퍼의 능력은 충분하다.
- 전술 무선 환경 하에서의 링크 BER(Bit Error Rate)은 10^{-6} 으로 가정한다.
- 네트워크상의 트래픽은 시간에 민감한 VoIP와 일반 FTP 트래픽으로 한다.
- 네트워크 토폴로지 변화는 5개 노드에 Fail / Recovery로 구현한다.
- OPNET 특성으로 인한 IS-IS 프로토콜의 Hello 트래픽 측정 제한(FTP)으로 오버헤드 측정이 불가하여 TCP 지연이나 반응시간 측정으로 대체한다.

실험환경 설정으로 프로토콜 시간 파라미터 튜닝을 위한 시나리오, OPNET 실험환경, 측정항목 등을 아래와 같이 설정하였다. 실험을 위한 네트워크 사이즈



그림 1. 파라미터 튜닝 절차

는 15km x 25km로 하며, 라우터를 비롯한 서버는 동일한 장비로 구성한다. 이때 링크의 대역폭은 E1급으로 하며, 인터페이스별 라우팅 프로토콜은 IS-IS와 T_IS-IS 프로토콜로 각각 설정한다. 주소체계 및 라우터 ID는 프로토콜 특성에 맞추어 설정하고, 발생하는 트래픽은 동일하게 HTTP 데이터의 트래픽을 이용한다. Load balance를 위해서는 각 프로토콜 모두 목적지 지향으로 설정하여 트래픽이 네트워크 전체에 패킷별로 분산되는 것을 방지하였다. 실험을 위한 OPNET(15.0) 환경 및 주요 실험 변수값은 아래 표 5과 같다.

- 실험 시나리오 : 링크 부하는 IER 2단계를 개략적 모든 링크에 평균적으로 적용하고 FTP 및 VoIP 클라이언트 서버를 구축하여 실험을 실시한다. 시간 파라미터 5개 요소중 Hello, Dead 주기를 하나로 묶어 시나리오를 구성하되, Hello 주기는 10초씩 증가시켜가며 실험을 실시하고, Dead 주기는 Hello 주기의 3배 시간으로 증가시켜가며 실험을 실시한다. 2번 시나리오는 CSNP 재전송 주기를 튜닝하는 것으로 기본 10초에서 5초씩 증감하며 실험을 실시

표 5. OPNET 실험 환경 및 변수

구분	Attributes	Values
네트워크 규모	15km(가로) x 25km(세로)	
사양	라우터	시스코 7505
	서버	Sun Fire X4200
	링크	PPP 링크(라우터별 4방향, 양방향) E1급
라우팅 프로토콜	• IP Routing Parameters - Routing Protocols	IS-IS T_IS-IS
주소 체계	Interface IP	• IP Routing Parameters - Address Auto Assigned
	Router ID	• IS-IS Parameters Configure
발생 트래픽	HTTP 데이터 (서버 클라이언트 방식)	500KB이하
Load Balancing	-	Destination-based

한다. 3번 시나리오는 SPF 지연 및 주기를 변경하는 것으로 기본 시간인 5.5초에서 주기를 설정하지 않는 0초로 바뀌어가며 실험을 실시한다. 이때, 네트워크 토폴로지 변화를 유도하여 전송적 상황을 추가 묘사한다. 실험 분야 및 시나리오는 아래 그림 2와 같다.

- OPNET 실험환경 : 네트워크 사이즈 및 장비사양은 1차 실험군과 동일하며, 라우팅 프로토콜은 비교 시나리오 공통적으로 IS-IS 프로토콜을 적용한다. 이때 튜닝 전 IS-IS 프로토콜이 적용된 네트워크와 튜닝범위를 바뀌어가며 비교 실험하는 튜닝된 IS-IS 프로토콜을 위해 실험변수 설정은 표 6과 같다.
- 네트워크 구조 : 네트워크 구조는 아래 그림 3과 같이 구성하며, 노드의 실패 및 회복을 5개 노드에 적용한다.



그림 2. 실험 범위 및 시나리오

표 6. OPNET 실험변수

구분	속성 (Attributes)		
	IS-IS	T_IS-IS	
라우팅 프로토콜	• IP Routing Parameters - Interface Information - Routing Protocols		
주소 체계	Interface IP	• IP Routing Parameters - Interface Information - Address	
	Router ID	• IP Routing Protocols - IS-IS Parameters	
시간 파라미터	hello period	10s	10~40s
	dead period	30s	30~120s
	CSNP retransmit	10s	5~20s
	SPF delay	5.5s	5.5s, 0s
	SPF interval	5.5s	5.5s, 0s
	LS Refresh	15min	15min
트래픽	링크부하	IER : 2단계적용 (링크별 평균 20MB 적용)	
	트래픽	FTP : 5MB, VoIP : G.729	

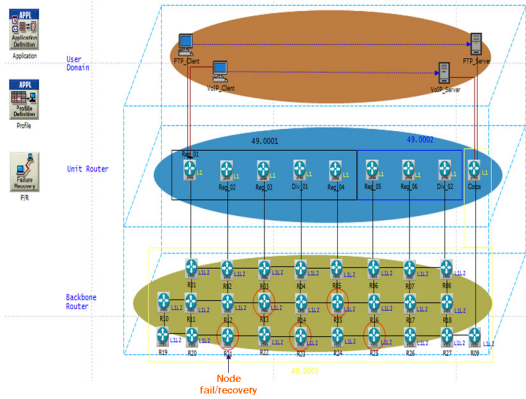


그림 3. 실험 네트워크 구조

- 실험순서 및 측정항목 : 튜닝범위 및 측정항목은 그림 4와 같이 설정한다.
- 시나리오#1 (Hello&Dead 튜닝) : VoIP 데이터의 평균 MOS 값을 비교하는 그림 5에서 40s, 120s로 설정시 가장 좋은 결과를 가져오는 것을 알 수 있다. 또한 End-to-End 지연을 측정된 결과 그림 6와 같이 40s, 120s일 때 지연 감소효과가 있음을 알 수 있다. 따라서 Hello 및 Dead 주기는 기본 10s, 30s 보다 40s, 120s로 설정했을 때 VoIP의 통화품질이 향상됨을 알 수 있다. FTP의 TCP 지연을 나타내는 그림 7은 30s, 90s 또는 40s, 120s로 설정 시에 초기 지연을 줄 일 수 있었다. 그러나 FTP에 비해 VoIP 데이터의 지연 및 통화품질이 더욱 중요하기 때문에 결론적으로 40s, 120s이 최적으로 판단하였다.
- 시나리오#2 (CSNP 튜닝) : 그림 8은 VoIP 데이터 지연의 실험 결과로 5s, 10s로 설정시 초기에 양호한 결과를 얻었으며, E-t-E 지연을 측정된 그림 9는 클라이언트 서버간 지연을 나타내는 것으로 주기 설정과 관계없이 거의 동일함을 알 수 있다. FTP

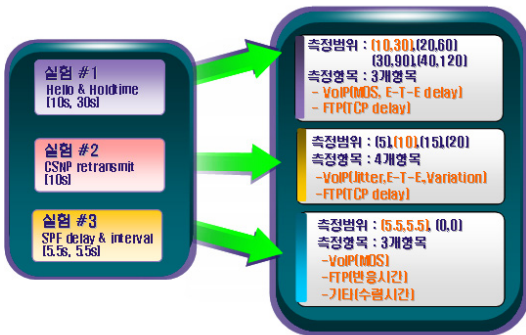


그림 4. 튜닝 범위 및 요소

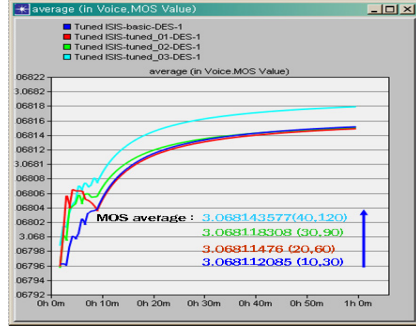


그림 5. VoIP: MOS 평균

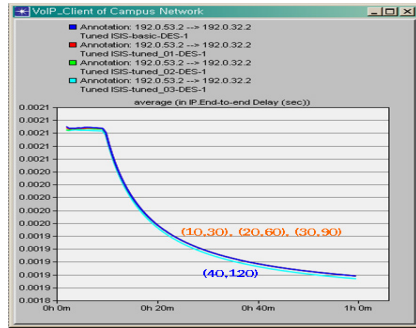


그림 6. VoIP: E-t-E 지연

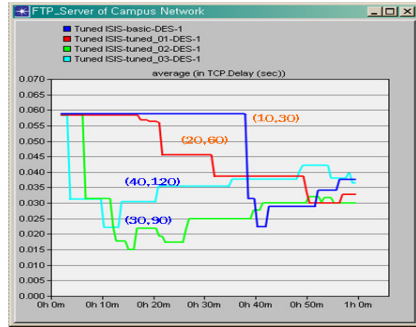


그림 7. FTP: TCP 지연

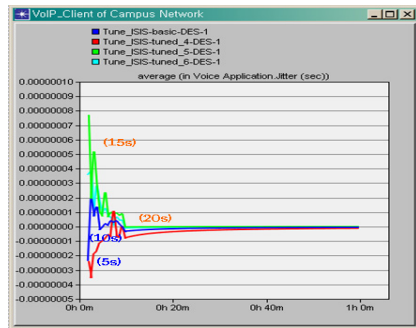


그림 8. VoIP: 지터(Jitter)

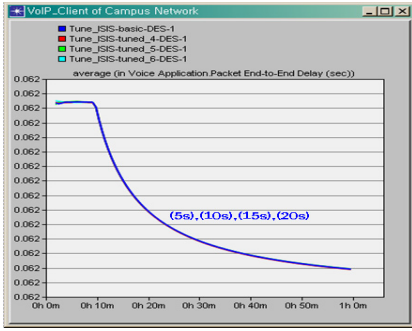


그림 9. VoIP: E-t-E 지연

데이터의 경우 그림 10과 같이 TCP 지연이 측정되어 5s로 설정시 초기 지연이 상당히 증가함을 알 수 있었다. 따라서 VoIP의 경우 CSNP의 재전송 주기를 짧게 하면 지터는 줄어드는 반면, 길게 하면 초기 지터가 증가한다. FTP의 경우 CSNP 주기를 5s로 하면 상당한 지연이 발생함을 알 수 있어 CSNP 기본 값인 10s로 설정하는 것이 가장 타당한 것으로 판단하였다.

- 시나리오#3 (SPF delay&interval 튜닝) : 그림 11는 공통적인 측정항목으로 토폴로지 변화에 따른 수렴시간에 대한 실험결과로 0s, 0s로 설정 시 80%

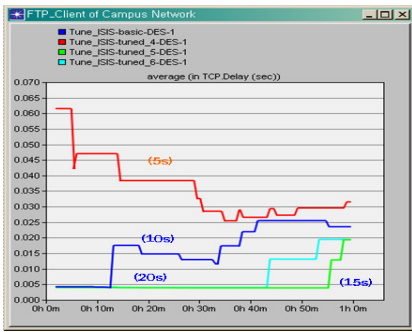


그림 10. FTP: TCP 지연

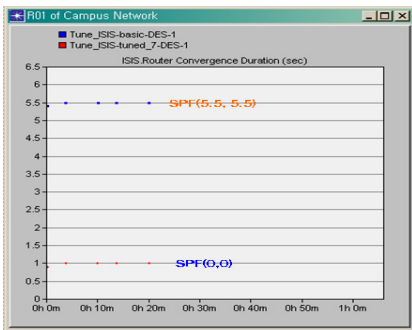


그림 11. 라우터 통합 시간

이상의 시간을 단축할 수 있었다. 그림 12와 그림 13과 같이 VoIP와 FTP의 MOS나 반응시간과 같은 성능 차이는 없다는 것을 알 수 있다. SPF 주기는 네트워크 성능과 거의 무관하며, 라우터 자체의 SPF 계산 주기에만 영향을 미쳐 수렴시간 단축효과를 가져오기 때문에 0s, 0s가 최적으로 판단하였다.

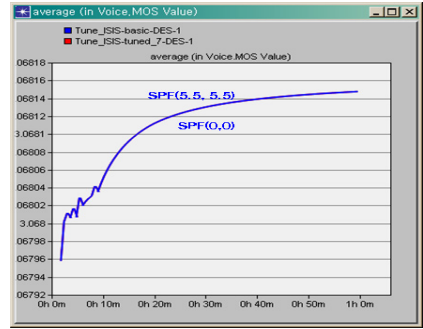


그림 12. VoIP: MOS 평균

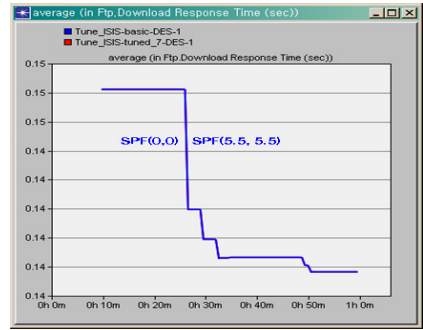


그림 13. VoIP: 평균 반응 시간

V. 결 론

IS-IS 프로토콜의 성능개선 결과 Hello 주기와 Dead(Holdtime) 주기를 조정하여 프로토콜 성능에 문제가 되지 않는 범위 내에서 네트워크상의 제어 패킷 오버헤드를 줄여 전송 데이터의 성능(VoIP : 안정성 및 지연 최소화, FTP : 지연 최소화)을 향상시킬 수

표 7. 실험 결과 종합

구분	항목	IS-IS	T_IS-IS
파라미터 개선 (튜닝)	Hello Period	10s	40s
	Holdtime	30s	120s
	CSNP Interval	10s	10s
	SPF Delay	5.5s	0s
	SPF interval	5.5s	0s

있다는 것을 알게 되었다. 또한 SPF 지연 및 SPF 유지시간을 줄여 보다 빠른 수렴을 유도할 수 있음을 알게 되었다. 표 7은 실험을 통해 얻은 IS-IS 프로토콜 시간 파라미터의 최적화 결과이다.

참 고 문 헌

- [1] 장동기, 권태욱, “TICN 전술백본망을 위한 라우팅 프로토콜 분석”, 한국군사과학기술학회지, 2010. 8.
- [2] “RFC 5340 : OSPF version 3”, IETF, 2008. 6.
- [3] “RFC 2328 : OSPF version 2”, IETF, 1988. 4.
- [4] “컴퓨터 통신망 라우팅 기술의 비교연구”, 충남대학교, 1996.
- [5] “RFC 1195 : Use of OSI IS-IS for Routing in TCP/IP and Dual Environments”, IETF, 1990. 12.
- [6] 양미정, 박혜경, “MPLS 시스템에서 트래픽 엔지니어링 확장을 고려한 IS-IS 라우팅 프로토콜”, 정보과학학회지, 2004. 10.
- [7] Agustin Zaballos, Carles Segui, “Analysis and simulation IGP Routing Protocols”, University Ramon Llull, Barcelona. 2006.
- [8] Jukka Honkola, “OSPF and IS-IS Evolution”, Helsinki University of Technology, 2004. 4.
- [9] Paul Della Maggiora, Jim Doherty, “Cisco Networking Simplified”, Cisco Systems, Inc, 2003.
- [10] “TICN 체계 총괄”, 육군본부, 2008. 4.

권 태 욱 (Tae-Wook Kwon)

정회원



1986년 3월 육군사관학교 컴퓨터학과 졸업

1995년 9월 미 해군대학원 컴퓨터공학과 공학석사

2001년 2월 연세대학교 컴퓨터공학과 공학박사

2007년 7월~현재 국방대학교 국방정보체계전공 부교수

<관심분야> Next Generation Networks, Computer Communication, Sensor Networking, Cloud Computing, RFID/USN Systems, Virtual Reality