

다계층망에서의 다중 경로 라우팅 성능 분석

추현우, 조준우*, 김재현

아주대학교 전자공학과, *아주대학교 AI융합네트워크학과

{back1ho, cjw8945, jkim}@ajou.ac.kr

Performance Analysis of Multi-Topology Routing in Multi Layer Network

Heon Woo Chu, Jun-Woo Cho*, Jae-Hyun Kim

Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou Univ.

*Department of Artificial Intelligence Convergence Network, Ajou Univ.

요약

비지상망은 언제 어디서든지 다계층망을 통해 언제 어디서든지 통신 서비스를 제공받을 수 있는 망 개념이다. 그러나 종래의 라우팅 프로토콜을 다계층 네트워크에 적용한다면 망 부하 문제로 인해 망 전체의 성능 저하가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 다계층 망에서 트래픽 별로 라우팅을 수행할 수 있는 다중 경로 라우팅 방안을 제안하고 이에 대한 성능분석을 수행한다.

I. 서론

비지상망(Non-Terrestrial Network, NTN)은 기존 지상망의 커버리지 문제를 비용 효율적으로 해결하여 지속적인 서비스 제공할 수 있는 개념이다. 종래의 수평적 구조를 가지는 셀룰러 망과는 달리, NTN은 수직 이종망 형태이기 때문에, 사용자는 언제 어디서든지 다계층망(지상망, 공중망, 위성망 등)을 통해 다양한 통신 서비스를 제공받을 수 있다. 그러나 open shortest path first (OSPF)와 같이 종래의 라우팅 프로토콜을 다계층망에 적용하면 링크 성능이 다소 낮은 공중망이나 위성망은 선택되지 않을 수 있다. 이로 인해 모든 서비스들이 지상망을 경유하게 되어, 지상망의 부하가 높아지게 되고, 이는 전체 네트워크 성능 저하를 초래한다. 따라서 서비스 별로 적절한 다계층망을 선택하여 망 부하 분산을 수행할 수 있는 라우팅 방안이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 다계층망 환경에서 트래픽 별로 라우팅을 수행할 수 있는 다중 경로 라우팅 방안을 제안하고, 이에 대한 성능분석을 수행한다.

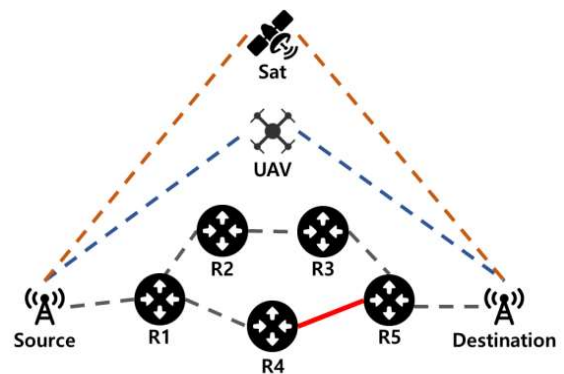


그림 1. 시스템 모델

는 라우터 및 링크의 하위집합을 의미하며 서비스 클래스 별로 운용한다. 만약 서비스 클래스가 지정되지 않은 경우에는 기본 경로를 통해 트래픽이 전달된다 [1].

라우팅 경로는 서비스 클래스 별로 Cost metric을 계산하여 그 합이 가장 높은 경로가 선택될 수 있도록 한다. 그러나 Cost metric은 상용화 기술마다 서로 다르기 때문에 다계층망에 적용 가능한 Cost metric 선정이 필요하다.

다. 제안 Cost metric 연산 방안

종래의 3GPP 및 ITU-T[2]에서 서비스 클래스 별 우선순위 매핑을 위해 평균 지연시간, 지연분산, 손실 확률 등을 활용하여 우선순위를 결정한다. 이를 기반으로 다계층망에서의 다중 경로 라우팅의 Cost metric을 결정할 수 있지만 위의 파라미터들을 그대로 적용한다면 지연시간 및 손실 확률이 높은 위성망이 선택되지 않을 가능성이 높아진다. 또한 위 파라미터로는 망의 부하를 판단할 수 없기 때문에 본 논문에서는 Cost metric으로 부하, 지연시간, 망 특성을 선정한다. 부하는 링크의 Utilization을 기준으로 설정하며, 지연시간은 라우터 인터페이스에 걸리는 지연시간, 망 특성은 브로드캐스팅, 유니캐스팅으로 설정하며, 브로드캐스팅이 더 높은 Cost를 가질 수 있도록 한다.

II. 시스템 모델 및 다중 토폴로지 라우팅

가. 시스템 모델

본 논문에서는 그림 1과 같이 지상망, 공중망, 위성망으로 구성된 다계층망을 고려한다. 트래픽은 Source에서 Destination으로 위성, 무인기, 지상 라우터를 경유할 수 있다. 위성은 정지궤도 위성으로 고도 36,000 km 상공에 위치하고 있으며, 무인기는 회전익으로 약 10km 상공에서 머무르는 것으로 가정한다. 또한 지상망은 R1-R2-R3-R5와 R1-R4-R5로 구성된 2개의 경로를 포함하지만 R4-R5 구간에서 부하가 80% 정도 있다고 가정한다.

나. 다중 경로 라우팅 개요

다중 경로 라우팅은 클래스 기반 포워딩을 통해 클래스의 특성에 따라 서로 다른 독립적인 경로를 계산하는 라우팅 기법이다. 다중 경로 라우팅은 클래스별 경로와 기본 경로 2가지로 나뉘는데, 클래스별 경로는 기본 토폴로지의 하위집합으로 망에서 별도의 독립적인 라우팅 경로를 계산하

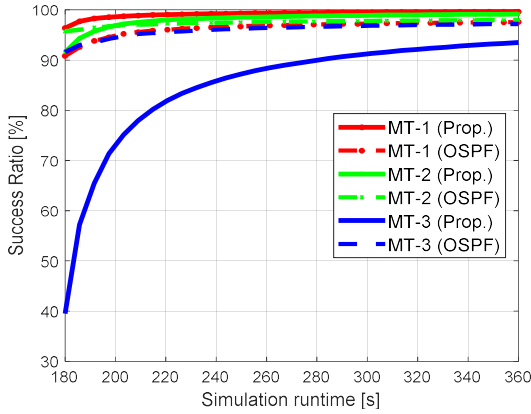


그림 2. 성공확률

이러한 Cost metric을 통해 링크 별 Cost를 계산하며, 이는 (1)과 같다.

$$Cost = w_1 \times Delay + w_2 \times Load + w_3 \times Net. Char. = 1. \quad (1)$$

$w_1 - w_3$ 은 각 Cost metric에 대한 가중치를 나타내며, 모든 가중치의 합은 1과 같다. 가중치는 트래픽의 특성을 나타내는 값으로 만약 지연시간에 민감한 트래픽인 경우, 지연시간의 가중치를 높게 부여한다. 나머지 Delay와 Load, Net. Char는 Cost metric을 의미하며, 0과 1 사이의 값으로 정규화 된 값이다.

III. 성능 분석

본 논문에서는 Riverbed Modeler를 활용하여 다중 경로 라우팅과 기존의 OSPF와의 비교를 통해 성능분석을 수행한다. 시뮬레이션은 총 100회 정도 수행하며, 이들의 평균값을 성능 분석 결과로 제시한다. 다중 경로는 MT-1, MT-2, MT-3로 총 3개이며, MT-1은 지연시간에 민감한 서비스, MT-2는 부하에 민감한 서비스, MT-3는 위성 중점 서비스가 이동하는 경로로 설정한다. 트래픽은 각각의 경로에 각 1 Mbps의 트래픽이 발생한다. 나머지 성능분석에 활용한 파라미터는 표 1과 같다.

그림 2와 그림 3은 성공확률 및 처리율이다. MT-1과 MT-2는 OSPF에 비해 제안하는 다중 경로 라우팅 방식이 더 높은 성공확률과 처리율을 보이는 것을 확인할 수 있다. OSPF는 링크 속도를 기준으로 Cost를 계산하며 가장 짧은 경로로 이동하기 때문에 부하가 발생하는 R4-R5 구간을 경유한다. 따라서 링크 부하로 인해 트래픽 성공확률 및 처리율이 낮아진다. 그러나 MT-3의 경우 OSPF가 다중 경로 라우팅에 비해 더 좋은 성능 결과를 보이는데, 이는 위성 링크에 강우 감쇄가 존재하기 때문에 발생하는 성능 저하이다. 만약 지상망에 BER을 설정한다면 다중 경로 라우팅이

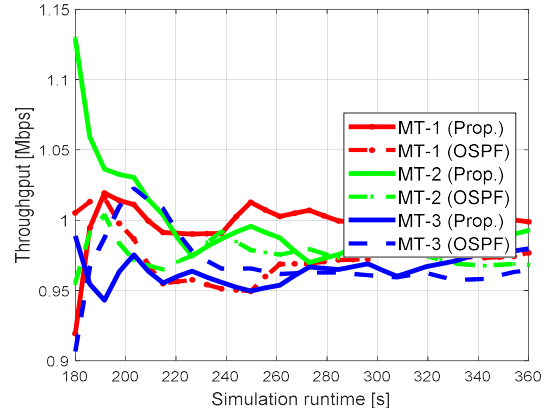


그림 3. 처리율

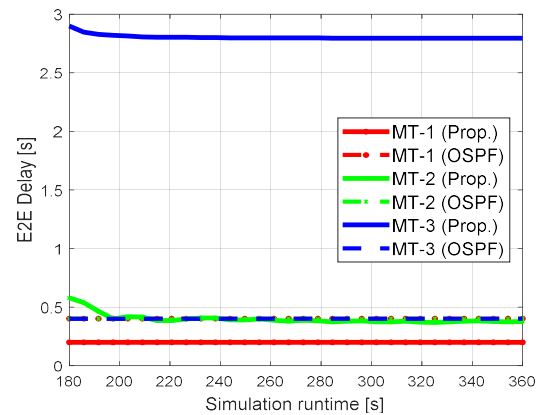


그림 4. 종단간 지연시간

OSPF에 비해 더 높은 성능을 보유할 수 있다.

그림 4는 종단간 지연시간으로 위성을 경유하는 MT-3를 제외하고 나머지 경로에서는 다중 경로 라우팅이 더 높은 성능 결과를 보유한다.

IV. 결론

본 논문에서는 다계층망 환경에 적용 가능한 다중 경로 라우팅 방안을 제안하고, 이에 대한 성능분석을 수행하였다. 추후에는 이를 기반으로 다계층 환경에 적합한 SDN 기법을 제안할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1A4A1030775).

참 고 문 헌

- [1] Cisco, "Multi-Topology Routing," June 2007
- [2] ITU-T Recommendation Y.1541, "Network performance objectives for IP-based services," May 2002.
- [3] 3GPP Technical specification group radioaccess network; Study on New Radio (NR) to support non-terrestrial networks, document TR38.811 V15.2.0, 3GPP, Sep.2019.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Index		value
Link Capacity		50 Mbps (Ground) / 4 Mbps (Sat, UAV)
BER		Rain fading (10^{-6} , Sat)
Channel model		Satellite Channel model [3] / Free space (Ground, UAV)
Weight	w_1	1 (MT-1), 0 (MT-2, MT-3)
	w_2	1 (MT-2), 0 (MT-1, MT-3)
	w_3	1 (MT-3), 0 (MT-1, MT-2)