

이기종 네트워크 인터페이스를 갖는 이동 라우터의 부하 균등 메트릭

나태흠¹ · 박평구¹ · 류호용¹ · 박재형² · 황부현^{2*}

¹한국전자통신연구원(ETRI) 인터넷연구부

²전남대학교 전자컴퓨터공학부

Load Balancing Metric for a Mobile Router with Heterogeneous Network Interfaces

TaeHeum Na¹ · PyungKoo Park¹ · HoYong Ryu¹ · Jaehyung Park² · Buhyun Hwang^{2*}

¹Internet Research Division, Electronics and Telecommunication Research Institute(ETRI), Daejeon 34129, Korea

²School of Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

[요 약]

다중 홈 이동 라우터(multi-homing mobile router)는 사용자 디바이스 접속을 위한 네트워크와 인터넷에 접속하는 네트워크를 분리하고 인터넷 접속을 위한 다양한 인터페이스를 가지게 된다. 본 논문에서는 이기종 네트워크 인터페이스를 가지는 이동 라우터에서 IP 기반 이동성을 지원하며 각 인터페이스 간의 부하 분산을 위한 메트릭을 제안한다. 제안한 이동 라우터의 부하 균등 메트릭을 한국과 홍콩의 실제 상용 망에 적용하여 성능을 측정하였다.

[Abstract]

Multi-homing mobile router separates network for user connection and network for internet access using various interfaces for internet access. This paper proposes a load balancing metric in order that multi-network mobile router distributes its traffic to one of several heterogeneous network interfaces. To evaluate the performance of the load balancing metric, experiments on traffic balancing is performed on real commercial networks were used in Korea and Hong Kong.

색인어 : 이기종 네트워크 인터페이스, 이동 라우터, 부하 균등 메트릭

Key word : Heterogeneous Network Interfaces, Mobile Router, Load Balancing Metric

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2017.18.5.983>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 16 August 2017; Revised 27 August 2017

Accepted 31 August 2017

*Corresponding Author; Buhyun Hwang

Tel: +82-62-530-3422

E-mail: bhwang@jnu.ac.kr

I. 서론

최근의 모바일 디바이스의 보급은 언제 어디서나 인터넷 서비스가 가능하도록 하는 요구사항이 증가하고 있다. 특히, 네트워크 이동성(network mobility), 차량 네트워크(vehicular ad hoc networks) 및 텔레메틱스 기술의 발전은 사용자 디바이스들이 연결된 모바일 라우터 기술이 관심을 가지게 되었다. 이러한 이동 라우터 기술은 무선 네트워크를 안정적으로 관리하여 끊임 없는 서비스를 보장할 수 있어야 한다[1]. 특히 All-IP 기반의 서비스가 확산되고 이동 IP 관련 표준화가 마무리 단계로 무선 네트워크의 올바른 활용에 대한 요구는 다중 홈 이동 라우터(multi-homing mobile router) 기술에 대한 연구가 진행되고 있다[2],[3]. 다중 홈 이동 라우터는 다양한 이기종 무선 네트워크 인터페이스를 이용해 인터넷 서비스를 지원한다. 특히 부하 분산 기술은 네트워크 효율을 높이기 위해 연구가 이루어지고 있다[4]. 최근 연구는 무선 네트워크에서 대부분 무선 자원을 이용한 QoS(Quality of Service) 연동을 고려한다. 3G(ex, EDGE, WCDMA, HSDPA, HSPA+) 및 LTE 등의 무선 이기종 네트워크 인터페이스 특성을 고려하여 종단간 네트워크 성능과 이동성을 고려하여 동적으로 부하 분산 비율을 조정할 수 있어야 한다[5]-[7].

본 논문은 기존 IP 기반의 이동성을 지원하고 다양한 무선 인터페이스를 이용하여 효율적인 데이터 전송이 가능한 부하 분산 메트릭을 제안한다. 제안한 부하 분산 메트릭은 각각의 무선 인터페이스의 품질을 주기적으로 측정하여 무선 네트워크 품질에 따라 데이터를 분산할 수 있도록 하여 네트워크 효율을 높이고 안정적인 이동성을 지원하도록 보장한다. 부하 분산 메트릭의 성능을 검증하기 위해 한국과 홍콩의 상용 무선 네트워크상에서 데이터를 전송하여 실증하였다. 본 논문의 구성은 2장에서 본 논문의 다중 홈 이동 라우터의 기능에 대해 기술하고 부하 분산 메트릭을 제안한다. 3장에서 한국과 홍콩의 실제 상용망에 적용하여 실험을 실시하여 성능을 평가하고 4장에서 결론을 맺는다.

II. 부하 분산 메트릭

본 장에서는 다양한 종류의 무선 네트워크 인터페이스를 갖는 이동 라우터의 기능에 대해서 기술하고, 네트워크의 효율을 높이기 위한 부하 분산 메트릭을 제안한다.

2-1 다중 홈 이동 라우터의 기능

그림 1에서 보여주는 바와 같이 다중 홈 이동 라우터는 다양한 기기들을 지원하기 위한 인터페이스와 인터넷 서비스를 지원하기 위한 네트워크 코어와 연결된 여러 개의 인터페이스로 구성된다. 각각의 인터페이스의 상태를 확인하는 Multiple

Interface Quality Monitoring Program과 인터페이스 상태를 기반으로 IP 이동성 제어를 지원하는 Multiple Interface Control Program이 존재한다. Virtual Tunnel Driver는 이동 인터넷 데이터를 터널링을 통해 전달하는 일을 수행한다.

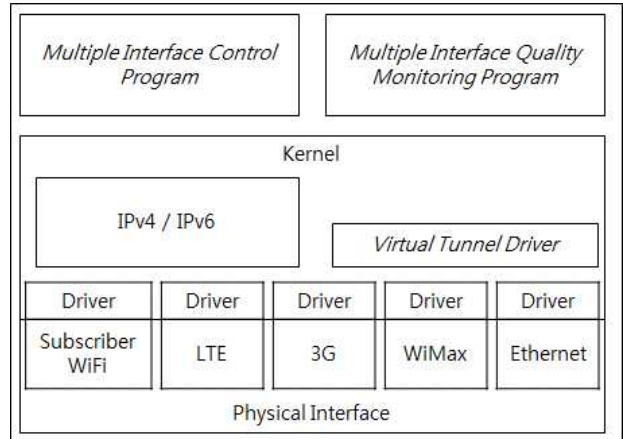


그림 1. 다중 홈 이동 라우터의 기능
Fig. 1. Functions of Multi-homing Mobile Router

2-2 기본 개념

이동 라우터는 인터넷을 통해 제어서버까지 터널(t_1, t_2, \dots, t_n)을 설정한다. 그림 2에서 보여지는 것처럼 단말(MN, mobile node)에서 입력되는 데이터(d_1, d_2, \dots, d_n)를 링크 품질 비율(link quality ratio, q_1, q_2, \dots, q_n)에 따라 결정된 값에 따라 무선 네트워크 인터페이스($phy_1, phy_2, \dots, phy_n$)에 설정된 터널(t_1, t_2, \dots, t_n)을 통해 데이터를 분배하여 전송하도록 한다.

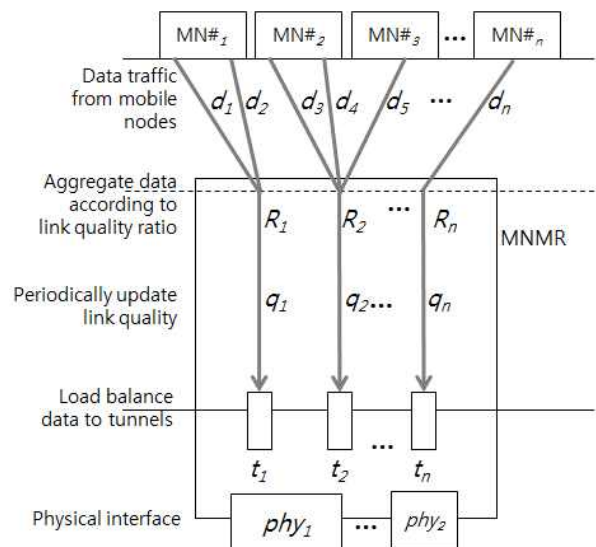


그림 2. 다중 홈 이동 라우터의 부하 분산 모델
Fig. 2. Load Balancing Model for Multi-homing Mobile Router

무선 네트워크 인터페이스의 신호세기는 네트워크와 이동

라우터의 거리를 나타내는 기준으로 거리가 멀면 신호세기와 전송율이 함께 감소하게 된다. 또한, 무선 네트워크만을 고려한 경우, 네트워크 전체의 전송율을 보장할 수 없으므로, 제어 서버와의 왕복 지연(RTT, Round Trip Time)를 측정하여 부하 분산 비율을 결정한다. 또한 신호세기와 RTT는 네트워크 종류에 따라 최대 전송율이 다르기 때문에 네트워크 인터페이스의 종류에 따라 다른 비율로 고려해야 한다.

2-3 신호 세기 가중치

다중 홈 이동 라우터에서는 다수의 무선 네트워크를 고려하므로 각 무선 네트워크 중 어떤 네트워크가 가까이 있는지 신호 세기로 확인한다. 그러나 각각의 네트워크 디바이스에 따라 최대 신호 세기와 최대 처리율이 다르므로 절대적 비교만으로 전송 비율을 결정할 수 없다. 즉, 유선 인터페이스는 신호 세기가 없고 무선 인터페이스의 신호 세기는 최대 값이 다르기 때문에 상대값을 비교하여야 한다. 예를 들면, A사의 LTE 모뎀은 신호 세기가 0~31값을 가진다.

m_i 가 i 번째 인터페이스의 최대 신호 세기이고 c_i 가 i 번째 인터페이스의 현재 신호 세기일 때, 무선 인터페이스에 대한 상대적인 신호 세기 값(s_i)는 식(1)과 같이 정의한다.

$$s_i = \left| \frac{c_i}{m_i} \right| \times 100, \text{ where } m_i \neq 0 \tag{1}$$

2-4 인터페이스 종류별 가중치

각 인터페이스에 대해 신호 세기는 단순한 거리에 대한 값으로 인터페이스에 대한 종류를 고려할 수 없다. 만약, HSDPA와 LTE 무선 인터페이스를 고려하면 최대 신호 세기에서 최대 전송률이 14.4Mbps와 100Mbps로 차이가 발생하므로 각 인터페이스 최대 전송율 고려하여 상대적인 가중치를 식(2)와 같이 정의하여야 한다.

$$I_i = \frac{d_i}{d_{max}} \tag{2}$$

이 때, d_i 는 i 번째 인터페이스의 다운로드 전송율이고, d_{max} 는 모든 인터페이스의 다운로드 전송율이다.

2-5 네트워크 지연 가중치

네트워크 지연은 다중 홈 이동 라우터와 제어 서버 간에 데이터 전송 시에 측정한다. 비록 최대 전송률과 신호 세기가 좋을지라도 경로상의 네트워크가 혼잡 상태에 있을 수 있으므로 각 인터페이스의 네트워크 지연에 따른 전송율을 반영하도록 가중치를 부여한다. 이 때 처리율과 네트워크 지연의 관계를 식(3)과 같이 로그함수로 정의한다.

$$T_n = -g_n \log\left(\frac{t_n}{t_{n-1}}\right) \text{ where } n > 0 \tag{3}$$

g_n 은 n 번째와 $n-1$ 번째 사이의 평균 처리율의 차이이고, t_n 은 n 번째의 평균 네트워크 지연을 의미한다.

2-6 제안한 부하 분산 메트릭

식(4)와 같이 주기적으로 인터페이스 품질(q_i)을 계산한다.

$$q_i = [(c_i \times s_i) + (t_n \times T_n)] \times I_i \tag{4}$$

식(4)를 바탕으로 본 연구에서 제안하는 각 인터페이스 별로 데이터를 분산하는 메트릭은 식(5)와 같이 정의한다.

$$R_i = \left| \frac{q_i}{\sum_{i=0}^n q_i} \right| \tag{5}$$

이 때 부하 분산은 데이터 세션을 구분할 수 있는 최소단위인 플로우 기반으로 분산한다.

III. 구현 및 평가

다중 홈 이동 라우터를 구현하여 한국, 인도 및 홍콩 3개국에서 실제 라우터를 설치한 네트워크 환경에서 실험을 수행하였다. 실험을 위한 이동 라우터의 이기종 인터페이스로 3G와 LTE가 다수개로 구성되어 있다. 제어서버는 한국에 위치하였고, 이동 라우터는 각 국가 현지에서 이동 가능하다. 부하 분산 메트릭의 성능은 영상 데이터 전송과 FTP 등을 통한 데이터를 전송하여 각 나라의 네트워크에 적용된 환경에서 데이터 전송률(kbps)의 변화를 측정하였다.

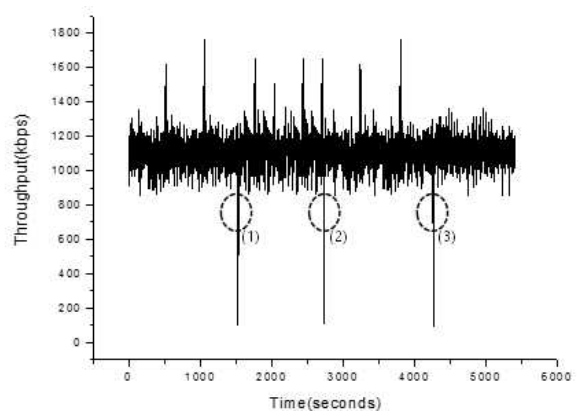


그림 3. 두 개의 3G 네트워크에서 부하 분산 적용 전 처리율
Fig. 3. Measured Throughput on Network with two 3G without Load Balancing

그림 3과 4는 3G 네트워크 인터페이스 2개를 갖는 이동 라우터를 적용하여 한국에서 제안된 부하 분산 메트릭의 성능을 측정하였다. 그림의 (1), (2), (3) 구간은 무선 네트워크의 인터페

이스 품질 저하가 발생하여 그림 4에서는 부하 분산 메트릭을 적용하여 트래픽을 분산하는 구간이다. 결국, 같은 네트워크 환경에서 제안한 부하 분산 메트릭을 적용하면 약 120%의 처리율이 향상됨을 알 수 있다.

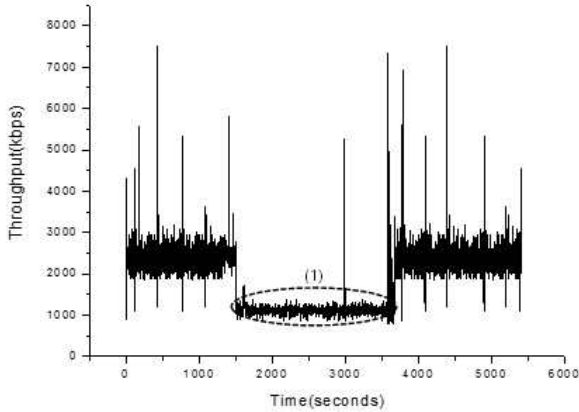


그림 4. 두 개의 3G 네트워크에서 부하 분산 적용 후 처리율
Fig. 4. Measured Throughput on Network with two 3G with Load Balancing

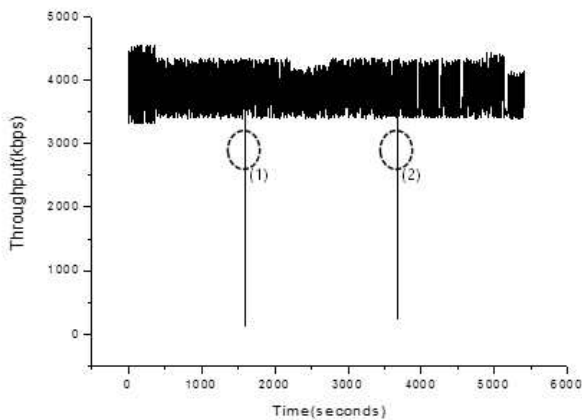


그림 5. 세 개의 LTE 네트워크에서 부하 분산 적용 전 처리율
Fig. 5. Measured Throughput on Network with three LTE without Load Balancing

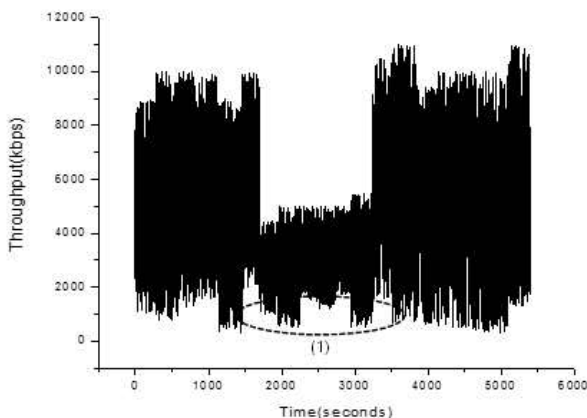


그림 6. 세 개의 LTE 네트워크에서 부하 분산 적용 후 처리율
Fig. 6. Measured Throughput on Network with three LTE with Load Balancing

그림 5와 6은 LTE 네트워크 인터페이스 3개를 갖는 이동 라우터를 적용하여 한국에서 제안한 부하 분산 메트릭의 성능을 측정하였다. 제안한 부하 분산 메트릭을 적용 전과 후에 따라 약 123%의 처리율이 향상됨을 알 수 있다.

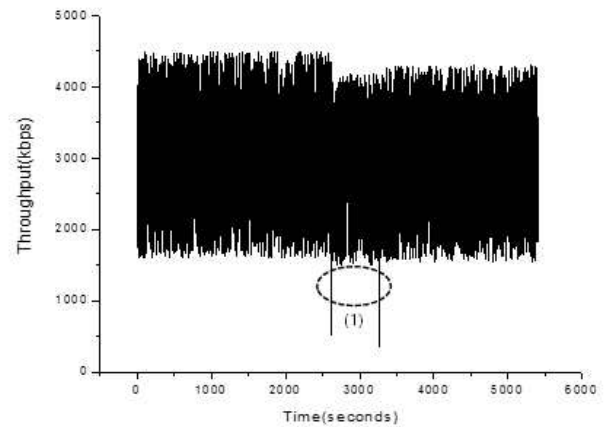


그림 7. 세 개의 LTE 네트워크에서 부하 분산 적용 전 처리율
Fig. 7. Measured Throughput on Network with three LTE without Load Balancing

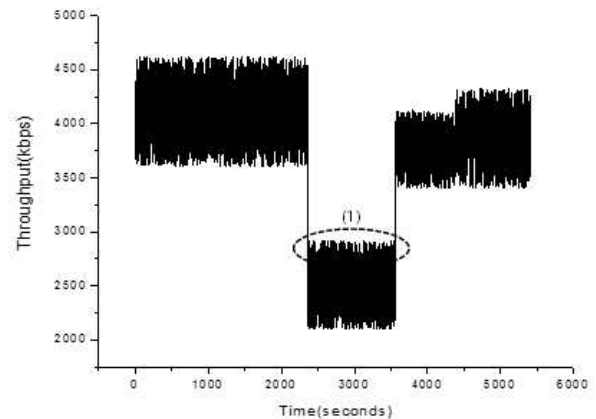


그림 8. 세 개의 LTE 네트워크에서 부하 분산 적용 후 처리율
Fig. 8. Measured Throughput on Network with three LTE with Load Balancing

그림 7과 8은 LTE 네트워크 인터페이스 3개를 갖는 이동 라우터를 적용한 홍콩 제안한 부하 분산 메트릭의 성능을 측정하였다. 부하 분산 메트릭의 적용 전후에 따라 약 232%의 처리율이 향상됨을 알 수 있다. 성능 측정은 현지 상용 무선 네트워크를 이용하였고, 네트워크 품질보다는 실험 환경에 따라 결과에 차이가 있었으나 부하 분산 메트릭을 적용하는 경우 처리율이 향상됨을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 다수의 이기종 네트워크 인터페이스를 가지는 이동 라우터에서 각 인터페이스 간의 트래픽을 분산하는 부하 분산 메트릭을 제안한다. 데이터 분산은 주기적으로 측정된 인터페이스의 상태를 기반으로 부하 분산 메트릭을 계산하여 동적으로 데이터를 분산한다. 무선 인터페이스 상태는 신호세기, 이동 라우터와 제어 서버간의 RTT 및 무선 네트워크 형태를 기반으로 부하 분산 메트릭을 계산한다. 부하 분산 메트릭의 성능평가를 위해 한국과 홍콩의 실제 상용망에 적용하여 처리율을 비교하여 본 바 약 120% 이상의 성능이 향상된 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] W. Simpson, IPng Mobility Considerations, RFC 1688, 1994.
- [2] T. Melia, E. Baiko, S. Das, N. Golmie, and JC. Zuniga, IEEE 802.21 Mobility Services Framework Desing(MSFD), RFC 5677, 2009.
- [3] S. Gundavelli, G. Keeni, K. Koide, and K. Nagami, Network Mobility(NEMO) Management Information Base, RFC 5488, 2009.
- [4] W. Shi and M. MacGregor, "Load Balancing for Parallel Forwarding", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.13, No.4, Aug. 2005
- [5] W. Song, W. Zhuang, and Y. Cheng, "Load Balancing for Cellular/WLAN Integrated Networks", IEEE Network, Jan./Feb., 2007.
- [6] L. Yen, T. Yeh, and K. Chi, "Load Balancing in IEEE 802.11 Networks", Internet Computing, Vol.13, No.2, 2009.
- [7] H. Son, S. Lee, S. Kim, and Y. Shin, "Soft Load Balancing over Heterogeneous Wireless Networks", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.57, No.4, 2008.



나태흠(TaeHeum Na)

2013년 : 충북대학교 정보통신공학 (공학사)
 2015년 : 광주과학기술원(GIST) (공학석사)

2015년~현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 인터넷연구부
 ※관심분야 : SDN, NFV, 미래 인터넷



박평구(PyungKoo Park)

2001년 : 고려대학교 대학원 (공학석사)
 2013년 : 충남대학교 대학원 (공학박사)

2000년~현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 인터넷연구부
 ※관심분야 : 인터넷 보안, SDN/NFV



류호용(HoYong Ryu)

1995년 : 광운대학교 대학원 (공학석사)
 1999년 : 광운대학교 대학원 (공학박사)

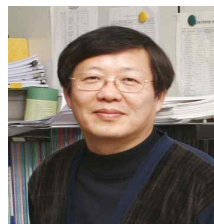
1999년~현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 인터넷연구부
 ※관심분야 : 인터넷 라우팅, 이동 IP, 인터넷 보안



박재형(Jaehyung Park)

1993년 : 한국과학기술원(KAIST) (공학석사)
 1997년 : 한국과학기술원(KAIST) (공학박사)

1997년~1998년: KAIST 인공지능연구센터
 1998년~2002년: 한국전자통신연구원(ETRI)
 2002년~현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수
 ※관심분야 : 인터넷 라우팅, 네트워크 보안, 차량 네트워크



황부현(Buhyun Hwang)

1980년 : 한국과학기술원(KAIST) (공학석사)
 1994년 : 한국과학기술원(KAIST) (공학박사)

1981년~현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수
 ※관심분야 : 센서네트워크, 센서스트림데이터마이닝, 실시간시스템