

멀티호밍 모바일 라우터에서의 다중 인터페이스 선택 프레임워크*

박철현**, 최낙중**, 최양희**, 권태경**, 백은경**
서울대학교 컴퓨터공학부**, KT**

{chpark, fomula, yhchoi, tk}@mmlab.snu.ac.kr**, euna@kt.co.kr**

The Framework for Multiple Interface Selection at a Multihomed Mobile Router*

Chulhyun Park**, Nakjung Choi**, Yanghee Choi**, Taekyoung Kwon**, Eunyoung Paik**
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University**, KT**

요 약

다수의 네트워크에 접근이 가능한 멀티호밍 기술이 구현된 모바일 라우터는 연결된 사용자가 요구하는 다양한 서비스 요구 사항에 맞추어 적절한 네트워크를 선택하고 서비스를 제공할 수 있어야 한다. 이를 위해서 본 논문에서는 사용자의 응용 프로그램의 요구 사항과 네트워크의 특성, 그리고 모바일 네트워크 관리자의 정책이라는 세 가지 정보를 모바일 라우터 내에서 관리하면서, 최적의 네트워크를 선택하여 해당 네트워크와 연결을 가진 인터페이스를 통해 사용자의 트래픽을 전송할 수 있는 다중 인터페이스 선택을 위한 프레임워크를 제안한다.

1. 서 론

무선 네트워크 기술의 발달로 인해 단순히 무선 네트워크에 접속해 서비스를 이용하는 것 뿐 아니라 이동 중에도 끊임 없이 네트워크 서비스를 이용할 수 있는 이동성을 위한 기술이 주목받고 있다. 이러한 이동성 지원을 위해 개발된 기술에는 네트워크 계층의 하단인 링크 계층을 위해 개발된 이동성 지원 기술이 있고, 네트워크 계층에서의 이동성 지원 기술이 있다. 네트워크 계층에서의 이동성 지원 기술로는 단말의 네트워크 이동성을 지원하고자 하는 모바일 IPv6 (MIPv6) [1]와, 다수의 단말을 포함하는 네트워크 자체의 이동성을 지원하고자 하는 모바일 네트워크 (NEMO) [2] 기술이 연구되고 있다. 그러나 다양한 종류의 네트워크 접속 기술이 개발되면서, 단순한 이동성뿐만 아니라 동시에 다수의 서로 다른 네트워크에 접속할 수 있는 멀티호밍 기술 역시 중요한 이슈가 되고 있다. 특히 멀티호밍 기술의 경우에는 다양한 접속 네트워크의 특성을 잘 활용하여 사용자가 요구하는 서비스에 알맞은 접속 네트워크를 통해서 서비스를 제공할 수 있다는 점에서 중요하다고 할 수 있다. 멀티호밍과 이동성이 결합하게 되면, 지속적으로 변화하는 네트워크 접속 환경에 대하여 이동성을 가진 네트워크는 가장 적절하게 네트워크를 선택하거나 변경할 수

있는 새로운 유형의 멀티호밍 기법을 필요로 하게 된다. 본 논문에서는 이와 관련하여 다수의 인터페이스를 통해서 동시에 다수의 네트워크에 접속할 수 있는 멀티호밍 기술이 구현된 모바일 라우터 상에서 네트워크의 특성과 사용자 서비스의 요구 사항으로부터 적절한 접속 네트워크를 선택하여 서비스의 트래픽을 해당 네트워크를 통하여 전송하는 기능을 담당할 프레임워크를 제시하고자 한다. 이를 위해서 IPv6 헤더에 존재하는 플로우 라벨 필드와 hop-by-hop 옵션 헤더에 추가할 트래픽 조정 옵션(traffic control option)을 이용할 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본문의 첫 부분에서는 관련 기술에 대하여 간략하게 서술하고, 이어서 다중 인터페이스 선택 프레임워크에서 사용하기 위한 정보 교환용 데이터 포맷을 설명한다. 그 후에 인터페이스 선택에 사용되는 실질적인 방법론과 적용 사례를 살펴보고, 결론에서 본 논문을 마무리 한다.

2. 본 론

2.1. 관련 기술

MIPv6 [1] 기술은 단말이 하나의 네트워크에서 다른 네트워크로 이동할 때, 네트워크 계층에서의 연결이 끊김 없이 이동할 수 있게 하는 기법이다. 이를 위해서 단

* 본 논문은 2006년도 KT, 두뇌한국21 지원을 받아 수행되었음.

말은 이동하기 전의 홈 링크에 홈 에이전트를 두고, 다른 네트워크로 이동한 다음에 홈 에이전트에 현재 이동한 네트워크에서 얻은 주소와 홈 링크에서 사용하던 주소를 하나로 연관짓는 바인딩을 만들고, 이 바인딩을 홈 에이전트에 업데이트 메시지를 통해 전달해서, 이후로는 홈 에이전트가 노드의 원래 주소로 전송되어 오는 트래픽을 단말로 직접 터널링 해서 보낼 수 있도록 하는 기술이다.

NEMO [2] 기술은 기존의 MIPv6 기술을 더욱 확장하여 단말이 아닌 라우터에 바인딩 기법을 적용한 프로토콜이다. 이 경우에는 해당 모바일 라우터에게 할당된 접두어(prefix)로 전송되는 모든 트래픽을 홈 에이전트가 모바일 라우터로 포워딩 해주어야 한다. 이 때, 해당 모바일 라우터를 통해서 네트워크에 접속하고 있는 단말들은 NEMO 프로토콜과는 직접적인 연관이 없으며, 자신의 네트워크 접속 주소는 바꾸지 않고 네트워크의 연결성은 그대로 유지할 수 있다.

IPv6 [3]에서는 메인 헤더에 플로우 라벨을 두어 각 패킷들이 어떤 플로우에 속하는지를 구분할 수 있도록 하고 있다. 또한, hop-by-hop 옵션 확장 헤더를 통해서, 네트워크 상에서 각 패킷이 라우팅 될 때마다 각 라우터가 적절한 동작을 취할 수 있도록 확장할 수 있는 구조를 갖고 있다.

멀티호밍은 한 노드가 다수의 네트워크에 동시 접속하여 네트워크 서비스를 받을 수 있도록 하는 기술이다 [4], [5]. 이를 위해서 멀티호밍을 지원하려는 노드는 한 개 이상의 인터페이스를 사용하며, 특히 복수의 인터페이스를 갖고 있는 노드는 복수의 인터페이스를 동시에 사용하여 서로 다른 네트워크에 접속할 수 있어야 한다. 멀티호밍의 목적은 크게 여섯 가지로, 영구적으로 어디에서나 네트워크에 접근 가능할 것, 안정성, 부하 공유 및 부하와 패킷 흐름의 분산, 개인 선호도에 맞춘 서비스의 지원, 그리고 각 네트워크의 대역폭을 함께 이용하는 것이 있다.

2.2. 다중 인터페이스 선택 프레임워크

다수의 접속 네트워크들의 다양한 특성을 최대한 활용하여 사용자가 받고자 하는 서비스에서 요구하는 조건을 만족시킬 수 있는 적절한 네트워크 접속을 제공하기 위해서는 각 접속 네트워크의 특성과 제공 가능한 서비스, 그리고 사용자가 요구하는 서비스의 요구 사항 및 특징에 대한 정보를 모바일 라우터가 확인하고, 적절한 연산을 통해 알맞은 접속 네트워크로 해당 트래픽을 포워딩할 수 있어야 한다. 이러한 과정을 그림으로 그려보면 다음과 같다. (그림 1)

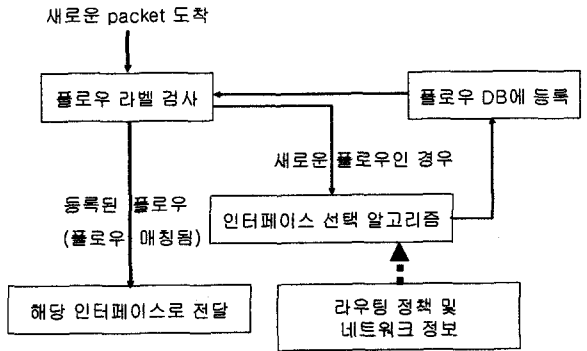


그림 1 다중 인터페이스 선택 프레임워크 모식도

2.2.1. 플로우 라벨

IPv6 헤더에는 트래픽 가운데 특정 패킷들을 다른 패킷들과 구분하기 위한 용도로 사용되는 20비트의 플로우 라벨 필드가 있다. (그림2)

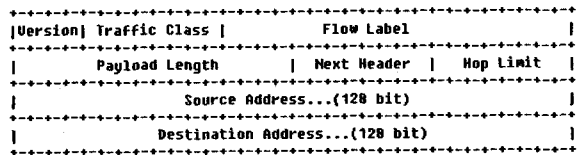


그림 2 IPv6 패킷 헤더

플로우는 특정 송신 주소에서 특정 목적지 주소(유니캐스트, 멀티캐스트 및 애니캐스트를 모두 포함한다)로 보내지는 일련의 연속된 패킷들을 의미한다. 플로우 라벨 필드에 할당되는 값은 패킷을 송신하는 노드의 응용 프로그램 계층에서 적절히 생성하여 할당하는 것으로 가정한다. 동일한 송신 및 수신 주소 내에서는 동일한 플로우 라벨을 갖는 플로우가 여러 개일 수 없다. 단, 송신 혹은 수신 주소가 다른 경우에는 플로우 라벨 값에 대한 제한은 없다. 다중 인터페이스 선택 프레임워크 내에서 플로우 라벨의 역할은 동일한 송신 및 수신 주소를 갖는 패킷이 플로우 라벨이 동일할 경우에는 인터페이스 선택 과정을 거치지 않고 바로 적절한 네트워크로 전송하기 위한 식별자로서의 역할을 한다.

2.2.2. 트래픽 조정 옵션

IPv6 hop-by-hop 옵션 헤더는 네트워크 상에서 패킷이 라우팅을 통해 한 홉만큼 포워딩 될 때마다 라우터 혹은 터미널에 의해서 검사되어야 하는 다양한 옵션들을 포함하고 있다. 인터페이스 선택을 위한 정보를 담기 위해서 우리는 아래와 같은 추가적인 트래픽 조정 옵션을 제안하고자 한다.

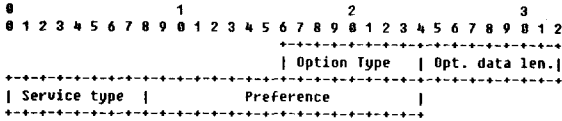


그림 3 트래픽 조정 옵션

옵션 타입과 옵션 데이터 같이 필드에는 정해진 값이 부여된다. 옵션 타입 필드에 들어갈 값은 001xxxxx로, 앞의 세 비트는 이 옵션을 처리할 부분이 구현되지 않은 라우터에 대해서 이 옵션을 무시하고 hop-by-hop 옵션 헤더의 다음 옵션 처리를 진행하라는 의미이고, xxxxx의 다섯 비트는 IANA에 의해서 정해진다. 옵션 데이터 길이 필드는 옵션 타입과 옵션 데이터 같이 필드 자체의 길이를 제외한 나머지 부분의 8비트 단위 길이를 기록하며, 서비스 타입 필드의 길이가 8비트, 선호도 값 필드의 길이가 16비트이므로 3이 할당된다. 나머지 옵션 필드가 의미하는 값은 다음과 같다.

서비스 분류(Service type): 해당 패킷이 어떤 유형의 서비스에 해당하는지를 명시한다. 본 논문에서는 가장 기본적인 네 가지의 유형으로, 참고 문헌 [6]에서 제시한 것을 조금 변화시켜서 비디오 트래픽, VoIP 트래픽, 데이터 트래픽, 그리고 시그널 트래픽의 네 가지 값을 제한한다. 각 트래픽의 특성을 간단하게 서술하면, 비디오 트래픽과 VoIP 트래픽은 두 트래픽 모두 실시간 서비스를 특정 수준 이상으로 요구하며, VoIP 트래픽에 비해 비디오 트래픽의 경우는 실시간 서비스 이외에 적절한 수준의 대역폭도 필요로 한다. 데이터 트래픽의 경우는 특정한 요구조건이 없으나, 선호도 값에 따라서 대역폭의 요구량이 생길 수 있다. 이외의 값은 필요에 따라 사용할 수 있도록 예약 번호로 남겨 둔다.

선호도(Preference): 이 필드를 통해서 사용자는 자신이 원하는 서비스의 유형을 보다 상세하게 라우터에 전달할 수 있다. 0에서부터 65535까지 할당될 수 있는 각 선호도 값의 의미는 라우터에 미리 정의되어 저장되어 있어야 하며, 라우터에서는 적절한 방식으로 단말 노드에게 이 선호도 값을 미리 알려야 할 필요가 있다. 각 노드에서는 이 값을 사용하여 응용 프로그램이나 혹은 각 노드가 요구하는 서비스의 유형을 트래픽 조정 옵션을 통해 라우터에 전달하여 보다 적절한 서비스를 받을 수 있다. 선호도 값의 예시로는 'QoS 지원' '대역폭 사용 효율 최대화' '인터페이스 부하 분산' 등이 있을 수 있으며, 이에 대한 자세한 사용 예시는 2.3.적용 사례를 참고한다.

2.2.3. 플로우 데이터베이스

한 플로우에 속한 패킷이 다중 인터페이스 선택 과정을 통해서 포워딩될 접속 네트워크와 그에 연결되어 있는 인터페이스를 이미 선택했다면, 동일한 플로우 내에 속한 다른 패킷들의 경우는 다중 인터페이스 선택 과정을 다시 거쳐야 할 필요가 없다. 플로우 데이터베이스는 패킷의 송신 및 수신 주소와 플로우 라벨의 값, 그리고

해당 플로우가 포워딩되는 접속 네트워크에 연결하고 있는 인터페이스를 저장한다. 패킷이 들어왔을 때 플로우 베이스 내에 이 패킷과 동일한 송신 및 수신 주소와 플로우 라벨의 값을 갖는 항목이 존재하면 인터페이스 선택 과정을 거치지 않고, 항목 내의 인터페이스 정보를 이용해서 바로 해당 접속 네트워크로 패킷을 포워딩할 수 있도록 한다.

프레임워크로 패킷이 들어오면, 이 패킷의 IPv6 헤더가 검사된다. 위 문단에서 설명한 것처럼, 들어온 패킷의 정보와 일치하는 항목이 발견된다면 해당 네트워크로 바로 패킷을 전송하고, 만약 그러한 항목이 발견되지 않으면 다중 인터페이스 선택 과정으로 넘어간다.

2.2.4. 다중 인터페이스 선택

이 과정에서는 다양한 접속 네트워크의 특성과 라우터 관리자의 정책, 그리고 사용자 서비스의 요구 사항을 기반으로 가장 적절한 접속 네트워크를 선택하여 해당 네트워크에 접속된 인터페이스를 사용하여 패킷을 전달한다.

네트워크 선택은 모바일 라우터가 접속하고 있는 네트워크들 각각의 특성과 사용자 요구 사항의 특성으로부터 각 네트워크가 사용자의 요구 사항에 얼마나 적절한지를 수치화하여, 가장 높은 수치를 갖는 점수를 가지는 네트워크로 해당 패킷을 전달한다. 이 수치화는 아래와 같은 식을 통해서 이루어진다.

$$M = V_i \cdot V_n$$

V_i 와 V_n 은 각각 사용자의 요구 사항과 그에 해당하는 네트워크의 특성을 나타내는 벡터이다. 각 벡터는 트래픽 조정 옵션의 선호도 값에 따라서 적절하게 구성될 수 있으며, 벡터의 각 항목은 사용자 요구 사항의 경우, 위에서 설명한 트래픽의 특성으로부터 적절하게 구성되고, 네트워크 특성 벡터는 QoS 지원 여부나 대역폭 등의 서비스에 필요한 네트워크의 특성에 대한 값이 포함될 수 있다. 각 벡터의 형태는 사용자가 트래픽 조정 옵션을 통해 전달한 선호도에 의해서 정해지며, 이에 대한 자세한 예시는 2.3. 적용 사례를 참고한다.

벡터의 각 항목들은 0부터 1사이로 정규화된 값을 가지며, 사용자 요구 사항 벡터의 각 항목의 값은 선호도 값에 따라서 각 요구 사항에 대해서 어떤 요구 사항에 얼마나 가중치를 둘 것인지를 결정하게 되고, 네트워크 특성 벡터의 각 항목의 값은 이 요구 사항에 대해서 현재 모바일 라우터가 접속하고 있는 각 네트워크들의 상대적인 순위를 표시한다. 이렇게 표현된 두 벡터를 내적해서 만들어진 값이 가장 높은 네트워크가 트래픽을 보낼 네트워크로 선택된다.

프레임워크에 의해 선택된 네트워크로 연결되는 인터

페이스의 정보는 트래픽의 송신 및 수신 주소와 플로우 라벨 값과 함께 플로우 데이터베이스에 저장되어 이후에 전송되어 오는 트래픽은 인터페이스 선택 과정을 거치지 않고 바로 해당 네트워크로 전송될 수 있도록 한다.

2.3. 적용 사례

이 장에서는 선호도 값과 네트워크 특성으로부터 수치화 함수의 각 벡터를 생성하여 사용자의 요구치에 가장 적합한 네트워크를 선택하는 방법과, 각 수치화가 보일 수 있는 의미를 이야기한다.

2.3.1. 인터페이스 부하 분산

이 경우는 각 인터페이스의 부하를 측정하는 적절한 방법이 필요하다. 가장 간단한 방법으로는 인터페이스의 대기 큐에 저장되어 있는 패킷들이 실제로 전송되기까지의 평균 지연 시간을 부하 측정값으로 생각할 수 있다. 그런 경우, 다음과 같은 벡터를 생성하는 규칙을 작성한다.

$$V_n = \{1 - (\text{normalized queueing delay})\}$$

$$V_i = \{1\}$$

서로 다른 두 개의 인터페이스를 통해 두 개의 무선랜에 접속하고 있는 멀티호밍이 구현된 모바일 라우터에서, 한 개의 인터페이스 I_1 에 있는 큐의 평균 지연 시간이 0.5ms이고, 다른 한 개의 인터페이스 I_2 에 있는 큐의 평균 지연 시간이 1.0ms일 경우라고 한다. 두 개의 지연 시간을 0과 1 사이로 정규화하면 다음과 같다.

$$I_1 = 0.5$$

$$I_2 = 1$$

그리고 여기에서부터 위의 방식을 통해 각 벡터를 생성하면 아래와 같다.

$$V_1 = \{0.5\}$$

$$V_2 = \{0\}$$

이 때 트래픽 벡터는,

$$V_i = \{1\}$$

이므로 트래픽 벡터와 각 네트워크 벡터를 내적한 결과값은 아래와 같다.

$$M_1 = 0.5,$$

$$M_2 = 0$$

위와 같은 상황에서는 네트워크 1이 더 적절한 네트워크

크이므로, 다중 인터페이스 선택 프레임워크에서는 I_1 인터페이스를 사용하여 트래픽을 전송한다.

2.3.2. 대역폭 사용량 최대화

여기서의 대역폭의 의미는 실제의 대역폭이 아니라 'goodput', 즉, 실제로 전송된 의미 있는 데이터의 양을 최대로 하는 것이라고 가정한다. 이 때에는 각 접속 네트워크의 패킷 손실률이 의미 있는 요소가 될 수 있다. 또한, 대역폭의 사용량을 최대화하기 위해서는 큰 대역폭을 필요로 하는 서비스와 그렇지 않은 서비스에 대해서 서로 다른 적절한 네트워크를 선택하게 해야 할 필요가 있다. 이 경우 각 벡터의 구성은 다음과 같다.

$$V_n = \{\text{Bandwidth, Lossrate factor}\}$$

$$V_i = \{\text{Packet Size, } v\}$$

이 때, v 는 패킷 유실로 인한 goodput 감소율을 적절한 대역폭의 할당에 비해 어느 정도의 비중을 둘 것인가를 나타낸다. 대역폭은 할당할 수 있는 최대 대역폭 값으로 각 네트워크가 제공하는 대역폭을 정규화시킨 값을 사용할 수 있고, 패킷의 크기는 다음과 같은 규칙을 사용하여 값을 정할 수 있다.

시그널링 트래픽에 대해서: 패킷 크기 = 0.1
VoIP 서비스 트래픽에 대해서: 패킷 크기 = 0.3
데이터 혹은 비디오 트래픽에 대해서: 패킷 크기 = 1.0

예를 들어 두 네트워크가 무선랜과 3G 네트워크라고 가정하자. 무선랜의 최대 대역폭은 11~56Mbps이고, 3G 네트워크의 최대 대역폭은 1~2Mbps 이라고 하고 이 대역폭을 정규화한다. 패킷 손실률은 무선랜이 3G 네트워크에 비해 두 배 더 높다고 가정하고, 이 값을 정규화한 후 1에서 제하여 패킷 손실을 제외한 goodput의 비중을 정하여 각 네트워크에 대해서 다음과 같은 형태의 네트워크 벡터를 생성한다. 편의상 무선랜의 대역폭을 11Mbps, 3G의 대역폭을 2Mbps라고 가정한다.

$$V_{wifi} = \{1, 0.5\}$$

$$V_{3G} = \{0.18, 1\}$$

goodput 감소율에 대한 비중을 0.5로 하고, 각 네트워크 크기가 트래픽 전송에 적당한지의 여부가 패킷 크기에 따라 어떻게 달라지는지를 보기 위해서 V_i 를 VoIP 서비스와 데이터 트래픽에 따라 다음과 같이 다르게 구성하고 결과값을 계산한다

$$V_{VoIP} = \{0.5, 0.5\}$$

$$V_{Data} = \{1, 0.5\}$$

이렇게 벡터를 구성하고 내적을 통해 결과값을 구하면 다음과 같다.

$$M_{WiFi-VoIP} = 0.75$$

$$M_{3G-VoIP} = 0.59$$

$$M_{WiFi-Data} = 1.025$$

$$M_{3G-Data} = 0.68$$

두 가지의 트래픽 모두 무선랜이 더 적절한 네트워크라는 결과값을 얻을 수 있지만, 얻어진 결과값의 차이는 VoIP 트래픽보다 데이터 트래픽에서 더 크다. 따라서 다른 적절한 변수가 추가될 경우, 두 네트워크의 순위가 역전되어 3G 네트워크가 트래픽 전송에 더 적절하다고 판단할 수도 있다.

3. 결론

본 논문에서는 이동성이 부여된 모바일 라우터가 다양한 접속 네트워크의 특성을 잘 이용하여 사용자의 요구 사항에 보다 잘 부합하는 서비스를 제공하기 위해서 사용할 수 있는 네트워크 선택을 위한 프레임워크를 제시하였다. 이 프레임워크에서는 네트워크와 트래픽의 요구 사항을 각각 벡터로 기술하고, 두 벡터를 내적하여 가장 적절한 접속 네트워크를 선택할 수 있도록 한다. 이를 위해서는 서비스에서 요구하는 정보를 라우터에게 전달할 수 있어야 하며, 이를 위해서 IPv6 hop-by-hop 옵션 헤더에 트래픽 조정 옵션을 추가하여 사용한다. 이 기술의 응용을 통해서 라우터 관리자는 사용자에게는 보다 적절한 서비스를 제공할 수 있는 동시에 라우터에 적절한 관리 정책을 적용할 수 있을 것이다. 현재 리눅스를 기반으로 구축된 모바일 네트워크 테스트 베드 상에서 본문에서 서술한 프레임워크를 구현 중에 있다.

참고문헌

- [1] Johnson, D., Perkins, C., and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", RFC 3775, June 2004.
- [2] Devarapalli, V., Wakikawa, R., Petrescu, A., and P. Thubert, "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol", RFC 3963, January 2005.
- [3] S. Deering and R. Hinden. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. Request For Comments 1883, Dec 1995
- [4] C. Ng, E. Paik, T. Ernst, M. Bagnulo, Analysis of Multihoming in Network Mobility Support, Internet Draft, 2006
- [5] Ernst, T., "Motivations and Scenarios for Using Multiple Interfaces and Global Addresses", draft-ietf-monami6-multihoming-motivation-scenario-00 (work in progress), February 2006.
- [6] ITU-T, "Network performance objectives for IP-based services", ITU-T Recommendations Y.1541, February 2006.