미래네트워크

김 대 영

충남대학교 정보통신공학과 교수
ISO/IEC JTC1 SC6 의장
한국첨단망협회(ANF) 집행위원장

1. 미래네트워크의 배경

최근 미래네트워크 또는 미래인터넷이 정보통신 분야 화두의 하나이다. 두 용어는 같은 뜻으로 쓰인다. 하지만 처음 이 용어를 접하는 사람들에게 미래인터넷이라는 말이 자칫 현재 인터넷의 연장을 전제로 한다는 오해를 불러일으킬 수 있는 반면, 현재의 인터넷을 일단 부정하고 백지에서부터 새로운 네트워크 기술을 찾아보겠다는 본래의 뜻을 오해 없이 더 잘 나타내기 위해 미래네트워크라는 용어가 쓰인다고 할 수 있다. 또 어떤 면에서는 미래네트워크에서도 현재 인터넷을 만든 사람들이 다시 주도해서 만들어 나아가겠다는 의지와 향수를 담기 위해 미국 기술자들을 중심으로 미래인터넷이라는 용어가 채택됐다고도 볼 수 있겠다. 반면 새로운 네트워크 기술을 찾기 위해 현재의 인터넷의 부정을 전제로 한 이상 이제 누구라도 똑같은 입장에서 다시 출발할 수 있다는 정서를 나타내기 위해 미래네트워크라는 용어를 선호하는 사람들이 있다고 할 수 있겠다. 특히 미래인터넷이라는 용어에 집착할 경우 앞으로 나올 어떠한 새로운 네트워크 기술이라도 결국은 인터넷의 아류나 그 후속 기술에 불과하다는 주장으로부터 자유롭지 못할 수도 있겠다.

본인은 현재 국제 표준화 기구인 ISO/IEC JTC1/SC6의 의장으로 활동하고 있다. 네트워크 기술, 컴퓨터 통신을 배운 사람들이면 누구나 알고 있을 이른바 OSI(Open Standards Interconnection)라는 컴퓨터통신 기술을 개발하고 표준화한 곳이 바로 JTC1/SC6 및 SC21이다. 이 기술 표준화의 초기 단계에 이 그룹이 만든 기준 모델이 바로 유명한 ISO OSI Seven-Layer Model이다. 1980년도 중반부터 개발되어 온 OSI 표준은 1990년 중반까지만해도 각 나라가 이른바 GOSIP(Government OSI Procurement)이라는 실행 표준에 의해 정부 데이터망을 OSI로 구축하려는 움직임까지 보일 정도로 정착을 하는 듯하였다. 그러나 웹이라는 강력한 응용을 무기로 한 인터넷이 폭발적으로 확산됨과 더불어 OSI는 세상을 잡지 못하고 뒷 그늘 속으로 사라졌고 Session, Presentation, Application등 상위 세 계층의 표준 개발을 담당하던 SC21이 문을 닫고 SC6로 합쳐졌으며, 현재 SC6는 본래의 하위 네 계층(Physical, Data Link, Network, Transport)과 함께 OSI 7개 전체 층에 대한 표준 개발을 담당하고 있다.

이제 인터넷을 부정하고 새로운 네트워크 기술을 찾아 가는 마당에 위와 같이 컴퓨터통신 표준 개발의 선두자적 역할을 하였던 JTC1으로서는 당연히 미래인터넷이라는 용어보다는 미래네트워크라는 용어를 사용하지 않을 수 없겠다. 실은 지난 4월 SC6 Xi'an 총회에서는 미래네트워크 표준에 대한 특별 준비회의 소집을 결정한 바 있고, 이에 따라 2007년 9월 5, 6 양일간 프랑스 파리 ANFOR(프랑스 표준국)에서 'Future Networks

Ad Hoc Meeting[1]을 열기로 되어 있다. 이 회의에는 ITU-T 등 주요 표준 기관들이 초청되어 있고 앞으로의 표준화 작업도 ITU-T와의 긴밀한 공동 작업으로 진행될 계획이다.

2. 왜 미래네트워크인가?

그렇다면 왜 미래네트워크인가? 왜 현재의 인터넷을 부정해 보자는 것인가? 우선 인터넷을 부정하기 전에 인터넷의 성공에 대해 다시 한 번 되새겨야 하겠다. 인터넷은 통신 역사에 전화망 이후로 가장 성공적인 네트워크 기술이다. 아니 그 정도로는 부족하고 인류 역사상 가장 성공적인 통신 기술이라 해야 마땅할 것이다. 인터넷은 인류를 온통 완전히 새로운 삶의 패러다임으로 몰아넣었다. 아마도 인류의 가장 위대한 발명 중의 하나라고도 할 수 있겠다.

이러한 인터넷의 성공, 공헌에도 불구하고 인터넷은 태생적 한계가 있음이 여러 가지로 지적되고 있다. 인터넷 성공의 가장 큰 장점이라고 생각되었던 핵심 프로토콜의 단순성이 이제는 끝도 없이 펼쳐지는 정보사회의 요구를 충분하게 들어 주는 망으로 성장하지 못하게 발목을 잡는 요소로 인식되고 있는 것이다. 인터넷 프로토콜의 단순성은 그 가정된 상황에서 기인한다. 그러나 인터넷 기본 구조가 설계된지 30년이 지난 지금 많은 상황이 바뀌었다. 이 글에서 이러한 논지를 일일이 다시 반복할 뜻은 없으나 몇 가지 보기만 들어 보자면 그 하나로 사용자에 대한 신뢰성 가정의 변화이다. 인터넷은 기본적으로 신뢰할 수 있는 '착한' 사용자를 가정으로 만들어 졌기 때문에 보안 대책을 기본 핵심 기능으로 설계하지 않았다. 하지만 지금 또 앞으로의 망은 의도적 또는 비의도적인 공격적이고 파괴적인 사용자의 존재를 기본 가정으로 해야 한다. 또한 인터넷은 기본적으로 각 링크나 라우터, 호스트 등 기계의 신뢰성을 기본적으로 낮은 것을 가정하되 다만 시간이 좀 걸리더라도 어떻게든 다시 연결되고 살아나는 생존성(survivability)에 초점이 맞추어져 있었다. 하지만 지금의 인터넷 세상은 전통적 전화망 수준(99.999%) 또는 그 이상의 높은 가용성(availability)를 요구하고 있다.

인터넷은 초기에는 군사적 목적을 염두에 두고 개발되었으나, 이후 군사망이 MILNET으로 분리되면서 연구망으로서 진화하였다. 하지만 인터넷이 이제 더 이상 연구자들의 전유물이 아니며 오히려 그 기본적 운영은 모두 상용화가 되었다. 상용화가 된 이상 인터넷이 계속 돈을 벌 수 없는 사업으로 남는 것은 문제가 있다. 인터넷이 교육, 연구 또는 국방망 응용의 범주를 훨씬 벗어나 사회 전반을 떠받히는 상용화가 된 이상 인터넷 인프라 투자에 대한 인센티브가 확보되어야 한다. 전기, 물과 같이 국가가 책임지던 인프라도 상용화가 되는 추세에 인터넷에도 이러한 운영 모델이 출현해야 한다.

인터넷의 많은 응용은 더 이상 호스트 중심이 아니라 콘텐츠 중심이다. 이제 많은 사람들은 누가 보냈는가 보다는 어떤 내용인가에 더 중요성을 부여하고 있다. Data/Content-centric, Context-aware 네트워킹이 거론되는 이유가 여기에 있다. 또한 end-to-end transparency(투명성)이 더 이상 유효하지 않게 돌아가고 있다. 현재의 인터넷이 제공하지 못하는 서비스를 추가 제공하기 위해 각종 불투명한 중간 박스(middle box)가 운용되고 있다. 이상은 인터넷의 기본 설계 구조의 재고를 요구하는 근본적 환경 변화의 일부일 뿐이다.

그런데 인터넷을 부정한다고 할 때에 과연 무엇이, 어디까지가 현재의 인터넷인가가 정해져야 한다. 정확한 정의나 합의점은 없지만 대개 현재의 TCP/IP 프로토콜과 라우팅 프로토콜, DNS 시스템으로 대표되는 패킷 기술이라고 할 수 있다. 또한 위와 같이 미래인터넷, 미래네트워크에서 일단 현재의 인터넷을 부정하고 새로운 생각을 시작해보자는 의도에도 불구하고, 그 결과가 과연 현재의 인터넷과 뚜렷이 구별된다고 할 수 있는 기술의 출현으로 성공을 거둘지, 아니면 현재 인터넷 기술의 연장선상에서의 한 기술로 인식될 정도의 결과로 그칠지 지금으로서는 알 수가 없다. 다만, 현재의 인터넷이 가정하는 기본적이고 핵심적인 구조적 가정을 건드리지 않는 범위 내에서의 개선을 도모하던 지난 15년 동안과 같은 방식으로서는 새로운 사회가 요구하는 다양하고 향상된 품질의 기술을 제공하기 위한 뚜렷한 돌파구를 도저히 찾을 수 없다는 한편 겸손하고, 자괴적인 자세에서 미래

1. 장소 : http://www.afnor.fr/. 참가문의 : jooran@kisi.or.kr

인터넷, 미래네트워크를 주창하게 되었다고 할 수 있다. 곧 이른바 새판짜기 (clean slate approach)는 수단이지 목적 그 자체는 아니다.

3. 미래네트워크에서는 무엇을 표준화하는가?

미래네트워크에 대한 표준을 시작하기 위해서는 우선 Future Network Framework이라는 문서를 작성해야 한다. 사실 미래네트워크의 실제 형상에 대한 합의가 없는 시점에서 Framework 문서를 작성하는 것조차 쉬운 일은 아니다. 이 문서 작업이 2008년 중에 시작된다고 하더라도 문서가 투표 문서로 준비가 될 때까지 적어도 2년여의 시간이 걸릴 것으로 예상된다. Framework 문서의 주요사항 중의 하나는 사용자 요구사항의 정리가 될 것이다. 다변화되고 있는 미래 사회가 무엇을 요구하느냐의 정리이다. 사용자 요구사항을 어디까지 수용하느냐가 개발될 기술의 범주와 수준을 결정하게 될 것이다. 그리고 이러한 요구사항을 만족시키기 위해서 개발될 기술이 가져야 할 기본적 속성에 대한 정리도 이루어질 것이다. 그리고 전체 시스템에 대한 구조와, 각 세부 기술에 대한 표준 개발 방법 및 일정 등이 정리될 것이다.

예상되는 사용자 요구 사항 중에 가장 쉽게 떠오르는 것은 바로 완벽한 품질 보장이다. 패킷 스위칭을 기반으로 한 현재의 인터넷에서 IntServ, DiffServ 등 다양한 품질 보장 기술이 제안되어 왔지만 이러한 기술들이 글로벌 네트워크에서 제한 없는 확장성으로 적용될 수 있는가에 대해서는 현재 매우 회의적이다. 근본적으로 패킷 스위칭 위에 scheduling 등 어떠한 기술을 첨가하더라도 결국 hard-wired 회선 교환과 같은 완벽한 품질 보장은 제공할 수 없다는 것이 일반적인 견해이다. 또한 over-provisioning으로 해결할 수 있다는 주장도 확률적 불확실성을 완전히 제거할 수 없다는 면에서 완벽한 해결책은 못 된다. 실제로 Internet2 등 연구망을 통한 시험에서 보면 결국 하나의 세션에 end-to-end 회선(lambda: 광섬유의 파장 하나)을 배타적으로 제공하기 전에는 완벽한 품질을 보장할 수 없음은 여러 시도에서 증명된 바 있다. Internet2 등에서는 이미 HOPI(Hybrid Optical and Packet Infrastructure)라고 하여 best-effort 서비스는 패킷 스위치로, 품질 보장 서비스는 Optical(Lambda) Circuit로 운용하는 방법이 5, 6년째 사용되고 있다. 미국은 이미 NLR (National Lambda Rail)이라고 하여 패킷 스위칭을 기반으로 한 기존의 망과는 별도로 된 광회선망을 구축한 바 있으며 올해 들어서는 Internet2와 NLR이 한 기구로 통일되었다. 또한 세계적으로도 GLIF(Global Lambda Integrated Facility)라는 그룹이 형성되어 이미 수년간 end-to-end 광회선 접속을 위한 활동이 활발하게 진행되고 있다. 사용자 친숙한 단대단 광회선 설정 도구로서는 캐나다 Canarie 팀이 개발한 UCLP(User-Controlled Light Path)가 광범위하게 사용되고 있다.

현재 인터넷의 기능에 대한 주요 불만 중의 하나로 신속한 이동성(Fast Mobility)을 들 수 있다. 기본 프로토콜인 Mobile IP 이후 신속성을 위한 여러 가지 개선안이 개발되고 있으나 아직 이렇다 할 만족할 만한 해결책이 나오지 않고 있다. 아마도 그 주요 이유 중의 하나는 IP 프로토콜이 기본적으로 Internetworking 프로토콜로서 부속망(sub-network)과의 독립성을 전제로 한 까닭일 수 있다. 이동성에 대한 정보를 가장 먼저 획득하는 곳이 물리층인 것을 감안하면 이러한 IP와 부속망의 독립성은 포기되어야 마땅할 것이며 그러한 시도가 이미 이루어지고 있다. 그런데 이 독립성의 포기는 인터넷 구조의 근본을 흔드는 시도의 일종으로도 볼 수 있다.

신속한 이동성의 제공과 더불어 multi-homing과 관련해 붉어져 나온 주요 움직임의 하나는 바로 (Host) Identity와 Locator(Address)의 분리이다. 현재의 인터넷에서는 Host의 주소(IP address)가 바로 Host의 ID로 함께 쓰이고 있다. 이것은 OSI에서 Name(ID)와 Address를 애초 구조적으로 분리한 것과 비교하여 매우 원시적인 방법이라고 할 수 있다. 결국 bottom-up으로 직관 또는 즉흥적이고 간소화만을 추구하며 만든 인터넷 프로토콜 스택이 향상된 기능을 제공해야 하는 마당에 앞을 가로 막는 장벽에 부딪쳤다고 할 수 있다.

BGP 라우팅 테이블의 폭발도 오랫동안 지적되어 온 큰 문제이다. 라우팅을 분산으로 하다보니 모든 BGP 라우터가 글로벌 라우팅에 필요한 정보를 확보하

기 위해 호스트 및 부속망의 증가와 함께 그 테이블의 크기가 기하 급수적으로 증가되어야 하기 때문이다. 센서 네트워크의 본격적 출현으로 인한 호스트 및 부속망의 폭발적 증가를 생각하면 BGP 라우팅 테이블 크기의 증가는 인터넷의 장점으로 여겨져 왔던 확장성(scalability) 자체에 근본적인 의구심을 갖게 하는 대목이 될 수 있다. 또한 BGP 분산 작동으로는 잘못된 경로 설정으로부터 벗어 나는 시간이 종종 심각하게 긴 것도 문제이다. 사실 BGP 라우팅에는 많은 인위적 행위 개입이 불가피하고, 이 과정에서 숙련되지 않은 기술자로 인한 잘못된 경로 설정은 항시 다발적으로 이루어지고 있는 일이라 할 수 있다. 어느 상대방과의 end-to-end 응용을 돌리려고 할 경우 실제로 어떤 경로로 패킷이 오가는지는 그 때마다 연결을 해봐야 비로서 알 수 있는 오리무중인 경우가 많다. 비대칭적 라우팅(가는 경로와 오는 경로가 서로 다른. 예를 들어 한국과 유럽과의 접속을 할 경우, 가는 경로는 인도양을 통해 서쪽으로, 오는 패킷은 대서양, 북미, 태평양을 건너 돌아오는) 및 먼 길 돌아오기(충남대에서 이화여대로 가는 패킷이 미국을 통해 전달된다든지) 현상이 이제는 전혀 새로운 놀라움이 아니다. 쌍방간의 고품질 대화적 응용을 하는 경우에 이러한 잘못된 라우팅은 심각한 문제가 아닐 수 없다. 더 나쁜 것은 숙련된 망 운영 엔지니어라도 실제 상황에 부딪히기 전에는 올바른 라우팅을 함부로 장담할 수 없다는 것이다. 실제로 막상 응용을 시작할 때에나 문제를 발견하게 되고, 이리 저리 망운용자들끼리 이메일을 주고 받으며 난리를 친 뒤에야 간신히 문제를 해결하는 경우가 다반사이다. 또는 미리 잘 준비해 놓고도 막상 본격적 운용을 하는 시점에서는 무슨 일인지 라우팅이 완전히 바뀌어져 있는 경우도 흔하다.

이러한 현재 인터넷 라우팅의 문제를 해결하기 위해 인터넷의 주요 속성이라고 할 수 있는 분산 라우팅을 포기하고 중앙제어(centralized) 라우팅으로 근본 구조를 바꿔야 한다는 주장이 제기되고 있다. 또한 control과 transport의 분리, 곧 routing과 forwarding의 분리가 주장되고, 이미 시도되고 있다. 여기에서 한 발짝 더 나아가 management까지 얘기되면 Telco에서 전통적으로 사용하던 multi-plane(management, control, transport) 구조로 향하게 된다.

혼잡 제어(congestion control)를 네트워크 층이 하지 않고 종단 프로토콜인 TCP가 간접적으로 맡게 하는 것도 OSI에서는 이해할 수 없는 이상한 설계 구조이다. 또한 TCP는 오히려 어느 정도의 패킷 에러가 있어야만 정상적으로 동작할 수 있게 되어 있는 것도 그 유효성을 다시 짚어 봐야 할 사안이다. 혼잡 제어는 네트워크가 담당하고 종단 프로토콜은 패킷 에러에 의존하지 않고도 정상적인 흐름 제어(flow control)를 할 수 있도록 기본 설계 구조의 변경을 고려해 봐야 한다.

이 밖에도 기본적으로 반드시 공식 인증된 객체 이름(ID) 쓰기, 동적인 링크 전환, 응용은 통신의 내용에만 관계하고 주소나 네트워크 상세에 대해서는 무관할 수 있도록 하는 사용자 인터페이스의 제공 등이 새로운 과제로 정리될 수 있다.

4. 맺음말

미래네트워크 표준은 위에서 언급한 대로 ISO/IEC JTC1/SC6와 ITU-T GSI의 적절한 SG가 공동 작업으로 진행할 예정이다. SC6는 2008년 4월 제네바에서 있을 회의에서 미래네트워크에 관한 새로운 프로젝트 제안이 이루어질 예정이고, 제안 투표가 성공할 경우 2008년 11월 회의부터 본격적인 안건으로 다루어질 것으로 예상된다. ITU-T는 새 연구 기간(2009-2012)의 신규 작업 항목을 현재 신청 받고 있으며 내년 중에 확정하게 되므로 미래네트워크 표준 작업은 2009년 새 연구 기간 출발과 함께 시작될 것으로 기대하고 있다.

20세기 들어와 100년 이상 성장과 정착을 해온 시간회선교환 기반의 제 1세대 네트워크 기술인 전화망 기술, 1960년대 이후 출현, 성장, 정착을 해 오고, 1980년대 이후 표준화가 이루어진 패킷교환 기반의 제2세대 네트워크 기술인 인터넷 기술의 시대를 넘어, 이제 바야흐로 이 두 망의 단점을 극복하고 장점을 승화시키고 더 나아가 이전에 전혀 상상을 하지 못했던 새로운 꿈의 네트워크 기술의 시대를 열어 줄 제3세대 미래네트워크 기술의 초입에 우리가 서 있다. 이러한 네트워크 기술의 중대 전환기에 우리가 처해 있는 것이 어쩌면 우리에게는 큰 행운이 아닐 수 없는 바, 미래네트워크 시대에 있어서는 우리 나라가 다만 활발한 사용자에 머무르지 말고 핵심 기술 개발은 물론 표준화, 산업화에서도 선구자적 역할을 해 내기를 기대한다. TTA