

# CA\*net3 구축 현황 및 향후 추진 방향 분석

## Analysis on Current Status and Future Direction of CA\*net3

김성연(S.Y. Kim)      통신망기반팀 책임연구원, 팀장  
이준경(J.K. Lee)      통신망기반팀 선임연구원  
전경표(K.P. Jun)      통신시스템연구부 책임연구원, 부장

인터넷 이용자와 트래픽의 급속한 증가는 인터넷의 이용에 많은 문제점들을 야기하고 있다. 각국은 차세대 인터넷에서의 기술 주도권 확보를 통하여 국가경쟁력을 강화하고 자국민의 삶의 질을 향상하고자 노력하고 있다. 미국의 NGI, Internet2, 캐나다의 CA\*net이 대표적인 사례이다. 따라서 본 논문은 캐나다 정부가 주도적으로 전국 규모로 광 인터넷 네트워크 구축을 추진중에 있는 CA\*net3에 대하여 추진 배경, 구축 및 운영 현황과 앞으로의 전개 방향을 살펴본다. 특히 CA\*net3는 DWDM 기반의 코아 백본 네트워크와 CWDM과 기가 이더넷 기술에 기반을 두고 구축하고 있는 지역 네트워크(ORAN)로 이루어져 있다. 따라서 현재 추진중인 CA\*net3 네트워크 구조에 대하여 중점적으로 살펴봄, 'Customer Empowered Networking Revolution'이라는 개념을 바탕으로 향후 추진하고자 하는 CA\*net4 추진 동향에 대하여 자세히 살펴보고자 한다.

### I. 서론

인터넷 이용자와 트래픽의 급속한 증가는 인터넷의 이용에 많은 문제점들을 야기하고 있다. 각국은 차세대 인터넷에서의 기술 주도권 확보를 통하여 국가경쟁력을 강화하고 자국민의 삶의 질을 향상하고자 노력하고 있다. 미국의 NGI(Next Generation Internet), Internet2, 캐나다의 CA\*net이 대표적인 사례이다. 미국의 NGI는 기술 개발에 초점을 두고 추진되고 있다는 점, 그리고 Internet2는 정부 주도가 아닌 대학과 민간 기업 주도의 차세대 인터넷 기술 개발이라는 점에서 캐나다가 추진중인 CA\*net3와 차이가 있다.

캐나다 정부는 차세대 인터넷 분야에서의 기술 경쟁력과 고속의 네트워크를 기반으로 하는 네트워크 경쟁력을 바탕으로 정보사회에서 캐나다 국민들이

실질적인 혜택을 받을 수 있도록 하기 위하여 1990년부터 지속적으로 차세대 인터넷 네트워크에 대한 투자를 하고 있다. 캐나다 정부에서는 고속의 연구 개발 네트워크 구축을 위하여 1990년부터 CA\*net 구축을 시작으로 1997년에는 CA\*net II, 1998년부터는 CA\*net3를 추진중에 있다. 현재 추진중인 CA\*net3는 정보통신망 인프라를 정부 주도로 전국적인 규모의 광 인터넷 기반으로 구축하는 세계 최초의 시도이다. 이제까지의 정보 기반 구축사업(National Information Infrastructure)들은 정책적인 측면에서의 규제완화 및 재정 지원적인 성격이 강하였던 반면, CA\*net3는 구체적인 정보통신 네트워크 인프라 구축사업으로 추진되어 오고 있다는 점, 그리고 특히 최근 급속히 발전하고 있는 광 인터넷 기술을 선도적으로 채용하여 추진하고 있다는 점 등에서 다른 나라에서 추진중인 정보 기반 구축사업과의 차별

성이 부각된다고 할 수 있다.

따라서 본 고에서는 캐나다 정부가 주도적으로 추진중인 CA\*net3에 대하여 추진 배경, 네트워크 구축 및 운용 현황, 앞으로의 방향 등에 대하여 구체적인 사항들을 살펴보고자 한다. 특히 CA\*net3는 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 기반의 코아 백본 네트워크 자체를 의미하고 있으나, CA\*net3와 함께 추진되고 있는 CWDM(Coarse WDM)과 기가 이더넷 기술에 기반을 두고 구축하고 있는 지역 네트워크(Optical Regional Advanced Network: ORAN)에 대한 이해가 캐나다 차세대 네트워크를 이해하는 관건이다. 따라서 현재 추진중인 CA\*net3 네트워크 구조에 대하여 중점적으로 살펴 보며, Customer Empowered Network이라는 개념을 바탕으로 향후 추진하고자 하는 CA\*net4 추진 동향에 대하여 자세히 살펴보고자 한다.

## II. CANARIE 개요 및 CA\*net3 추진 배경

### 1. CANARIE 개요

캐나다 정부는 1990년대 초반부터 모든 캐나다 국민들이 정보와 지식 인프라에 자유롭게 보편적으로 접근할 수 있도록 하고, 또한 캐나다가 세계에서 가장 훌륭한 네트워크 인프라를 보유한 국가가 되도록 하기 위하여 ‘Connecting · Canadians’라는 프로그램을 지속적으로 추진하여 오고 있다[1]. Connecting · Canadians 프로그램은 다음과 같은 6개의 이니셔티브로 구성, 추진되고 있다.

- Canada On-line
- Smart Communities
- Canadian Contents On-line
- Electronic Commerce
- Government On-line
- Connecting Canada to the World

CANARIE는 Canada On-line Initiative의 일환

으로 캐나다 국민들이 정보사회에서 실질적인 혜택을 누릴 수 있도록 하기 위하여 캐나다의 차세대 인터넷 개발을 촉진하고 개발된 인터넷 기반을 활용하여 혁신적인 응용서비스들을 창출하는 데 그 목적을 두고 1993년도에 설립되었다. CANARIE는 산업체 주도의 비영리 기관으로서 현재 140 회원사, 500 프로젝트 파트너 및 캐나다 연방 정부 기관인 Industry Canada의 협조 하에 운영되고 있으며, 26명의 이사진으로 구성되어 있다[2].

CANARIE는 설립 이후 CA\*net 구축에 약 6억 달러를 투자하였으며 이 중에서 캐나다 연방 정부로부터는 약 3억 달러를 지원받았다. CANARIE가 설립 이후 추진한 주요 사업 연표는 <표 1>과 같다.

<표 1> CANARIE 주요 연표

연 도	주요 추진 내용
1993	• CANARIE 설립 • CA*net T1으로 고도화 • Technology Development & Diffusion(TD2) 시작
1995	• National Test Network 구축 • Technology and Applications Development(TAD) 프로그램 시작
1997	CA*net II 계획 발표
1998	CA*net3 시작
1999	CA*net3, B.C.에서 Nova Scotia까지 완성
2000	CA*net3, Newfoundland 및 PEI까지 확장

CANARIE는 차세대 인터넷 네트워크 구축과 관련하여 산업체, 정부 기관, 연구 및 교육 기관의 전문가들을 하나로 연결하여 캐나다 연방 정부가 목적하는 차세대 인터넷의 글로벌 허브 실현을 위한 중재자로서의 역할을 담당하고 있다. 또한 CANARIE는 CA\*net3 운영과 관련한 제반 사항을 결정하고 관리하고 있으며, CA\*net3 운용을 위하여 ARD-NOC을 설치하여 운영하고 있다.

ARDNOC은 CA\*net3의 지역 네트워크(Regional Advanced Network: RAN) GigaPoP(Gigabps Point of Presence) 운영자들에게 통상의 상용서비스 제공 사업자가 제공하고 있는 각종 NOC(Network Operating Center) 서비스와 헬프 데스크(Help-desk)

서비스를 제공하고 있다. 그리고 CA\*net3 이용 기관과 국제 네트워크 연동이 이루어진 연구 개발 이용 기관들에 대하여는 차세대 네트워크, 응용서비스, 네트워킹 서비스, 각종 툴 및 방법론의 개발, 시험, 전개 등과 관련된 사항들을 조정하고, 용이하게 추진할 수 있도록 돕는 역할을 담당하고 있다. 아울러 이러한 일련의 활동들의 결과로 나오게 되는 지식들을 정리하여 보급하는 역할도 담당하고 있다. ARD NOC에서 현재 연구가 진행중인 주제들을 참고하면 다음과 같다.

- IP Telephony
- IP Multicasting
- Video Server
- Video Capture
- IPv6
- QoS
- Statistics & Measurements
- Route Registry
- TNOG Projects
- MPLS
- Distributed Interactive Virtual Environment
- Distributed Storage Infrastructure

또한 ARNOC은 이용 기관들에게는 다음과 같은 응용서비스들을 현재 제공하고 있다.

- Event Multicasting
- H.323 & MPEG2 Conference
- CPAC multicast(IP/TV, MBONE, Real)
- ICE radio(audio delivery)
- Callisto VOD server
- Audio/Video indexing and archiving

그리고 ARDNOC은 캐나다의 국립 영상 위원회(National Film Board of Canada)와 함께 CineRoute라는 주문형 비디오(Video on Demand) 형태의 서비스를 CA\*net3를 이용하여 시험하였으며, NFB에서는 2000년 6월부터 800여 개의 영상 필름을 MPEG-1으로 제작하여 CA\*net3 가입 기관들에게 무상으

로 서비스하고 있다. 현재 NFB는 디지털 TV 시대의 도래에 맞추어 중요 영상 필름에 대하여는 MPEG-2 서비스 제공을 준비중에 있다.

## 2. CA\*net 추진 배경 및 발전 현황

캐나다 정부는 통신 기술의 발전 방향과 발전 속도에 따라 다양한 네트워크를 운영하면서 새로운 통신 기술을 적절히 수용하여 왔다. 캐나다 정부 주도로 추진되어 온 네트워크의 발전을 시대적인 관점에서 살펴보면 CA\*net3가 추진되게 된 배경을 알아보는 것이 필요하다.

CA\*net은 1990년에 캐나다의 NRC(National Research Council)의 지원으로 대학과 연구 기관들 사이의 인터넷 접속서비스를 제공하기 위하여 구축되었다. 이는 캐나다 최초의 인터넷으로서 20개의 지역 네트워크와 연동되어 운영되었다. CA\*net은 1997년 3월 31일까지 CA\*net Networking Inc.에 의해 비영리 기반으로 운영되었다가 그 후 Bell Advanced Communications(BAC, 현재의 Bell Nexxia)에 의해 인수되어 상용 네트워크로 활용되고 있다.

1995년에는 CANARIE를 중심으로 Bell Advanced Communications, AT&T Canada, Teleglobe Canada와의 협조 하에 ATM을 기반으로 하는 전국 규모의 National Test Network(NTN)이 구축되었다.

1997년에는 기존의 CA\*net이 BAC에 인수되어 상용화됨에 따라 NTN이 차세대 연구 네트워크인 CA\*net II로 전환되었다. CA\*net II는 IP over ATM over SONET over WDM 기술을 채용한 캐나다의 제2세대 차세대 인터넷 네트워크이다. CA\*net II는 연구 기관들을 수용하는 네트워크이기는 하지만 상용 네트워크 개념에서 인터넷 서비스를 제공하는 네트워크로서의 기능을 제공하고 있다. 즉 순수한 시험용 네트워크(testbed)가 아니라 실제 차세대 어플리케이션이 운용되고 실제의 이용 트래픽이 흐르는 네트워크라는 의미에서의 상용 네트워크이다. BAC와 AT&T Canada는 155Mbps 백본을 상용 ATM 네트워크상에서 논리 네트워크 형태로 제공하고 있으며, Teleglobe Canada는 유럽과의 접속을 제공하

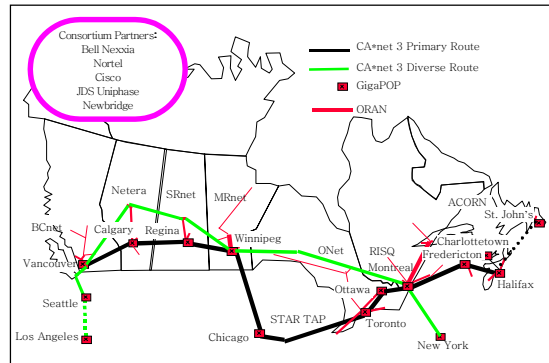
고 있다. 각 대학이나 연구 기관과는 지방정부가 운영하고 있는 지역 네트워크(RAN)를 통하여 접속이 이루어지고 있으며, 승인된 이용 기관은 15개의 Giga PoP—각 RAN 및 참여 3개 서비스회사가 운영—을 통하여 CA\*net II에 접속을 허용하고 있다. CA\*net II는 2000년 까지만 운영될 계획이다.

1998년 2월 캐나다 연방정부는 전국 규모의 광 인터넷 네트워크(CA\*net3)를 구축하기 위하여 5,500만 달러를 투자한다고 발표하였다. CA\*net3는 ATM과 SONET 계층을 제거하고 IP over DWDM 기술을 채용한 광 인터넷 백본 네트워크이다. CANARIE는 CA\*net3 백본 네트워크 사업자로서 Bell Canada를 중심으로 한 컨소시엄—Cisco Systems Canada, JDS Fitel, Newbridge Networks, Cambrian Positron Fiber Systems, PMC Sierra와 Nortel 포함—을 선정하였다. CA\*net3에서는 IP 기반의 인터넷 데이터 트래픽의 효율적인 처리를 목표로 혁신적인 네트워크 구조, 고속의 처리, 현저한 비용 절감을 실현하는 네트워크의 전개를 목적으로 하고 있다. 또한 CA\*net3를 통하여 캐나다의 기술적 리더십을 견지하고 국제경쟁력을 강화하기 위하여 캐나다는 자국의 개발 장비를 중심으로 네트워크를 구축하고 있다. CA\*net3는 1998년부터 2002년까지 운용될 계획으로 있다.

### III. CA\*net3 추진 현황

#### 1. CA\*net3 구축 현황<sup>1)</sup>

CA\*net3는 엄밀하게 말하자면 40Gbps의 속도를 제공하는 DWDM 기반의 백본 네트워크이다. CA\*net3는 현재 32개 WDM 채널 중 8개 채널만을 이용하여 백본서비스를 제공하고 있다. CA\*net3 코어 백본 네트워크는 Vancouver에서 Halifax까지는 1999년 8월에 완료하였으며, Newfoundland까지는 2000년 7월 말에 완성할 예정이고, PEI까지의 확장은 2000



(그림 1) CA\*net3 구축 현황도

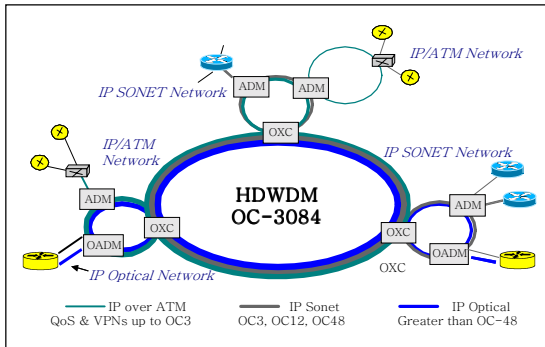
년 9월 완공을 목표로 하고 있다(그림 1).

CA\*net3에서 추구하고 있는 광 인터넷 네트워크 구조는 DWDM 기술을 이용하여 백본 라우터간의 직접적인 연결을 하는 것이다. 즉 IP over DWDM 기술을 채용한 방식의 네트워크를 구축하는 것이다. 이러한 구조 하에서 고성능의 라우터는 스위칭 기능을 가지도록 하며, 전용 파장(Dedicated Wavelength)을 이용한 bypass나 cut-through를 실현한다. 그리고 SONET Framing이나 Gigabit Ethernet Framing을 이용하여 패킷화하고, 광 전송 링크에서는 보호 링크를 이용하여 인터넷의 자기 복구 기능(self healing)을 확보하며, MPLS를 이용하여 트래픽 엔지니어링이나 네트워크 관리 기능을 구현한다. 그리고 네트워크 구조는 인터넷 트래픽이 가지는 속성에 최적화하여 디자인 한다는 목표를 가지고 설계되었다. 즉 인터넷 트래픽의 특성인 Fractal 특성, 비대칭적 특성, 에지 노드에서의 혼잡(congestion) 문제 발생 등을 고려하여 최적화할 수 있는 네트워크 구조로 설계되었다(그림 2)[3].

(그림 2)의 네트워크 구조 개념도에서 알 수 있는 바와 같이 당초 CA\*net3의 계획은 백본은 DWDM 기반의 링 구조로 구성되며, 가입자 액세스는 IP over ATM이나 IP over SONET 구조로 설계되었다[4, 5].

특히 미래의 IP 기반의 인터넷 트래픽은 지금 상상할 수 없을 정도로 규모가 커질 것이라는 점을 전제하여 트래픽의 타입—컴퓨터 대 컴퓨터간의 트래픽, 인간 대 인간간의 트래픽, 인간 대 기계간의 트

1) CA\*net3 구축 현황은 2000년 6월 말 기준임.

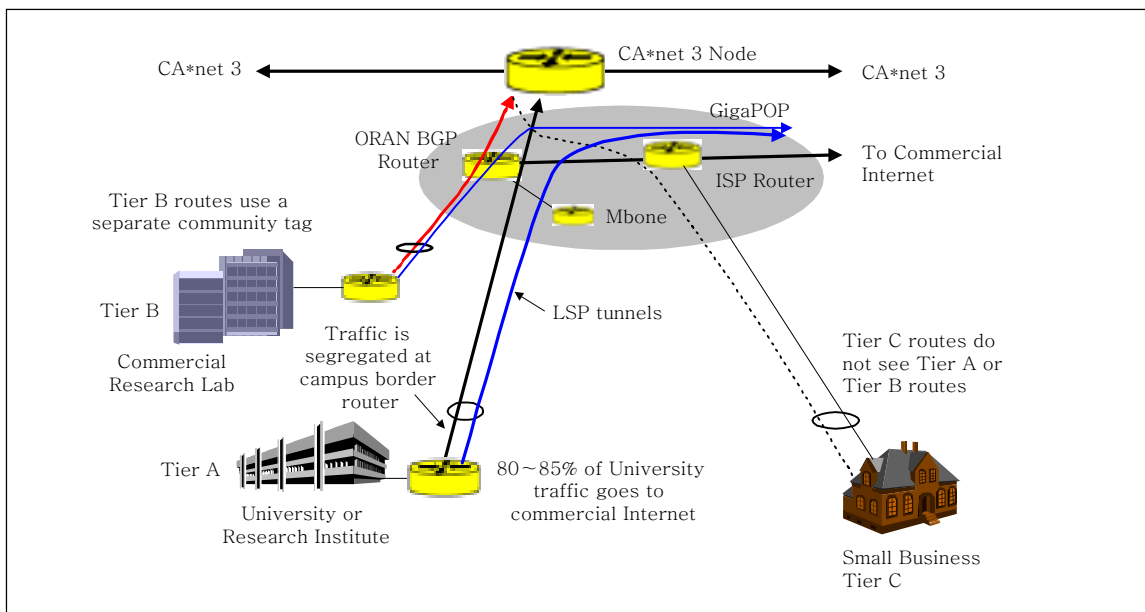


(그림 2) CA\*net3 네트워크 구조 개념도

래픽—에 따른 특성을 고려하여 99.999%의 신뢰도를 가질 수 있는 인터넷을 구축하는 것을 목표로 하였다. 대부분의 인터넷 혼잡과 패킷 손실(Packet Loss)은 네트워크 내에서가 아니라 목적지 서버에서 발생하고 있으며, 그 중에서도 특히 DNS에 문제가 많다. 그러므로 99.999% 네트워크 신뢰성 목표를 실현하기 위하여는 Caching과 DNS, 저장장치 기능을 보장하여야 한다고 판단하였으며, 50msec 이내의 네트워크 복구, 서비스 품질(Quality of Service) 보장이 가능한 네트워크를 목표 네트워크 구조로 설정하였다.

CA\*net3 이용이 승인된 이용 기관들은 GigaPoP을 통하여서 만이 CA\*net3에 접속할 수 있도록 허용하고 있다(그림 3). GigaPoP 운영 기관은 CA\*net3의 정책 위원회(Policy Committee)와 기술 위원회(Technical Committee)에 의하여 승인된 요구 기능에 근거하여 CA\*net3에의 접속권한과 이용에 관한 제반 사항을 관리한다. GigaPoP 가입 기관에 대하여는 이용 기관별 AUP(Acceptable Use Policy)를 설정하여 CA\*net3에의 접속권한을 부여하고 있다. 그런데 CA\*net3에서 쓰이고 있는 AUP는 확일적으로 적용되고 있다는 문제점이 지적되고 있다. 그리고 CA\*net3에 접속하고 있는 모든 가입/이용 기관들은 상용 인터넷 접속을 위한 별도의 회선을 보유하고 있어야 한다.

CA\*net3 GigaPoP은 British Columbia, Alberta, Manitoba, Quebec, Nova Scotia는 Gigabit Ethernet으로 구축, 접속되어 있으며 New Brunswick은 OC-48로 접속되어 있다. Saskatchewan, Toronto, Ottawa, PEI GigaPoP은 아직 미정이며, Newfoundland는 2000년 7월 30일까지 기가 인터넷으로 접속할 예정이다.



(그림 3) CA\*net3 GigaPoP 및 ORAN

GigaPoP을 운영하기를 희망하는 기관들은 해당 지방정부, CANARIE에 의하여 승인되어 운영되고 있는 기존의 모든 GigaPoP들, 그리고 CANARIE의 승인을 득하여야 GigaPoP이 될 수 있다. 아울러 GigaPoP 운영자는 CA\*net3의 목적 달성을 위하여 연구 개발 및 교육, 응용서비스 개발을 촉진할 수 있도록 조력하여야 하며, 해당 지역의 모든 가입자 네트워크 구축에 필요한 비용을 부담하여야 한다.

CA\*net3를 이용하고 있는 트래픽 현황을 살펴보면 총 트래픽은 평균 40~60Mbps,<sup>2)</sup> 피크타임에는 약 90Mbps를 나타내고 있다. 트래픽 성장률은 연간 약 600%를 상회하고 있어 ORAN 고도화, 캠퍼스 네트워크 고도화, 국제 Transit 고도화 등을 감안하지 않더라도 이러한 증가 추세 하에서는 2001년 말 이전에 CA\*net3는 완전히 네트워크 용량이 부족한 상태로 접어들 것으로 예상되고 있다. 그리고 국제 트래픽을 살펴보면 STAR TAP으로 가는 평균 트래픽이 48Mbps, 유럽 트래픽이 평균 2Mbps 수준이며, 미국측 네트워크와의 경우 입력 트래픽과 출력 트래픽의 비율은 1.5:1, 유럽 네트워크와는 1:2.5의 비율을 보이고 있다.

접속 기관별 현황은 12개의 지역대학, 80개의 대학, 30개의 연구 기관, 10개의 비즈니스 가입자, 기타 50여 개 기관 등 약 200여 개 기관이 접속되어 있다. 아직 초등학교, 중·고등학교들은 접속되어 있지 않으나 Toronto 지역, Alberta 지역, Ottawa 지역과 New Brunswick 지역의 학교들이 CA\*net3에의 접속을 적극적으로 검토하고 있는 중이다.

## 2. ORAN 및 GigaPoP 구축 현황

앞서 설명한 CA\*net3 네트워크 구조 개념을 살펴보면 가입자들은 IP over ATM이나 IP over SONET 기반의 네트워크로 구성하도록 계획되어 있었다(그림 2). 그러나 CA\*net3 추진 과정에서 광 전송기술의 발전을 적극적으로 수용하여 광 기반의 지

역 네트워크를 구축하는 방향으로 전환하여 추진하고 있다.

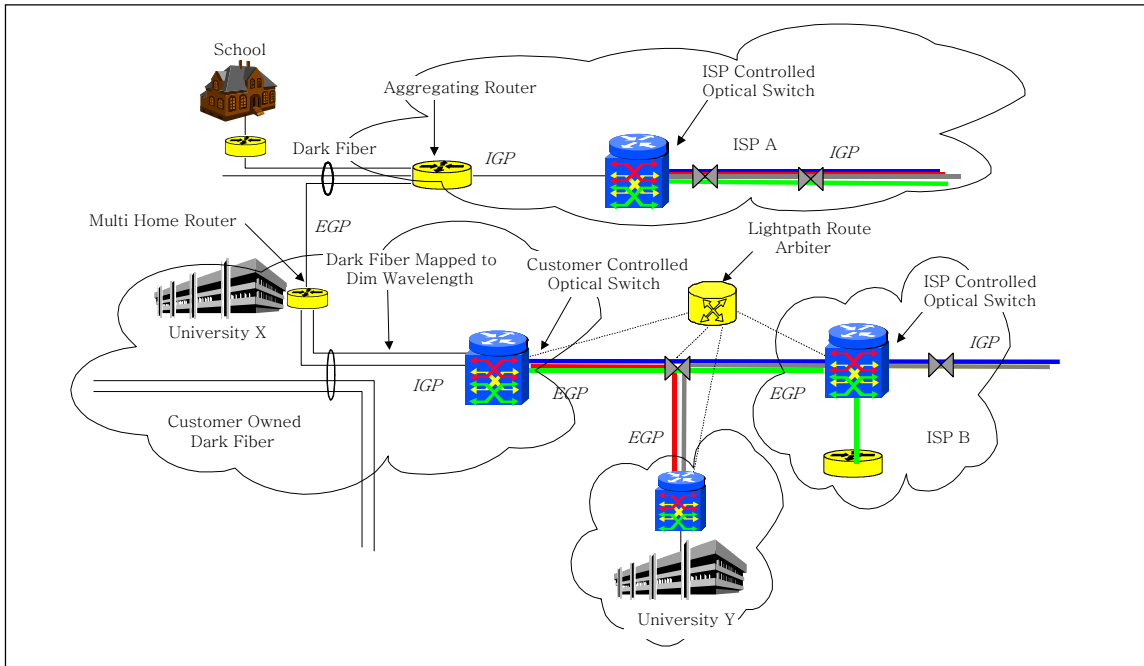
광 기반의 지역 네트워크인 ORAN은 CA\*net3를 이해하는 데 중요한 부분이다. CA\*net3가 백본 네트워크로서의 역할을 하고 있는 반면 가입 기관들은 ORAN에 접속하여 CA\*net3 GigaPoP을 통하여 CA\*net3에 접속하고 있음은 이미 앞절에서 설명하였다. ORAN은 주로 지방 주 정부들에 의하여 구축, 운영, 관리되고 있다. CA\*net3에서 현재 운영중에 있는 지역 네트워크(RAN) 및 GigaPoP은 ACORN NFLD, WureNet, Nova Scotia GigaPOP, BCnet, NB-RAN, SRnet, PEI GigaPoP, MRNet, Teleglobe, ONet, RISQ, Rnet, CRC/OCRInet, WEDnet, sureNet 등이 있다.

2000년 6월 현재 Alberta 지역의 Netera만 ORAN으로 구축되어 있으나, 2000년 중으로 Ontario 지역의 ORION, Quebec 지역의 RISQ, Manitoba 지역, Newfoundland 지역이 ORAN 구축을 완료하는 것을 목표로 추진중에 있다. British Columbia, Saskatchewan, New Brunswick, Nova Scotia, PEI 지역은 아직 계획이 수립되어 있지는 않으나 다른 주처럼 광 기반의 지역 네트워크를 구축할 것으로 전망된다.

ORAN 구축을 위하여 CANARIE에서는 Customer Empowered Network(CEN)이라는 개념을 도입하고 있다(그림 4).

CEN에서 중요한 요소는 dark fiber이다[6]. dark fiber는 기존의 광 선로 중에서 아직 사용되고 있지 않는 광 선로를 일컫는다. CANARIE에서 dark fiber를 이용하여 네트워크를 구성하고자 하는 데에는 dark fiber가 가지는 여러 가지 장점이 있기 때문이다. 우선 dark fiber는 구축 비용이나 이용 비용이 저렴하다는 것이 장점이다. 둘째, 가용성 측면에서도 확보하기가 용이하다는 점이다. 통신사업자들이 이미 광 케이블을 많이 포설하여 놓았기 때문에 풍부한 자원이 있다는 점은 무엇보다도 dark fiber를 이용하고자 하는 경우 큰 매력으로 작용한다. 또한 광 전송기술의 발전으로 광 파이버에 128채널 혹은

2) Internet2의 평균 트래픽은 130Mbps임.



(그림 4) Customer Empowered Network 개념

그 이상까지 전송할 수 있는 기술이 개발되고 있어 전송 용량이 획기적으로 증대되고 있으며, 120km까지 전송할 수 있다는 점에서 주목받고 있다. 그리고 dark fiber는 구조가 간단하고, 네트워크 구성이 용이하며, 안정적이며, 신뢰성이 높고, 네트워크 업그레이드도 쉽다는 등의 여러 가지 장점을 가지고 있다. 따라서 dark fiber를 활용하면 사회적으로도 네트워크 자원의 활용도를 높일 수 있으며, 이용자 입장에서 저렴한 비용으로 광 대역의 네트워크를 구축하는 것이 가능하다.

Dark fiber와 함께 중요한 개념은 ‘Condominium fiber’와 ‘Municipal fiber’ 개념이다. ‘Condominium fiber’는 dark fiber를 보유하기를 원하는 학교, 병원, 대학 등의 기관들이 컨소시엄을 구성하고 전문 시공업자에게 이를 포설하도록 하여 컨소시엄 구성 가입 기관들이 각자의 광 파이버를 보유 혹은 20년간 장기 사용할 수 있는 권리(Irrevocable Right of Use: IRU)를 보유하는 형태로 운영하는 것이다. 이러한 콘도미니엄 파이버의 경우 초기 비용은 기존 사업자의 통신망을 임차하여 사용하는 것보다 어느

정도 많은 비용이 투입되나 연간 소요되는 유지보수 비용은 자본비용의 약 5% 수준으로서 매우 저렴하다. 캐나다의 사례에서는 콘도미니엄 파이버를 구축하는 경우 자본 회수 기간은 약 18개월 정도로서 회수기간이 상당히 짧다는 사실과 각 가입 기관들은 자신이 원하는 기술을 임의로 선택하여 광 파이버를 사용할 수 있다는 점 등에서 대규모의 기관들에게 있어서는 점 대 점 네트워크 구성에 가장 이상적인 솔루션으로 인식되고 있다. ‘Municipal fiber’는 각 주정부 등 지방자치단체 혹은 공공기관이 dark fiber를 필요로 하는 기관이나 네트워크 사업자에게 임대해 주기 위하여 미래의 광 파이버에 대한 수요에 대비하여 네트워크 인프라로서 이를 포설하고 보유하는 것을 일컫는다. 이러한 ‘Condominium fiber’와 ‘Municipal fiber’의 소유자는 대부분 통신 사업을 영위하는 사업자가 아닌 경우로서 단지 dark fiber만을 보유하게 되며, dark fiber 네트워크 운영은 통신 사업권을 가진 사업자에게 위탁하여 운영하는 방식을 택하고 있다.

ORAN은 저렴한 비용으로 네트워크를 구축하기

위하여 dark fiber를 이용하여 광 파이버 당 4개의 광 채널을 이용하는 CWDM 기반의 광 멀티플렉싱 기술과 기가 이더넷 기술을 이용하여 구축되고 있다 [7, 8].

이미 많은 장비 공급 업체들이 기가 이더넷 장비와 CWDM 트랜시버(tranceiver)를 이용하여 50km 까지 장거리 전송하는 솔루션들을 출시하고 있다. IEEE802.3에서는 광역 네트워크(Wide Area Network)에서 10기가 이더넷 기술을 활용할 수 있도록 표준화가 진행중이다. CWDM 광 멀티플렉싱 기술과 기가 이더넷 스위치 기술을 결합하여 WAN을 구성하면 km당 최대 250달러(∼\$250/GB-km) 이내에서 구성이 가능하다.

CWDM 광 채널은 lambda CBRPVC로 구성된다. 이 기술은 ATM 채널보다는 유연성 측면에서 떨어진다는 단점은 있으나, 용량 측면에서 큰 용량을 확보할 수 있으며, DWDM보다 저렴하고 narrow pass-band filter도 DWDM에서처럼 엄격하지 않으며 스펙트럼도 DWDM보다 넓게 사용하기 때문에 레이저 안정성이 높다는 장점이 있다[9]. DWDM은 ITU에서 규정한 0.8nm 그리드에 기반을 두고 있으나 CWDM은 그보다 훨씬 넓은 20nm 이상을 사용하고 있다[7]. DWDM의 파장 윈도우는 1,530nm에서 1565nm가 사용되고 있으나, CWDM의 경우에는 1310nm에서 1560nm의 보다 넓은 밴드를 사용하고 있다. 그리고 이더넷 기술을 이용함으로써 Packaging 오버헤드가 없고, 구축 비용이 저렴하며, 관리 측면에서도 기존의 LAN 기술을 활용하므로 관리가 용이하다는 장점이 있다.

Netera ORAN, ORION 등 대부분의 ORAN들이 기가 이더넷과 CWDM 기술을 채택하여 구축되고 있다. 퀘벡주의 대학들은 자체적으로 2,000km에 달하는 광 네트워크를 구축하였고, 앨버타주의 대학들도 약 700km의 광 파이버 네트워크를 구축하였다. 오타와 지역에서는 기업체, 병원, 학교, 대학, 연구 기관 등 16개 기관이 모인 컨소시엄을 구성하여 26개 사이트를 연결하기 위하여 144개 파이버 스트랜드를 묶어서 점 대 점 방식의 토폴로지를 가지는

85km에 달하는 네트워크를 구축하고 있다. 이 계획에는 약 125만 달러가 소요될 것으로 추정되고 있다.

Dark fiber를 이용하는 캐나다와 유사한 기타 국가 사례로는 스웨덴 스톡홀름의 Stockab가 dark fiber를 구축하고 있으며, Norway도 유사한 전략을 수립하고 있다. 그리고 미국 캘리포니아주의 Palo Alto 지역에서도 지방정부 주도로 추진되고 있으며, 일본의 오카야마 현에서도 현 주도로 추진하고 있다[10].

스웨덴에서는 약 289개 도시 가운데 170여 개 도시가 Municipal fiber 형태의 광 네트워크 인프라를 구축하고 있다. 각 도시가 구축한 광 네트워크 인프라에 대한 접속은 개방되어 있으며 5년, 10년, 15년 혹은 20년 단위로 네트워크를 임차하여 사용할 수 있다. 따라서 아파트 단지, 대학, 교육 기관, 기업체들이 이를 임차하여 사설 LAN 형태의 네트워크를 구축하고 있다.

Palo Alto 시에서는 수백 가구들을 대상으로 2001년부터 FTTH(Fiber-To-The-Home) 실험을 할 예정이다. Palo Alto 시는 시가 보유하고 있는 전기 시설을 이용하여 광 파이버 네트워크를 구축하고 이를 기반으로 이더넷 기술을 이용하여 FTTH 네트워크를 구축하고 있다. 이러한 기술을 이용하여 가정 가입자가 10~100Mbps 인터넷 서비스를 이용하는 데에는 월 약 70달러를 예상하고 있다. 이는 통신사업자가 제공하고 있는 10Mbps 서비스가 월 40달러인 점을 감안하면 아주 저렴한 비용으로 광대역 서비스를 제공하는 것이 가능하다는 것을 보여 준다.

미국 워싱턴주의 Spokane School Boards에서는 1999년도에 지역 내 전학교인 50개교를 연결하는 dark fiber를 포설하고 각 학교에 기가 이더넷 스위치를 설치하여 광 가입자 네트워크 서비스를 제공하고 있으며, 또한 전가입 기관에 IP 전화서비스를 함께 보급하여 네트워크 구축 및 운영에 소요되는 비용을 절감하고 있다.

일본의 오카야마 현에서 2000년도 부터 지역의 1,000 가구와 6개의 학교에 대하여 dark fiber를 이용한 FTTH 프로젝트인 'Lit City' 프로젝트 시범사업을 실시하고 있다[11]. 각 가정에는 월 5,000엔



의 비용으로 양방향 100Mbps를 제공하고, 각 학교에는 정액 요금으로 1Gbps를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 이 요금 수준은 일본 NTT가 2005년 월 10,000엔으로 10Mbps 서비스를 제공하겠다는 계획보다 훨씬 경제적인 솔루션이다. 'Lit City' 프로젝트를 위하여 오카야마 현에서는 폐쇄된 상수도관을 이용하여 23km에 달하는 기간 광 네트워크를 dark fiber로 구축하고, 가입자 네트워크에 필요한 100km는 가공지선 방식을 이용하고 있다.

캐나다 지방 정부들이나 혹은 주의 교육 위원회 등에서 직접 dark fiber를 구축한 사례에 의하면 투자비용 회수(Return On Investment) 기간이 약 18개월에서 24개월로 아주 짧게 나타나고 있음을 보여주고 있다[12].

### 3. 국제 인터넷 접속(International Peering) 현황

CA\*net3에서는 Vancouver, Chicago, Montreal 세 군데의 PoP에서 국제 인터넷 연동이 이루어지고 있다. 2000년 6월 말 현재 국제 인터넷 접속현황을 살펴보면 42개의 네트워크와의 연동이 이루어져 있다.

미국의 경우 Abilene(Internet2), ANL(Argonne), vBNS(NSF), ESNET(Energy), NISN(NASA), NREN(NASA) 등 6개 네트워크와 연동되어 있다.

시카고에 위치한 STAR TAP에는 CERN, IUCC, APAN, RANATER2(프랑스), SINET(일본), SingAREN(싱가폴), SURFnet(네덜란드), NORDUnet(아이슬란드, 노르웨이, 스웨덴, 핀란드, 덴마크), TANet 2(대만) 등 16개 네트워크가 연결되어 있다. 뉴욕의 TEN-155에는 유럽의 16개 네트워크—ACOnet(오스트리아), ARNES(슬로베니아), BELnet(벨지움), CESNET(체코), DFN(독일), GARR(이태리), GRNET(그리스), HEAnet(아일랜드), HUNGERNET(헝가리), JANET(영국), POL34(폴란드), RCCN(포르투갈), RedIRIS(스페인), RANATER2(프랑스), RESTENA(룩셈부르크), SWITCH(스위스)—가 접속되어 있으며, Seattle에서는 AARnet(호주), NTON(DARPA),

Supernet(DARPA), PCNW(와싱턴주), APAN 등의 네트워크와 접속할 계획이다.

그리고 CANARIE는 멕시코의 유사한 성격을 지닌 CUDI와 1999년 10월에 인터넷 접속 협약을 체결하였으며, 유럽의 DANTE와는 유럽의 연구 네트워크와의 동등 상호접속을 위한 협상을 추진하고 있는 등 캐나다가 국제 차세대 인터넷의 글로벌 허브로서의 중추적 역할을 담당하기 위하여 노력하고 있다.

### 4. 정부의 역할

CA\*net3에서 정부는 중요한 역할을 담당하고 있다. 우선 GITH(Gigabit Internet To Home)의 실현을 위하여 dark fiber 기반의 광 인터넷에 대한 선도적 기술 채택자 및 이용자로서 학교, 대학, 도서관, 병원, 지방 정부 및 정부 기관 건물들에 대하여 재정 지원을 함으로써 GITH 실현을 촉진하고 있다[13]. 이미 추진되고 있는 GITS(Gigabit Internet To School)는 통신사업자들이 가정 가입자에게 광 가입자 네트워크를 구축할 수 있는 여건을 자연스럽게 조성하고 있다.

CA\*net이 추구하는 새로운 네트워크 구조를 구현하는 데 요구되는 기술들을 개발하고, 개발된 기술들의 상용화 촉진을 위한 환경을 조성한다.

CA\*net은 dark fiber를 기반으로 하는 구조이므로 사업자간의 경쟁 촉진을 통하여 저렴한 경제성을 실현하고 공정한 경쟁 환경을 조성하는 데 주력하고 있다. 이미 가입자들은 광대역의 접속서비스를 원하고 있다. 그런데 네트워크 기술의 발전은 기존의 통신사업자만이 유일하게 광대역 접속서비스를 제공하는 소스가 아니라는 사실을 증명하고 있다. 따라서 공정한 경쟁 환경의 조성을 통하여 경쟁의 실익이 가입자에게 돌아갈 수 있도록 하는 정책이 요구된다.

## IV. 향후 추진 방향

2000년 6월 26일 오타와에서 개최된 CA\*net3 Technical Meeting과 27일에 개최된 CA\*net3 Po-

licity Meeting에서 제안된 사항들을 중심으로 향후 CA\*net이 어떻게 어떠한 방향으로 발전하고자 하는가를 살펴보는 것은 매우 의미있다고 할 수 있다 [14].

캐나다 정부는 CA\*net3가 1998년부터 2002년 7월 31일까지 추진되도록 계획되어 있으나 급속히 발전하고 있는 새로운 기술을 효율적이며 시기 적절히 수용하여 캐나다 정부가 추구하고 있는 정보사회에서의 국가 경쟁력을 제고하고 Connecting·Canadians라는 목표를 효율적으로 달성하기 위하여 지난 6월부터 다음 단계의 CA\*net에 대하여 검토를 시작하였다.

이러한 다음 단계의 CA\*net을 검토하게 된 데에는 여러 가지 배경 이유들이 있다. 우선 캐나다 연방 정부가 차세대 네트워크 기술에서 리더쉽을 지속적으로 갖기 위하여는 최소한 5년 이상의 장기 전략을 가지고 접근하여야 한다는 인식이다. 이러한 배경에는 미국에서 추진중인 Internet2와 vBNS가 2005년까지 연장되어 추진된다는 점이 크게 고려되었다고 판단된다. 그리고 CA\*net3를 통하여 연구개발 분야, 교육 분야, 건강 및 의료 분야 등 실질적으로 네트워크를 이용하고 있는 기관들에서 차세대 네트워크에 대한 필요성과 중요성에 대한 인식이 크게 바뀌었으며, 또한 차세대 네트워크에 대한 요구가 많아지고 있다는 점이다.

그리고 CA\*net3에서 구축중인 ORAN은 이제 시작단계이며, ORAN 상에서 운영될 여러 가지 어플리케이션들이 개발되기 시작하고 있다는 점이다. 앞서 CA\*net3 구축 현황에서 살펴본 바와 같이 기 설치 운용되고 있는 Netera 외에도 2000년 중에 네 개의 ORAN이 구축될 예정이며, 나머지 지역들도 2001년까지는 구축될 것으로 전망되고 있다.

또한 캐나다의 모든 학교에 광대역 접속서비스를 제공하기 위한 Schoolnet3가 2001년이나 혹은 그 후에도 실현될 것이라는 점 등이 크게 고려되었다고 볼 수 있다.

현재 CANARIE에서 다음과 같은 네 가지 대안을 설정하고 검토를 진행중에 있다.

- 대안 1: CA\*net3 협정의 연장
- 대안 2: 상용서비스의 구매
- 대안 3: Internet2와의 결합
- 대안 4: CA\*net4의 추진

대안 1의 경우 기존에 추진중인 네트워크이므로 잘 알려진 친숙한 네트워크 구조라는 점과 추진상의 단절을 최소화할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이미 진부한 낡은 기술의 네트워크 구조가 될 수 있다는 점, 새로운 기술이나 네트워크 구조를 시험할 한정적 능력밖에 없다는 점, 제한적 AUP를 가지고 있다는 점, 다른 사업자들이 참여할 수 있는 기회를 제약한다는 점, 새로운 추가 재원이 필요하다는 점(연간 약 5~6백만 달러 추가 소요 발생) 등이 단점으로 지적되고 있다.

대안 2의 경우에는 40Gbps를 초과하는 네트워크를 구축하더라도 낮은 비용이 소요되고 네트워크 구조상에서도 확장성(scalability)이 높으며, AUP에 대한 제한을 없앨 수 있다는 장점이 있으나, 새로운 기술이나 네트워크 구조에 대한 실험을 할 수가 없으며, 통신사업자로부터 원하는 수준의 상용서비스가 가능한지에 대하여도 불확실성이 존재한다는 점, 정부나 RAN으로부터 추가 재원을 확보하기가 용이하지 않다는 점 등이 단점으로 지적되고 있다.

대안 3의 경우에는 Internet2가 이미 체계적으로 추진되고 있는 선도적인 차세대 인터넷 프로그램이라는 점, CA\*net3가 이미 Internet2와 연동되어 있으므로 사업 추진상의 단절이 없다는 점, 대규모 RAN 입장에서든 가용한 선택이라는 점이 장점으로 인식되고 있다. 그러나 Internet2와 연동을 통하여 차기 사업을 추진하는 경우 대학이나 대규모 Giga-PoP만이 참여할 것이라는 점, 소규모의 캐나다 사업자들에게는 참여 기회가 없어진다는 점, 캐나다가 목적하는 소기의 리더쉽을 견지하기 어렵다는 점, 새로운 기술이나 네트워크 구조에 대하여 시험할 수 있는 기회가 적다는 점, 캐나다의 기술 주권이 상실될 수 있다는 점 등이 단점으로 지적되고 있다.

대안 4의 경우는 CA\*net3를 대체할 수 있는 새로운 구조의 광 네트워크 구조를 구축하는 것으로서

궁극적으로는 대학이나 학교들이 광 파장을 통제할 수 있는 구조의 RAN, 기존 인터넷 비용을 최소화하는 동등 접속(peering) 실현 구조, 캐나다가 명실상부한 글로벌 인터넷 허브가 되기 위하여 유럽과 아시아 지역을 광 파장으로 연동하는 서비스를 포함하는 대안이다. 이 대안은 캐나다가 차세대 고도 네트워킹 분야에서의 세계적 리더십을 견지할 수 있으며, 차후 20년 동안 미래를 대비한 확실한 네트워크 인프라를 구축할 수 있다는 점, 캐나다 차세대 네트워크에서 허브가 될 수 있다는 점, 각 학교에 인터넷 서비스를 아주 저렴한 비용으로 제공 가능하다는 점, AUP에 대한 제한을 없앨 수 있다는 점, 그리고 여러 사업자들이 파트너로서 사업에 참여할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 현재 진행되고 있는 CA\*net3로부터 이행할 때 단절이 발생할 수 있다는 점, 새로운 사업 재원이 필요하다는 점이 단점으로 지적되고 있다.

현재 각 대안에 대한 논의가 활발히 진행중이기는 하나 가장 현실적인 대안으로는 제4안인 CA\*net4를 추진하는 방향으로 검토가 이루어지고 있다. CA\*net4를 추진하는 경우 CANARIE에서 생각하고 있는 기간은 20년이다. CANARIE가 구상하고 있는 CA\*net4에 대하여 살펴보기로 한다.

CA\*net3의 구축과 운영을 통하여 습득한 지식들은 다음과 같다. 우선 사업자 전송망은 가입자들에게 직접적으로 처리하여야 한다는 점이다. 즉 가입자들에게 가입자들이 사용하고 있는 파장에 대한 정보를 제시할 수 있는 네트워크 관리 툴들이 필요하다는 것이다. 이를 위하여 완전히 새로운 운용 절차가 필요하다. 그리고 레이어 3에서는 레이어 1이나 2에서 일어나는 문제들에 대하여 정확히 인식할 수 있어야 하고 또한 역으로 레이어 1이나 2에서는 레이어 3를 이해하고 있어야 한다. 그러기 위해서는 레이어 3 라인 카드에 레이어 1이나 2에 대한 보다 정교한 진단 기능이 요구된다.

둘째로는 OC-48이나 혹은 그 이상의 속도에서 단대 단 네트워크 성능(performance and throughput)을 측정할 수 있는 툴이 필요하다는 점이다.

셋째로는 MPLS는 현실적으로 구현하기가 쉽지

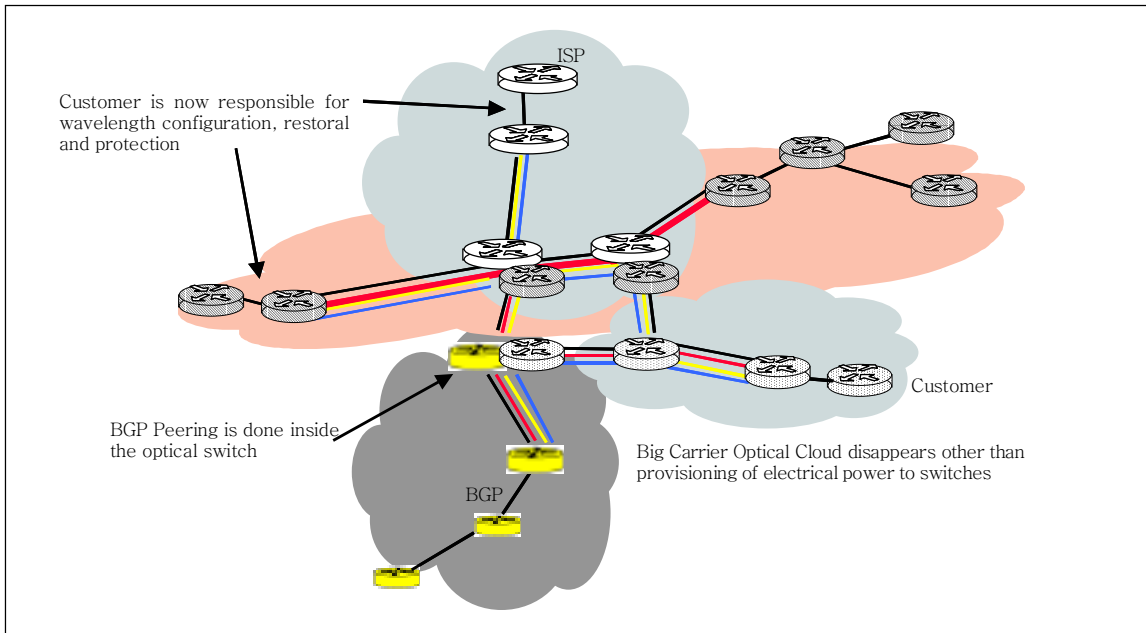
않다는 것이 증명되었다는 점이다. 단일 도메인에서는 MPLS가 가지는 기능과 장점을 충분히 활용할 수 있으나 도메인 간(inter-domain)에서는 MPLS가 가지는 장점을 살리기가 어렵다는 문제가 있다. 그리고 SONET이 가지는 50msec 이내의 빠른 복구 기능을 MPLS에서 구현하기 위해서는 기술적 보완이 필요하며, explicit tunneling을 위한 MPLS 관리 툴이 필요하다는 점 등이 앞으로 보완되어야 할 사항이다.

넷째로는 빛의 속도(speed of light)를 충분히 구현하는 것이 중요한 문제로 대두된다는 사실이다. 광 파이버가 가지는 고속, 광대역의 장점을 충분히 살리기 위하여는 각 단말들도 RFC 1323을 수용하여 구현되어야 한다. 또한 지연문제도 해결하여야 할 중요한 문제로 남아 있다.

마지막으로 지속적으로 적용 가능한 어플리케이션이 아직 없다는 점이다. 광대역의 어플리케이션을 충실히 제공하기 위해서는 충분한 가입자 네트워크 대역폭이 필요하나, 심각한 병목 현상이 가입자 구간(last one mile)에서 발생하고 있다. 따라서 단대 단으로 원하는 네트워크 성능을 실현하기 위하여는 가입자 네트워크나 구내 네트워크, 캠퍼스 네트워크에서의 획기적인 업그레이드가 필요하다는 점이다.

이러한 CA\*net3에서의 경험을 바탕으로 CA\*net4는 증가하고 있는 광 케이블과 광 네트워킹 기술을 활용하여 캐나다 정부와 산업 간에 파트너십을 이루어 새로운 구조의 광 인터넷 기반을 공고히 형성하고자 하는 것이다. 앞으로의 트래픽은 대부분이 IP 트래픽이 될 것이라는 전제 하에 현재 포설되어 있는 많은 광 장치들을 이용하여 IP 트래픽을 효율적으로 처리하면서 저렴한 비용을 실현하는 구조의 네트워크를 구축하고자 하는 것이다. 따라서 가능하다면 지방 정부들 간의 연결을 위하여 RAN이 가지고 있는 광케이블 인프라를 활용하는 구조를 생각하고 있다.

CA\*net4에서는 RAN이 전체 네트워크에 대하여 파장 라우팅(routing of wavelengths)을 통제할 수 있도록 하기 위하여 OBG(Optical Border Gate-



(그림 5) OBGP Optical Internet

way Protocol)라는 새로운 개념의 프로토콜을 제안하고 있다(그림 5). OBGP에서는 기존의 네트워크 통제 권한이 사업자에게 있었으나, CA\*net3 추진시 설정된 개념인 Customer Empowered Network의 개념을 확장하면서 가입자에게 파장 관리, 네트워크 복구 및 보호(restoral and protection) 기능에 대한 제어 권한을 주고자 한다. 이를 실현하기 위하여는 네트워크 에지(network edge)에서 가입자가 자가 속한 AS(Autonomous System)의 일부인 OXC(Optical Cross Connect)를 제어할 수 있도록 하여야 한다. 따라서 이러한 제어 기능을 원활히 수행할 수 있도록 하기 위해서는 OBGP라는 새로운 프로토콜이 필요하다고 판단한다.

OBGP 하에서는 타 AS와의 BGP 동등 접속이 광 스위치에서 일어나고, 가입자가 자신이 보유 혹은 임차한 광 파장에 대하여 모든 책임과 권한을 가지게 되며, 통신사업자는 단지 스위치에 전기적 동력원만 제공하는 역할을 하게 된다.

그리고 각 RAN은 다른 RAN과 국제 연동 네트워크와는 동등 상호 접속을 허용하고, 만약 필요하다면 CANARIE는 선택적인 집중이나 국제 네트워크

상호 연동서비스를 제공할 예정이며, 다른 네트워크와의 동등 접속을 통하여 상용 인터넷 접속서비스 비용의 최소화를 실현할 계획으로 있다.

목표로 하는 네트워크 구축에 필요한 예상 소요재원은 국제 네트워크 연동에 50~150백만 달러, 국내 네트워크 구축에 20~50백만 달러, 지방 정부에 있는 dark fiber 접속에 5~10백만 달러 등이 소요될 것으로 예상하고 있다. 특히 소요 재원을 최소화하기 위하여 dark fiber를 가지지 않은 RAN의 접속은 불허할 계획으로 있다.

## V. 결론 및 시사점

캐나다 정부에서 추진하고 있는 CA\*net3는 캐나다 국민들이 정보사회에서 고도의 네트워크 인프라를 기반으로 경쟁력을 가지기 위하여 추진되고 있다는 점 이외에도 전국 규모의 광 인터넷 네트워크를 구축하여 차세대 네트워크 기술을 높이는 데에도 기여하고 있다는 점에서 검토의 필요성이 있다. 본 고에서는 우선 CA\*net 구축사업에 있어서 중추적인 역할을 담당하고 있는 CANARIE와 ARDNOC에 대

하여 살펴보고, 또한 CA\*net3까지 캐나다 정부가 구축하였던 여러 가지 네트워크의 발전에 대하여 살펴보고, 그리고 2000년 6월 현재 CA\*net3 구축이 어느 정도 진전되고 있는지와 사용되고 있는 기술 특성들은 무엇인지에 대하여 살펴보고, CA\*net3는 2002년까지 추진하기로 계획이 되어 있으나 캐나다 정부는 벌써 차세대 네트워크인 CA\*net4에 대하여 개념 설정, 추진 방향 등에 대하여 대안을 설정하고 심도 있는 검토를 하고 있음을 보았다.

우리 나라에서도 초고속 선도시험망 사업을 1995년부터 시작하여 서울-대전 간에 백본 네트워크를 구축하여 개발 장비 중심의 시험을 추진하여 오고 있으며, 또한 초고속 국가망을 이용하여 정부 부문이 초고속 서비스에 대한 선도적 이용자로서의 역할을 다하도록 하고 있다. 그러나 CA\*net3나 CA\*net4가 추진되는 상황을 통하여 많은 점에서 배울 수 있다고 판단된다. 선도시험망의 경우 IP over ATM 기반의 네트워크를 바탕으로 하고 있으며, 전담사업자로는 연구 기관이 아닌 통신사업자가 지정되어 운영하여 오면서 많은 시행착오를 겪고 있다. 특히 차세대 인터넷을 추진하면서도 기존의 IP over ATM 기반의 물리적 네트워크를 그대로 이용하여 IP over WDM 망으로 전환한다고 하는 것은 기술적으로 가능하다고 하더라도 사업 추진상의 문제점은 그대로 안고 갈 수 밖에 없다는 사실이 앞으로 문제로 제기될 수 있다.

따라서 우리도 초고속 정보통신망 구축계획 수립 당시 설정한 정보사회에서의 국가경쟁력을 강화하고 국민의 삶의 질 향상을 위하여는 앞으로 차세대 광 인터넷 기반의 네트워크를 구축하고 관련 기술을 연구 개발하여야 하리라고 본다. 차세대 광 인터넷을 추진함에 있어서는 채택하는 기술 특성이 무엇이든지 간에 물리적 네트워크는 전국 규모로 확대, 구축하여야 할 것이며 또한 개발 기술, 장비나 응용서비스에 대한 시험을 위한 네트워크가 아니라 초고속 광대역의 실제의 상용 트래픽이 전송될 수 있도록 하여야 하고, 그리고 네트워크 구조를 개방적이며 체계적으로 가져갈 수 있도록 네트워크를 구성하고,

그에 적합한 운영체계를 정립하여야 정책의 실패를 방지할 수 있을 것이다. 특히 디지털 텔레비전 방송의 실시와 보급에 따라 통신 네트워크 구조도 디지털 영상물의 보편적 이용을 촉진하는 방향으로 급속히 발전할 것으로 전망되고 있다. 그러므로 통신 네트워크에서는 양방향 실시간 영상정보를 저렴하면서도 광대역의 가입자 접속을 보장할 수 있는 기술 개념을 설정하고, 이를 실현하기 위한 네트워크 구조, 관련 시스템과 핵심 기술 등을 도출하는 Top-down 방식의 시스템적 접근이 반드시 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] Government of Canada, Connecting.Canadians, <http://www.connect.ga.ca>
- [2] CANARIE, Annual Report 1999-2000, 2000.
- [3] T.W. Chung, J. Coulter, J. Fitchett, S. Mokbel, and Bill St. Arnaud, Architectural and Engineering Issues for an Optical Internet, 1999 .
- [4] Andrew K. Bjerring and Bill St. Arnaud, Optical Internets and Their Role in Future Telecommunications Systems, 1999.
- [5] Bell Canada and Bell Advanced Communications, CA\*net3 Canadian Optical IP Network Project Plan.
- [6] Bill St. Arnaud, Wide Area and Long Haul Gigabit Ethernet The LAN is Invading the WAN, 1999.
- [7] Bill St. Arnaud, Optical Networks for the Rest of Us, 1999.
- [8] Bill St. Arnaud, Overview of the Latest Developments in Optical Internets, 1999.
- [9] Bill St. Arnaud, A.K. Bjerring, and B. Turcotte, Canada's CA\*net3 Papers Gigabit to Home, 1999.
- [10] CANARIE, The Coming Revolution in Dark Fiber-Augus Article, 1999.
- [11] Shosaku Teramoto, OKAYAMA 'Lit City' Project: First Regional FTTH Project in Japan, Net2000.
- [12] CANARIE, Ottawa Dark Fiber RFI, 1999.
- [13] Bill St. Arnaud, Gigabit Internet to Every Canadian Home by 2005, 1999.
- [14] CANARIE, CA\*net3 Policy Meeting Document, 2000. 6. 27.