

# 자유 공간 광 통신 개요

## Overview of Free Space Optics

김용균(Y.G. Kim)

정보조사분석팀 연구원

조성선(S.S. Cho)

정보조사분석팀 선임연구원

임영이(Y.Y. Lim)

정보조사분석팀 선임연구원

지금까지 last-mile 구간의 병목 현상을 해결하기 위해 다양한 매체와 기술들이 선보였으나, 어떠한 솔루션도 통신 사업자들의 요구 조건을 완벽하게 충족시키지 못하고 있다. 광 섬유가 가장 이상적인 대안으로 평가 받고 있지만 여전히 높은 가격과 긴 구축 시간으로 인해 주로 메트로 코어에 집중적으로 설치되어 있는 상태이며, 액세스 및 에지 구간까지 확대하려면 앞으로 상당한 시간이 소요될 것으로 예상되고 있다. 따라서 FTTx 환경이 마련되기 전까지 한시적인 대안으로서 현재까지 LMDS/MMDS와 같은 RF 솔루션, xDSL 및 케이블 모뎀과 같은 동선 기반 광대역 액세스 솔루션들이 제안되었으나, 이들 기술들도 적절한 가격에 충분한 대역폭을 제공해야 하는 last-mile의 요구 조건을 만족시키지는 못하고 있다. 이에 본 고에서는 최근 또 다른 기업용 last-mile 솔루션으로 새롭게 부각되고 있는 자유 공간 광 통신(FSO)의 성장 가능성과 발전 전망을 탐색해 보고자 한다.

## I. 서론

지난 2001년 9월 11일 미국 뉴욕에서 발생한 세계 무역 센터 테러 사건은 통신 사업자들에게 자유 공간 광 통신, 또는 다른 말로 무선 광 통신(free space optics, 이하 FSO로 통일) 기술의 존재와 필요성을 동시에 인식시켜 주는 중요한 계기가 되었다. 당시 세계 무역 센터 주변 맨하탄 지역에 거주하고 있던 10,000명 정도의 Verizon 서비스 가입자들은 유선 네트워크가 복구되지 못해 사건 발생 2주가 지나도록 기본적인 전화 서비스조차 받지 못했다. 이 지역은 특히 네트워크 접속이 필수적인 세계적인 금융 서비스 회사들이 밀집되어 있어, 빠른 네트워크 서비스 복구를 위해 통신 사업자인 Qwest는 보통 수 개월 이상이 소요되는 유선 망 복구 대신, 불과 수 일 이내에 네트워크 연결이 가능한 FSO 솔루션

을 도입하여 문제를 해결하였다. FSO 장비 업체이자 서비스 업체인 Terabeam도 당시 세계 무역 센터 근처에 있던 여러 개의 메릴린치 증권사 지점들을 기가비트급 전송 속도의 FSO 장비로 연결하여 단기간에 망을 복구함으로써, 여론의 큰 주목을 받았다[1]. 세계무역센터 테러 사건을 겪으면서 통신 사업자와 금융 기관들은 유선 망이 갑자기 단절되었을 때 신속한 대체가 가능한 백업 네트워크 솔루션의 필요성을 절감하였으며, 광 섬유 케이블을 대체할 수 있는 백업 네트워크 기술로 기존 RF 또는 동선 기반 솔루션 이외에 최근 레이저를 이용하는 FSO 기술에 대하여 큰 관심을 기울이게 되었다.

FSO 기술은 기가비트급 전송 속도와 빠른 네트워크 구축 시간 등 여러 가지 장점들이 있음에도 불구하고 안개와 같은 기상 조건에 따른 전송 성능의 신뢰성 문제를 해결하지 못해 지금까지 통신 서비스

사업자들로부터 외면을 받아 왔다. 그러나 최근 업체들의 기술혁신으로 이러한 기술적인 문제점들이 점차 개선되고 있으며, 기존 RF 및 동선 기반 솔루션들이 광 솔루션들과 같은 성능을 보여주지 못하면서, 각 가입자까지 직접 광으로 연결되는 광 가입자망을 구축하는 데 있어 고려할 수 있는 여러 가지 솔루션들 가운데 하나로 FSO 기술이 새롭게 부각되고 있는 상황이다. 이에 본 고에서는 광 가입자망 구축 솔루션인 FSO의 기술적 특징에 대해서 알아보고, 관련 시장 및 업체 동향을 파악하여 향후 발전 가능성을 진단해 보고자 한다.

## II. FSO 기술 개요

### 1. 개요

빛을 이용해 대기 중으로 통신을 수행하는 FSO의 개념은 전혀 새로운 것이 아니다. 인류는 이미 오래 전부터 불과 거울 등을 이용하여 원시적인 형태의 무선 광 통신 방법을 사용해 왔다. 본격적으로 빛을 이용하여 무선으로 데이터 통신을 수행하는 FSO 기술은 광 섬유에 대한 기초 연구가 시작되던 1960년대부터 이미 군사 용도로 개발돼 사용되어져 왔다[1].

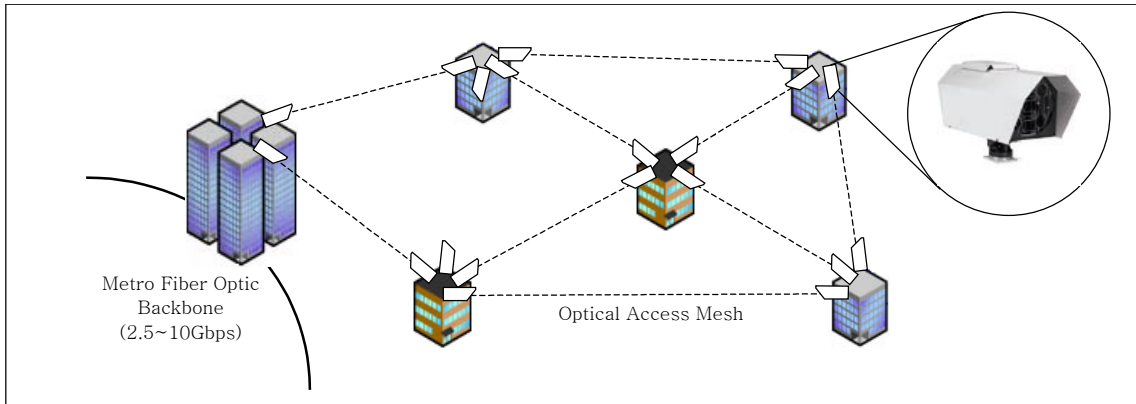
그러나 FSO 기술이 군사적 용도와 같은 특정 버티컬 애플리케이션이나 테러, 지진, 화재 등 뜻하지 않은 사고 발생 시 유선 망의 백업 솔루션으로만 가치가 있는 것은 아니다. 예를 들어 유선 백본 망이 연결되어 있지 않은 신축 건물로 이전할 경우나 아주 짧은 기간 동안 건물을 임대해 사용할 경우, 한시적인 네트워크 솔루션으로 FSO가 매우 적합하다. 또한 주로 캠퍼스 또는 엔터프라이즈와 같은 사설 망에서 여러 건물들 간에 LAN을 확장하고자 하는 경우, 또는 동선이나 광 섬유 케이블을 임대하거나 구축하기 어려우며 비용을 절감하고자 할 경우에도, FSO 기술은 어떤 경쟁 기술보다 빠른 시간 내에 구축이 가능하며 광 섬유에 필적하는 우수한 전송 성능을 제공한다. 특히 최근 메트로 이더넷 서비스와

관련하여 메트로 백본으로부터 가입자 빌딩까지 1~2km 정도의 짧은 액세스 구간에서 광 케이블 구축 비용이 과다하게 소요되자, 메트로 이더넷 서비스 사업자들은 동 구간에 값 비싼 광 케이블 대신 저렴한 FSO 솔루션을 도입해 보려는 움직임도 보이고 있다.

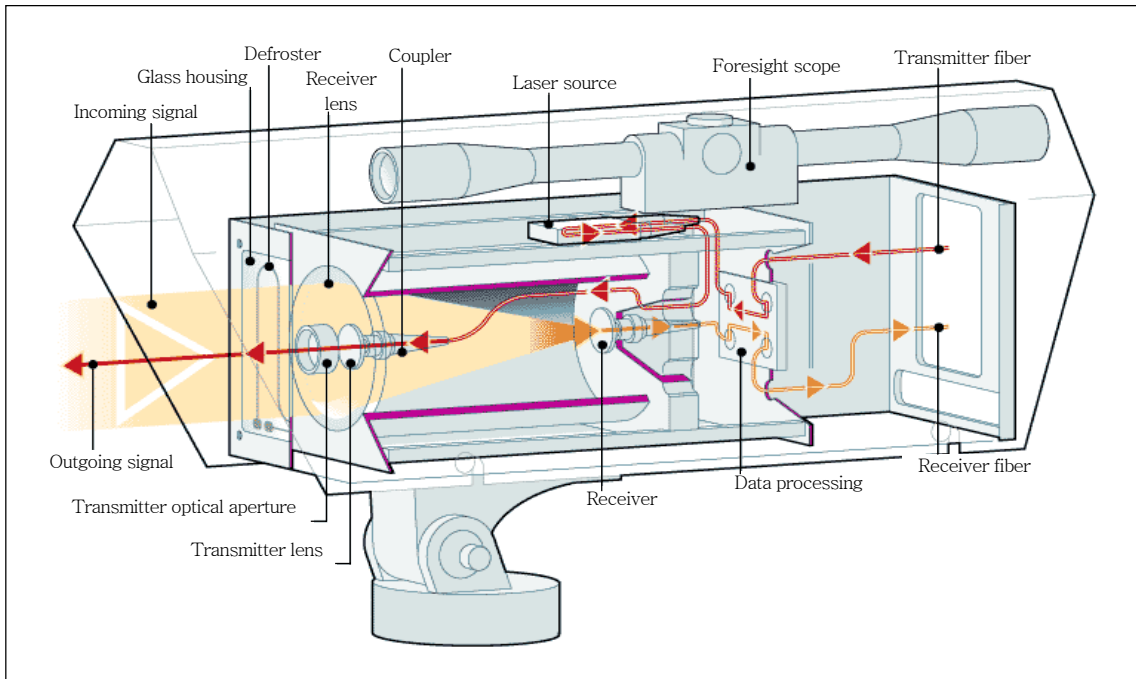
자유 공간 광 통신, 또는 다른 말로 무선 광 통신이라고도 하는 FSO 기술은 값비싼 광 섬유 케이블을 포설하거나 무선 주파수 라이선스를 취득하지 않고도 기가비트급 데이터 전송이 가능하도록 레이저에 음성, 영상, 데이터 등 각종 정보를 실어 대기 중으로 전송하는 LOS(Line-Of-Sight) 광 통신 기술의 한 형태이다. FSO는 무선 통신 기술이지만 전송 매체로서 마이크로 또는 밀리미터 주파수 대역이 아닌 200THz 이상의 적외선 대역을 사용한다는 점에서, 무선 통신 기술 보다는 광 통신 기술의 하나로 분류하는 것이 타당하다.

FSO 네트워크는 전이중(full-duplex) 동작이 가능한 레이저 송수신기가 장착된 광 트랜시버로 구성되며, 각 FSO 송수신기에는 레이저와 같은 고출력 광원과 대기 중으로 빛을 송수신하는 망원경이 장착되어 있다. 네트워크 관리자는 FSO 장비를 이용하여 점-대-점(point-to-point), 점-대-다점(point-to-multipoint), 그리고 메시(mesh) 형태로 네트워크를 구성할 수 있다. 일반적인 FSO 네트워크 구성도와 트랜시버 구조는 각각(그림 1), (그림 2)와 같다.

현재까지 장비 업체들로부터 개발된 FSO 시스템은 최대 2.5Gbps의 전송 속도로 4km까지 전송이 가능한 수준이다. FSO 기술은 기상 조건에 따라 전송 성능에 크게 영향을 받는데, 그 중에서도 짙은 안개는 치명적이다. 그 이유는 레이저 빛의 파장 크기가 안개와 비슷해 레이저 빛이 대기 투과 중 안개 입자와 충돌이 일어나기 때문이다. 짙은 안개와 더불어 FSO 기술 구현에 있어 발생하는 가장 흔한 문제가운데 하나는 태풍이나 지진 등으로 인하여 FSO 장비가 설치되는 고층 빌딩이나 타워가 흔들려 레이저 빔의 초점이 맞지 않게 되는 것이다. 이 문제를 해결하기 위해 장비 업체들은 복수의 레이저 빔을 장착



(그림 1) 일반적인 FSO 네트워크 구성



<자료>: IEEE Spectrum

(그림 2) FSO 트랜시버의 구조

하거나 레이저 빔 확산 방법, 능동형 빔 추적 장치 등을 이용하고 있다. FSO 장비 및 서비스 사업자인 Terabeam은, 2001년 시애틀에서 강도 6.8의 지진이 있었을 때 아주 잠깐 동안 오프라인 상태가 된 적은 있었지만, 기상 조건과 관련하여 통신이 두절된 적은 없었다고 밝히고 있다[1].

FSO 장비들은 대부분 780~920nm 대역이나

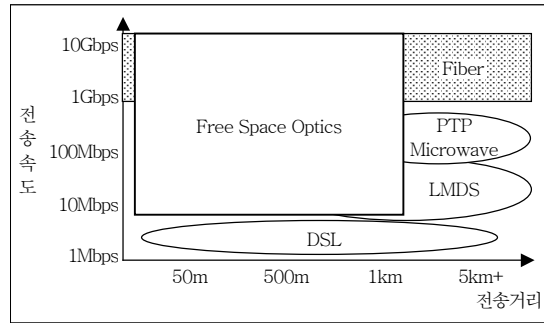
1550nm 파장 대역에서 작동되는데, 그 중에서 현재 가장 선호되는 파장 대역은 850nm이다. 이는 850nm 파장 대역의 레이저 부품 가격(30달러 정도)이 1550nm 레이저 부품 가격(1,000달러 이상) 보다 훨씬 저렴하기 때문이다. 때문에 1550nm 파장 대역을 사용하는 FSO 제품들은 기가비트급 전송 속도를 가지는 하이엔드 제품들이 대부분이다.

그렇다면 굳이 비싼 1550nm 파장 대역을 사용하는 이유는 무엇인가? 장비 업체들이 하이엔드 제품에 1550nm 파장 대역 레이저를 사용하려는 주된 이유는 전송출력 때문이다. 1550nm 파장 대역은 850nm와 달리 적외선이 눈의 망막까지 전달되지 않고 각막에 흡수되기 때문에 시력을 보호할 수 있어, 규제 범위 내에서 850nm 장비 보다 2배까지 전송 출력을 증가시켜 운용하는 것이 가능하다. 전송 출력을 증가시킬 수 있다는 것은 그만큼 전송 거리 및 전송 속도를 증가시킬 수 있음을 의미하며, 따라서 짙은 안개가 낀 열악한 기상 조건에서도 850nm 제품들보다 나은 전송 성능을 나타낼 수 있다.

1550nm 파장 대역을 사용하는 장비들의 또 다른 장점은 무엇보다도 대부분의 창문을 투과할 수 있어 장비를 옥상에 설치할 필요 없이 가입자의 창문에 직접 구축하는 것이 가능하다는 점이다. 따라서 서비스 제공자나 가입자들은 옥상 사용권과 같은 문제로 지체되는 시간을 절약할 수 있어, 수 일 정도 걸리는 서비스 프로비저닝 시간을 단 수 시간 이내로 크게 단축할 수 있다. FSO 장비 업체인 fSONA는 실내에 삼각대 등을 이용하여 불과 30분 이내에 능동형 빔 추적 시스템이 탑재된 FSO 장비의 설치 가능하다고 밝히고 있다. 하지만 아직은 장비 가격이 비싸 850nm 제품이 시장에서 팔리는 제품의 대부분을 차지하고 있다. 850nm 트랜시버의 가격은 5,000달러 정도이며, 1550nm 트랜시버의 가격은 50,000달러 이상에 이른다[2].

## 2. 경쟁 기술들과의 상호 비교

(그림 3)과 <표 1>은 FSO 기술과 기타 경쟁 액세스 기술들을 전송 거리 및 전송 용량에 따라 상호 비교한 것이다. FSO 기술의 장점은 명백하다. 가격이 싸고 빠르고 쉽게 구축할 수 있으며, 대용량의 데이터 전송이 가능하다는 것이다. FSO는 1km 내외의 짧은 액세스 구간에서 광 섬유 케이블의 1/5 정도의 비용으로 기가비트급 전송 속도를 제공할 수 있다. LMDS와 같은 RF 솔루션이나 DSL과 같은 동



(그림 3) 액세스 기술들 간의 상호 비교[3]

<표 1> 경쟁 기술 및 매체들과의 상호 비교

구분	FSO	Fiber Optic	RF	Copper
초기 투자 비용	●	○	○	○
네트워크 구축 시간	●	○	●	○
기술의 안정성	○	●	●	●
전송 속도	○	●	●	○
전송 거리	○	●	○	○

주) ● : Attractive, ○ : Moderate, ○ : Unattractive

선 기반 솔루션들은 FSO 보다 조금 더 먼 거리를 전송할 수 있지만 최대 622Mbps 이라는 전송 속도의 한계가 있고 망 구축 비용도 FSO보다 더 많이 소요된다.

그러나 FSO 기술은 반드시 송수신기 사이에 LOS 환경이 확보되어야 하며, 특히 짙은 안개와 같은 기상 조건과 공중을 날아다니는 새나 비행 물체로 인하여 통신에 장애를 받을 수 있다. 전송 거리는 이상적인 기상 조건 하에서도 최대 5km 정도에 불과하며, 통상 500m에서 2km 사이에서 운용되는 것이 일반적이다[4],[5].

### 가. FSO vs. Optical Fiber

액세스 구간에서의 병목 현상을 해결하기 위해 고려할 수 있는 여러 기술적 대안들 가운데 가장 먼저 생각할 수 있는 것은 광 섬유이다. 광 섬유는 반론의 여지 없이 가장 신뢰할 수 있고 거의 무한대의 데이터를 전송할 수 있는 가장 이상적인 통신 매체이지만, 구축·복구·철거하는 데 엄청난 시간과 비용이 소요된다는 점이 가장 큰 단점으로 지적되고

있다. 게다가 일단 매설되고 나면 관련 비용은 그대로 매몰 원가(sunk cost)가 되어버리기 때문에, 네트워크를 사용하던 고객이 떠나버리고 나면 통신 사업자로서는 투자된 비용을 회수하기가 어렵다.

광 섬유와 비교하여 FSO 솔루션은 건물의 옥상이나 창문에 쉽게 설치하고 철거할 수 있어 매몰 원가가 거의 발생하지 않으며, 설치에 걸리는 시간도 창문에 설치하는 경우 불과 수 시간 이내에 불과하다. 무엇보다도 FSO 기술의 장점은 가격이 저렴하다는 데 있다. FSO 솔루션은 광 케이블의 1/5 가격이면 구축이 가능하다. 그러나 광 섬유가 예측 가능한 매체인 반면, FSO는 대기 중의 감쇄 현상 때문에 기상 조건에 따라 성능을 예측하기 어려운 것이 가장 큰 단점이다. 그 밖에 새나 비행기와 같은 물리적인 장애물도 전송에 영향을 미칠 수 있고, 지표의 온도 상승으로 인한 대기의 흔들림 현상도 무시할 수 없는 요인이다. 따라서 장비를 구축하기 이전에 우선 장비가 설치되는 지역의 기후 패턴을 파악하는 것이 필요하다.

#### 나. FSO vs. RF

광 섬유 케이블 다음으로 생각할 수 있는 기업용 액세스 솔루션은 11GHz 이상의 밀리미터파 주파수 대역을 사용해 고속으로 데이터를 전송하는 고정 무선 시스템이다. 이 기술은 광 섬유 케이블과 비교하여 네트워크 구축 비용이 적게 드는 장점이 있는 반면에, 주파수 사용 라이선스를 취득하는 데 엄청난 비용을 지불해야 하며, 현재까지는 최대 622Mbps(OC-12)의 전송 속도 한계를 극복하지 못하고 있다. 또한 심한 강우나 폭설 등 기상 조건에 따라 전송 속도와 전송 거리에 차이를 보일 수 있다. 미국 LMDS 서비스 사업자였던 Winstar와 Teligent는 막대한 주파수 라이선스 비용, 옥상 사용권 관련 문제, 낮은 서비스 품질, 경기 침체의 영향으로 인한 추가적인 투자 자금 확보의 어려움 등의 이유로 동 비즈니스에서 실패를 경험한 바 있다.

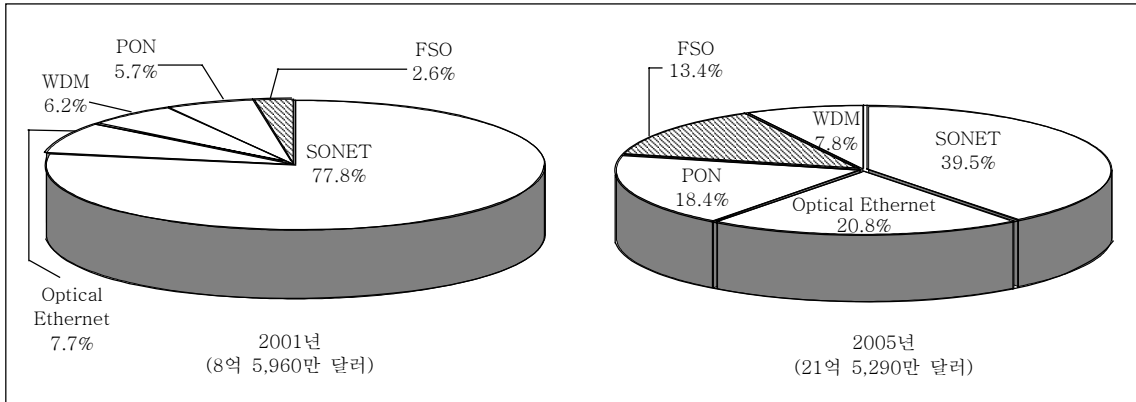
반면에 FSO는 규제 당국의 허가를 받지 않아도 되는 200THz 이상의 적외선 대역을 사용하므로 라

이선스 비용을 물지 않아도 된다. 하지만 국제 전기 공학위원회나 미국 식품의약품안전청의 장치 및 방사선 건강 센터에서 제정한 표준 및 권고안에서 지정하는 한도 이상으로 출력을 초과하여 사용해서는 안 된다. FSO는 현재 최대 2.5Gbps까지 지원하는 제품이 시장에 나와 있으며, 앞으로 머지 않아 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 기술을 활용하여 10Gbps 이상의 전송 속도를 지원하는 제품도 등장할 전망이다. 이러한 확장성은 기존의 어떠한 고정 무선/RF 기술에서도 가능하지 않은 것이다. 네트워크 구축 비용도 고정 무선 솔루션에 비해 훨씬 저렴하다. FSO 장비 및 설치 비용은 송수신기의 전송 성능 및 레이저 빔의 밀도와 전송 거리에 따라 5,000달러(10Mbps급)에서부터 45,000달러(1.25Gbps급)에 이르기까지 다양하며, 설치 비용은 대략 5,000달러 선에서 결정된다[4]. 일반적으로 단거리에서 고정 무선 솔루션 대신 FSO 솔루션을 구현하게 되면 약 40% 정도의 비용 절감 효과를 얻을 수 있는 것으로 보고되고 있다.

### III. FSO 시장 및 업체 동향

#### 1. 시장 동향

FSO 기술은 최근 들어 통신 사업자들로부터 적지 않은 관심의 대상이 되고 있지만, 현재까지 Qwest를 비롯해 어떠한 통신 사업자도 FSO와 관련하여 대규모 장비 구매 계약을 체결한 사례는 없다. FSO 기술을 이용해 서비스를 제공하고 있는 주요 통신 사업자로는 북미의 Qwest와 Terabeam, 유럽에서는 Utfors 정도에 불과하다. FSO 기술은 지금까지 엔터프라이즈 또는 캠퍼스 빌딩들을 서로 연결하는 데 주로 사용되어져 왔으며, 최근에 와서야 서비스 제공자들로부터 액세스 구간에서의 병목 현상을 해결하기 위한 광대역 솔루션으로 관심을 받기 시작하고 있을 뿐이다. 그러나 서비스 제공자들은 경기 침체의 영향으로 인하여 최근 자본 지출을 크게 줄이고 있는 상황에서, 보다 빠르고 비용 효과



<자료>: Communications Industry Researchers, 2001.

(그림 4) 광 액세스 시스템 시장 전망

적인 방법으로 서비스를 제공해야 할 필요성을 어느 때 보다도 강하게 느끼고 있다. 따라서 FSO는 과거의 틈새 시장 수준에서 벗어나 적어도 통신 사업자들이 서비스를 위해 고려할 수 있는 광대역 통신 기술 가운데 하나로 점차 자리를 잡아갈 것으로 예상되고 있다.

최근 FSO 기술에 보다 깊은 관심을 가지고 있는 업체들로 Yipes, Cogent, Teligent 등과 같은 메트로 이더넷 서비스 사업자들을 들 수 있다. 이들은 서비스를 제공하기 위해 메트로 백본으로부터 가입자 빌딩까지 1~2km 정도의 짧은 액세스 구간에서 광 케이블을 구축하여야 하는데, 이는 매우 비용이 많이 드는 작업일 뿐만 아니라 메트로 이더넷 서비스 사업자들에게는 모든 가입자들에게 광 케이블을 연결할 수 있는 자금 여력도 없다. 광 케이블 구축 비용의 85%는 땅을 파고 케이블을 묻는 매설 공사 비용과 굴착권 획득 비용으로 충당되며, 일반적으로 1km의 거리에 광 케이블을 포설하는 데는 100,000~200,000달러 정도의 비용이 소요된다[2],[6]. 시장 조사 회사인 RHK에 따르면, 1990년대 대규모 광 케이블 간선망 구축 작업으로 미국 기업들의 75% 정도가 간선망으로부터 약 1~2km 내외의 거리에 위치하고 있지만, 여전히 간선망과 직접 광 케이블로 연결되어 있는 기업들은 전체의 10% 미만인 것으로 조사되고 있다[1],[7]. 따라서 이 정도의 짧은 거리라면 굳이 값비싼 광 케이블을 구축하는

것보다는 FSO 솔루션을 도입하는 것이 훨씬 비용 효과적이다. FSO 기술은 메트로 이더넷 서비스 뿐만 아니라 이동 통신 망 구축 비용의 약 40~50%를 차지하는 backhaul 용도로도 충분히 활용할 수 있을 것으로 예상된다[8].

이러한 시장의 기대 심리를 바탕으로 2001년 한 해 대형 장비 업체 및 벤처 캐피탈로부터 FSO 전문 장비 업체들에 대한 상당한 규모의 투자가 이루어졌다. LightPointe는 Corning과 Cisco Systems로부터 3,300만 달러의 투자를 유치한 것을 비롯해, 투자자들로부터 총 5,150만 달러를 모집하였다. Air-Fiber는 Nortel Networks로부터 5,000만 달러를 비롯해 총 9,250만 달러를 거두어 들였고, Tera-beam은 Lucent Technologies로부터 4억 5천 만 달러를 비롯해 총 5억 8,600만 달러의 투자 자금을 확보하였다[1],[9].

시장조사회사인 CIR에 따르면, 2001년 8억 5,960만 달러 규모의 광 액세스 시스템 시장에서 2.6%의 비중을 불과한 FSO 장비 시장은 2005년에 이르러 전체 광 액세스 시스템 시장의 13%까지 비중이 크게 확대될 것으로 전망되고 있다(그림 4) 참조[10]. 미국 증권 회사인 Merrill Lynch와 시장조사회사인 가트너 데이터퀘스트, Strategis Group 등은 이보다 훨씬 낙관적으로 FSO 장비 시장이 2005년에 이르면 20억 달러 규모로까지 성장할 것이라고 전망하고 있다[3],[11].

## 2. 업체 동향

현재 시장을 리드하고 있는 주요 FSO 장비 업체들의 솔루션들을 살펴보면, 프로토콜 독립적인 1계층 장비를 생산하는 LightPointe, fSONA, Optical Crossing 솔루션과 2계층 장비를 생산하는 AirFiber(ATM)와 Optical Access(IP) 솔루션, 그리고 장비 판매 및 서비스를 겸하고 있는 Terabeam 등으로 구분할 수 있다. <표 2>는 주요 FSO 장비 업체들의 제품 현황을 요약한 것이다.

### 가. LightPointe

LightPointe는 프로토콜과 독립적인 1계층 FSO 장비를 판매하는 대표적인 장비 업체로서, 이를 통해 경쟁자들과 차별화하는 전략을 추구하고 있다. 동 솔루션은 이미 2계층, 3계층 장비를 가지고 있는 업체들에게는 기존 장비들과 결합되는 데 문제가 없어 장점이 될 수 있지만, 단-대-단 통합 솔루션을 원하는 업체들에게는 장비 투자 비용을 증가시키게 되어 오히려 단점이 될 수도 있다. LightPointe의 FlightSpectrum™ 제품군의 최신 버전은 최대 2.5Gbps 전송 속도로 1km까지 전송이 가능한 수준이다. LightPointe는 앞으로 능동형 빔 추적 장치를 이용하여 전송 거리를 최대 2km까지 늘리고, 송수신기 간의 전송 속도도 10Gbps까지 가능한 다파장 FSO 트랜시버를 개발할 예정이다. LightPointe는 지금까지 Qwest Communications International, Telkom South Africa, Red Spectrum 등에 장비를 공급했으며, 최근에는 미국에서 자사의 전광 FSO 기술에 대한 특허권을 인정 받았다.

나. AirFiber

AirFiber는 FSO 장비에 60GHz 밀리미터파 무선 장비를 결합시켜 하이브리드 형태의 FSO 솔루션을 구현하고 있다. AirFiber의 HFR(Hybrid FSO

<표 2> 주요 FSO 장비 업체들의 제품 현황

업체명	주요 제품군	전송 속도(Mbps)	전송 거리(m)	파장 대역(nm)
LightPointe	FlightLite™	10~155	50~1,000	850
	FlightPath™	1.5~1,250	20~1,000	850
	FlightSpectrum™	1.5~1,250	280~4,000	850
	FlightSpectrum 2.5G™	2,500	100~1,000	1,550
	FlightStream™	1.5~52	280~4,000	850
AirFiber	AirFiber 5800™	155~1,250	200~600	1,550
	OptiMesh™	622	200~500	785
Terabeam	Elliptica™	100~155	2,000	1,550
	Magna™	622~1,000	4,000	1,550
fSONA	SONAbeam™ 155	125~155	75~3,400	1,550
	SONAbeam™ 270	270~540	200~2,600	1,550
	SONAbeam™ 622	622	100~2,600	1,550
	SONAbeam™ 1250	34~1,250	100~2,250	1,550
Optical Access	TereScope™ 1	100	380	850
	TereScope™ 2	1.5/2,048	4,100	850
	TereScope™ 10	10	3,200	850
	TereScope™ 25	25	2,600	850
	TereScope™ 155	10~155	2,200~3,750	850
	TereScope™ 622	622	1,500	850
	TereScope™ 1000	1,250	1,500	850

Radio) 솔루션은 FSO와 무선 주파수를 통해 동일한 데이터가 동시에 전송되는데, FSO 장비의 전송 성능이 장애를 받는 길은 안개가 발생할 경우에는 무선 장비가 작동하고, 무선 장비의 전송 성능이 장애를 받는 큰 비가 올 경우에는 FSO 장비가 작동되는 상호 보완적인 형태이다. AirFiber 솔루션의 또 다른 특징은 ATM 스위치와 관련 소프트웨어까지 제공하는 2계층 솔루션이라는 점이다. 가격이 경쟁업체 제품들보다 다소 비싸긴 하지만, 전송 프로토콜로 ATM을 이용하기 때문에 FSO 메시 아키텍처 상에서 QoS를 보장하면서 대체 루트 탐색이 가능하다. FSO OptiMesh™ 솔루션을 이용할 경우, 각각의 시스템들이 가질 수 있는 최대 전송 속도와 전송 거리는 각각 622Mbps와 500m 이며, 빌딩 당 20,000달러 정도의 비용이 소요된다.

#### 다. Terabeam

Terabeam은 FSO 장비 개발 업체이자, 동시에 서비스 제공자인 독특한 비즈니스 전략을 가지고 있는 업체이다. Terabeam은 최근 안개 속에서 데이터의 전송을 보장하기 위해, 셀 사이트 수를 늘리거나 사이트 간의 전송 거리를 줄이는 비용 증감식 방법이 아닌, 다중 광 필터를 장착한 송수신기로 신호의 강도를 조절하는 방법을 개발했다. 따라서 안개가 발생하면 소프트웨어가 자동적으로 이를 감지하고 트랜시버에게 전송 출력을 증가시키도록 지시하게 되며, 빌딩의 흔들림에도 대처할 수 있도록 능동형 빔 자동 추적 장치도 포함되어 있다. Terabeam은 현재 시애틀과 덴버 등의 지역에서 11개 허브 사이트를 구축하여 다운타운 오피스 창가로 광대역 신호를 전송할 수 있는 네트워크를 구축하여 서비스를 제공하고 있다. 최근에는 Harmonix 사를 인수하여 기존 FSO 제품과 더불어 GigaLink RF 60GHz 제품도 판매할 계획을 가지고 있다.

#### 라. Optical Access

Optical Access는 MRV Communications의 통

합 사업 부문의 하나로 FSO 트랜시버와 스위치, 라우터, WDM 시스템 등을 개발하고 있다. 1988년 설립된 MRV는 데이터 통신용 레이저 부품을 중점적으로 생산해 왔고, 2000년에 들어서서 지주 회사로 변신하여 Optical Access를 비롯해 여러 자회사들을 설립하였다. Optical Access의 FSO 장비로는 850nm 파장 대역을 사용하는 TereScope™ 제품군이 있다. TereScope 155 Protocol Independent 시리즈는 2.4GHz ISM 주파수 대역을 사용하는 Fusion RF 백업 시스템과 결합하여 모든 종류의 기상 조건에서 99.999%의 안정성을 제공할 수 있다. 하이엔드 제품인 TereScope 622와 1000 시리즈는 능동형 빔 추적 장치를 도입하여 설치 및 전송 안정성을 높였다. 동사는 또한 Alcatel의 광 스위치인 OmniSwitch와 FSO 장비를 결합하여 점-대-점 그리고 메시형 토폴로지를 구현할 수 있는 FSO 솔루션을 제공하고 있다.

#### 마. fSONA

fSONA는 2002년 6월 155/622Mbps 전송이 가능한 기존 FSO 트랜시버 제품군에 기가비트급 전송이 가능한 SONAbeam 1250과 OC-48을 잇달아 출시하였다. fSONA 제품들은 모두 1550nm 레이저를 사용하며 최대 4km까지 광 신호를 전달할 수 있다. fSONA는 최근 기존 FSO 시스템에 자동 빔 추적 장치를 결합시킴으로써 데이터 전송의 신뢰성을 높이고 전송 가능 거리도 보다 늘릴 수 있게 되었다. fSONA의 자동 빔 추적 시스템은 정밀 제어 부품 및 시스템 업체로 잘 알려져 있는 Moog와 라이선스 계약을 체결함으로써 도입된 기술로서, 강한 바람과 지진 같은 자연환경적 장애 요인으로 인해 발생하는 고주파수 이동뿐만 아니라 온도의 상승과 하강으로 인한 저주파수 이동을 동시에 추적할 수 있게 한다.

## IV. 결론 및 시사점

FSO는 모든 통신 애플리케이션에 적용될 수 있



는 이상적인 선택은 분명히 아니다. 현재 장비 업체들은 지속적인 기술 혁신으로 99.99%의 안정성을 확보하고 있으며 적어도 기상 조건으로 인하여 전송이 중단되는 일은 없을 것이라고 주장하고 있지만, FSO 기술에 대한 통신 사업자나 일반인들의 편견을 빠른 시간 안에 뒤집기는 어려울 것으로 보인다.

그러나 FSO는 설사 주된 통신 기술로 선택되지 못한다고 하더라도 적어도 테러, 지진, 화재 등 유사시에 광 섬유를 대체할 수 있는 보조 수단으로서 활용 가치는 매우 높다고 볼 수 있다. 광 섬유는 어디든 구축될 수 있는 성질의 매체가 아니며, 더구나 빨리 구축될 수 있는 것도 아니다. 뿐만 아니라 두 개의 광 섬유를 구축하여 물리적인 보호 절체 구조를 갖추었다 하더라도 동일한 이벤트로 네트워크가 파괴된다면 결코 보호 받을 수 없으며, 그러한 경우를 대비하여 FSO와 같은 기술을 사용해 대체 경로를 확보해 두는 것이 필요하다.

뿐만 아니라 최근 액세스 구간의 병목 현상 해결을 위해 메트로 이더넷, PON 등 광 가입자 망 기술에 대한 관심이 점차 고조되고 있어, FSO는 광 가입자 망 구축을 위한 여러 솔루션들 가운데 하나로 조금씩 입지를 넓혀갈 것 수 있을 것으로 예상된다.

## 참 고 문 헌

- [1] Byron Acohido, "Free Space Optics Offer Fast Data Option," USA TODAY, Apr. 2002.
- [2] Heinz A. Willebrand and Baksheesh S. Ghuman, "Fiber Optics Without Fiber," IEEE Spectrum, Vol. 38, No. 8, Aug. 2001.
- [3] Rebecca Sausner, "High Speed Telecommunications, in a Flash," CRAIN's New York Business, Sep. 2001.
- [4] Jim Barthold, "Free Space Optics Finds Focus," Telephony, Jan. 2002.
- [5] Lindsay Schroth, "Free Space Optics 2001: A Networking Odyssey," Yankee Group, Nov. 2001.
- [6] Doug Allen, "The Second Coming of Free Space Optics," *Network Magazine*, Mar. 2001.
- [7] Baksheesh S. Ghuman, "Attacking the Connectivity Bottleneck," Telephony, Sep. 2001.
- [8] Jeff Hecht, "Optical Networking: Free-space Optical Communications," *LaserFocusWorld*, Nov. 2001.
- [9] Brian E. Taptich, "Laser Beams Focus on Broadband," REDHERRING, Mar. 2002.
- [10] Martin Vilaboy, "Into Thin Air," FAT PIPE, Dec. 2001.
- [11] Bettina Tratz-Ryan, "Free Space Optics: Market Analysis," Gartner Dataquest, Mar. 2001.
- [12] <http://www.lightpointe.com/>
- [13] <http://www.airfiber.com/>
- [14] <http://www.terabeam.com/>
- [15] <http://www.opticalaccess.com/>
- [16] <http://www.fsona.com/>