<특 집>

고속 근거리 통신을 위한 플라스틱 광섬유

이태형† · 최동훈[1]

1. 서 론

현대의 멀티미디어 사회에서, 광섬유가 주는 영향은 지대하다. 모든 국가의 기간 전송망이 광섬유로 대체되고 있으며, 모든 정보 통신의 근간이 광통신에 의지하고 있는 실정이다. 광섬유는 인간의 머리카락 정도의 굵기에 수백 Tera Bit 급의 신호를 처리할 수 있고, 이러한 정보 처리의 속도는 일반적인 구리선의 약 수십만배 이상의 처리 능력을 가지고 있다. 따라서 인간이 만들어 낸 섬유 중에, 가장 적은 양으로 가장 큰 부가가치를 내고 있는 제품은 당연히 광섬유일 것이다.

석영을 주성분으로 하는 고순도 유리는 그 자체의 뛰어난 광학 특성, 환경 안정성, 내열성 때문에 광섬유 및 광통신 부품 제작을 위한 기본 원료로 많이 사용되어 왔다. 그러나 일반적으로 광학 유리는 깨지기 쉽고 형상 가공이 어려우며 일정 크기 이상의 형태를 가공함에 있어 생산성의 문제가 있기 때문에, 광학적으로 투명한 고분자 재료를 이용하여 기존 광학 유리 재료를 대체하고 있으며, 이러한 응용에 있어서 최근 세계적으로 가장 각광을 받고 있는 첨단 소재의 하나가 Plastic Optical Fiber(이하 POF)라고 총칭되는 플라스틱 광섬유이다.

미국의 DuPont사에 의하여 1968년에 Poly (methyl methacrylate)(이하 PMMA)를 사용한 최초의 POF가 상업적 목적에 의하여 개발되었고[1], 이후 20여년이 경과하는 동안 POF에 대한 저손실성, 고내열성 및 양산성 등의 생산 기술의 개발이 Mitsubishi Rayon, Toray, Asahi Chemical 등의 일본 기업들에 의하여 주도적으로 진척되어 왔다[2]. 개발 초기에는 PMMA보다 향상된 광 투명성을 갖는 고분자 소재의 발굴 및 제작 기술의 한계 때문에, 상용화된 POF의 전송 손실은 1000 dB/km를 상회하였고, 조명, 장식, 디스플레이 또는 내시경의 image guide 용도의 목적으로 주로 사용되었다. 최근 들어서 POF 재료 및 제작 기술의 발달로 인하여, 자동차 및 건물 내의 근거리 통신망 응용을 위한 내열성의 향상 및 전송 손실 감소 등, POF의 특성 향상에 힘입어 TV, 컴퓨터 또는 프린터와 같은 정보 단 말을 연결하는 근거리 통신망과 자동차 등의 통신 배선을 대체하는 정보 전달 목적의 근거리 통신 매체로 응용 범위가 급격하게 확대되고 있고 아울러 세계적으로 POF 개발을 위한 연구 개발이 광범위하게 진행되고 있는 중이다[3,4].

POF에 대한 수요가 확대되리라 하는 예상은 기존의 석영계 유리 광섬유(Glass Optical Fiber: 이하 GOF)로는 극복할 수 없었던 저가격화를 배경으로 한다. 실질적으로 낮은 전송 손실 및 넓은 대역 특성을 갖는 GOF와 비교할 때 POF의 전송 특성은 매우 미흡하다. 그러나, POF의 장점으로는 대구경 코어를 저가격으로 용이하게 얻을 수 있고, Numerical Aperture(이하 NA)가 높으며, bending 특성도 뛰어나기 때문에 근거리 광통신망 설치에서는 필수적이며 많은 비용이 요구되는 절단, 연마, 접속, 포설 및 주변 부품 등을 GOF와 비교하여 매우 저가로 처리할 수 있다[5]. 코어부가 대구경이고 NA가 높기 때문에, 광섬유 연결시 접속 효율이 높으므로 고정밀도를 지닌 고가격의 광커넥터가 불필요하고, 또한 주위 부품과의 정밀 접속이 불필요하기 때문에 발

Plastic Optical Fibers for High-Speed Local Area Network Application / Tae Hyung Rhee† and Dong Hoon Choi[1]
†삼성전자주식회사 정보통신개발센타 선임연구원, (440-600) 경기도 수원우체국 사서함 105호, Phone: 0331) 280-9649, Fax: 0331)280-9639, e-mail: thlee@khgw.info.samsung.co.kr
[1]경희대학교 섬유, 화학, 산업공학부, 재료과학기술연구소

광 소자에 저가의 Light Emitting Diode(이하 LED) 또는 Vertical Cavity Surface Emitting Laser(이하 VCSEL)를 사용할 수 있는 등 주변 부품의 저가화가 가능하다. 단면 처리도 금속 거울 면의 hot-plate를 사용하여 처리하는 등 기존의 GOF에서는 필수적인 고가의 단면 연마가 불필요하며, 뛰어난 bending 특성 때문에 외부 충격에도 안전하다. 이러한 특성으로 인하여 POF는 저가의 광통신 전송 매체로서 많은 관심을 받아왔다[6].

현재까지 POF의 근거리 통신 이용은 전송 거리 100 m, 전송 속도 150 Mbps 내외의 제한적인 용도에서 사용되어 왔으나 Graded Index형의 POF(이하 GI-POF)가 개발되어 수백 m 거리의 1 Gbps 이상의 고속 정보 전달이 가능한 통신 매체로서 세계적인 주목을 받고 있다. 1990년에 일본에서 개발된 GI-POF는 전송 대역의 측면에서도 Graded Index형 GOF를 능가하는 성능이 확인되었으며[7] 고속 멀티미디어 시대의 LAN 등 정보 전달의 단말 부분에 대하여 저가의 설치로 일시에 대량의 정보를 전송하는 전달 매체로서의 응용에 관심이 높아지고 있다[8-12]. 일반적인 근거리 통신 목적으로는 건물 내의 수십 m~수백 m 거리의 개인 컴퓨터 통신망을 연결하는 통신 배선 및 수십 m~100 m 거리의 디지털 신호를 사용하는 오디오/비디오 기기, 디지털 TV, 컴퓨터를 프린터나 기억장치로 연결하는 통신 배선 등으로 사용할 수 있다. 또한 전기 절연성이 뛰어나고 전자기 유도(이하 EMI)를 받지 않아 잡음이 적고 오작동이 없어 안전도가 높은 센서의 용도로 사용이 가능하기 때문에, 자동차 내의 제어 sensor, 오디오 기기나 자동 항법 장치 등의 배선으로 POF의 사용이 중요시되고 있으며, 종래의 구리 배선에 따른 수십 kg의 무게를 가벼운 POF의 사용으로 줄일 수 있다[13]. 그 외의 근거리 통신 목적으로는 군사용 차량, 전투기, 항공기 또는 선박 등과 같이 빠른 정보의 처리가 필요하고 충격에도 안전한 군사 통신 목적에 사용하고 있다.

POF의 총괄적인 개발 동향 및 응용에 대하여는 근간에 발표된 논고에 나와 있기 때문에[14] 본 논고에서는 생략하고, POF 특성을 위한 재료 측면의 간략한 이해와, 최근 각광을 받고 있는 최대의 통신 시장인 근거리 통신망의 전송 매체로서의 POF에 대하여 기술하고자 한다.

2. POF의 전송 특성

1968년에 미국의 DuPont사에 의하여 알려지기 시작한 POF는 1970년대 들어서 일본의 Nippon Telegraph and Telephone사와 Mitsubishi Rayon사를 중심으로 연구되어 왔다. 1980년대까지 광 전송 손실을 낮추려는 측면에서 주로 Step Index형 POF(이하 SI-POF)에 대한 연구를 주로 하였고, 최근에는 Japan Synthetic Rubber 사에서 내열성 광섬유로 "ARTON"을 발표하여 많은 관심을 일으켰다[15]. 고속 전송용 GI-POF의 개발은 일본의 게이오대를 중심으로 1982 년 이후에 활성화되기 시작하였고, 최근 가시광 영역 및 적외선 통신 영역에서 전송 손실 50 dB/km 이하를 가지는 내열성 GI-POF인 "Lucina"(Asahi Glass사)의 상용화에 따라 POF를 통한 저가의 고속 근거리 통신의 관심이 고조되고 있다[16].

2.1. POF의 종류

광섬유에 의한 전송은 기존의 구리선을 통한 전자 신호의 전달 개념을 광섬유를 통한 광자 신호의 전달 개념으로 전환한 것이다. 광섬유로 대표되는 광전송 매체는 일반적으로 빛이 진행하는 코어부와 진행하는 빛을 코어부 내에서 지속적으로 진행하도록 유도하는 클래드부로 구성되며, 크게 나누어 단일 모드형과 멀티 모드형의 두 종류로 구분된다. 단일모드 광섬유는 대부분 장거리 전송용으로 사용되는 GOF이다. 근거리 전송에 주로 이용되는 멀티모드 광섬유는 50 μm 또는 62.5 μm의 코어 직경을 갖는 GOF와 대부분의 POF가 해당된다. 현재까지 개발된 POF는 코어부의 높은 굴절률과 클래드부의 낮은 굴절률이 굴절률의 불연속 계면상에서 빛이 전반사하며 진행하는 SI-POF와, 코어부의 굴절률이 중심 축에서 외부 방향으로 Gaussian 분포를 가지면서 낮

아지며 중심 축에 모든 입사광의 모드들이 교차하면서 진행하는 GI-POF의 두 종류가 있다(*Figure* 1). 두 종류 POF의 가장 큰 전송 특성으로는 굴절률 분포에 따른 모드의 진행 거리 차이에 의한 모드 분산을 들 수 있다. *Figure* 1(b)에서 보여주듯이 SI-POF에서는 광섬유의 입사단을 동시에 출발하여 진행하는 빛의 각각의 모드들이 일정한 거리를 진행한 후에 진행 속도가 달라짐에 따라 출력 단에서 검출된 각 모드의 신호가 넓게 분산, 중첩되어 결과적으로 정확한 정보의 검출이 어려워진다. 따라서 SI-POF의 경우는 저속, 저용량의 단거리 전송 등에 적합하며, 현재 시판되는 대부분의 POF는 PMMA를 사용한 SI형 멀티 모드 광섬유이다. 반면에 GI-POF는 POF 중심 축을 기준으로 진행하는 광신호의 각 모드들의 전송 시간이 실질적인 진행 거리와 관계없이 일치하기 때문에, 출력 단에서 각 모드들의 신호가 분산이 없이 검출되며, 따라서 GI-POF는 전송 대역 폭이 넓고 전송량이 큰 고속 전송에 적합하다.

2.2. POF의 전송 손실

POF의 전송 손실의 요인은 일반적으로 광섬유를 구성하는 재료 자체의 손실과 광섬유의 제조 시에 발생하는 불순물이나 구조적인 결함에 의하여 생긴다. 불순물이나 구조의 결함에 의한 손실로는 주로 산란 손실이 해당하며, 정제 기술이나 인출 기술 등에 의하여 최소화 할 수 있으나 재료 자체에서 발생하는 흡수 손실은 POF의 고유 손실이라고 볼 수 있다. POF의 재료에 따른 전송 손실로는, 전자 천이 흡수 손실(electronic transition absorption)과 적외 진동 흡수 손실(carbon-hydrogen vibrational absorption)로 크게 분류된다[17]. 일반적으로 고분자는 적외 영역에서 분자 구조 내의 진동에 의한 고유의 흡수 영역을 가지고 있고, 자외 영역에서는 전자 천이에 의한 고유의 흡수 영역을 가지고 있다. 이러한 흡수 영역들의 영향은 가시 영역 대에서 그 위치나 강도의 차이는 있지만 harmonic overtone으로 나타나며 POF의 전송 손실의 중요한 요인이 된다(*Table* 1).

POF의 고분자 구조에서 주된 전자 천이 흡수의 요인은 일반적으로 carbon-oxygen 이중결합(이하 C=O)의 $n \rightarrow \pi^*$ 천이와 carbon-carbon 이중결합(이하 C=C)의 $\pi \rightarrow \pi^*$ 천이에 따른 흡수이다. PMMA의 경우, C=O 결합에 의한 전자 천이 흡수 손실은 500 nm 이상의 파장 대에서 1 dB/km로 매우 낮고 PS의 경우 benzene 고리의 delocalization에 의하여 500 nm의 파장대에서 100 dB/km, 600 nm의 파장 대에서 7 dB/km 정도의 전자 천이 흡수 손실을 나타낸다[18]. carbon-hydrogen(이하 C-H) 결합에 의한 적외 진동 흡수 손실은 대부분의 고분자가 가지고 있는 특성이다. 일반적으로 고분자의 C-H 결합에 의한 적외선 영역의 흡수에 의한 harmonic overtone에 기인하는 광 흡수가 주원인을 이루기 때문에, 근적외선 영역에서 높은 흡수에 의한

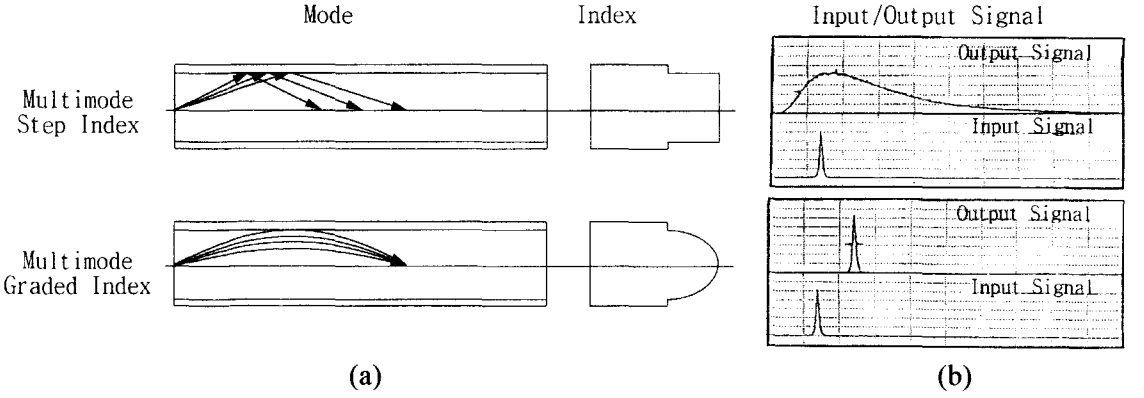

Figure 1. SI-POF와 GI-POF의 전송 원리와 모드 분산 특성; (a) 전송 원리, (b) 모드 분산.

Table 1. POF의 전송 손실 요인

Intrinsic		Extrinsic	
Absorption	Scattering	Absorption	Scattering
Harmonic overtone absorption (C-H vibration)	Rayleigh scattering	Transition metals	Dust
Electronic transition		Organic impurities	Deformation & Imperfection

Absorption Loss: Intrinsic

Electronic transition absorption
- carbon-oxygen double bond (n→p*)
- carbon-carbon double bond (p→p*)
- PMMA: Loss≤1 dB/km @ 500 nm Higher
  PS : Loss≤100 dB/km @ 500 nm
  Loss≤7 dB/km @ 600 nm

Infrared vibrational absorption
- C-H bond (harmonic overtone)
- PMMA : Loss≤70 dB/km @ 570 nm
  PMMA-D8: Loss≤1 dB/km @ 500 nm
  Loss≤160 dB/km @ 750 nm
- @ 780 nm C-H: 200 dB/km
  C-D: 80 dB/km
  C-F: 10-5 dB/km

전송 손실을 가진다. 그러므로 POF의 전송 손실 중 적외 영역 흡수 손실이 가장 큰 부분을 차지한다[19]. *Figure* 2의 파장에 따른 PMMA의 C-H 결합에 의한 흡수 손실 변화 (a)[17] 및 PMMA와 polystyrene(이하 PS) 코아를 가진 POF의 전송 손실 (b)[20] 스펙트럼에서 보여주듯이, 장파장으로 가면서 C-H 결합 등에 의한 흡수 손실이 지속적으로 증가됨을 알 수 있다.

이러한 C-H 결합에 의한 흡수 손실 문제를 해결하기 위하여 1977년 DuPont사에서 PMMA의 hydrogen을 중수소로 치환한(PMMA-d8) POF에 대한 전송 손실(180 dB/km @ 750 nm)을 보고하였으며 결과적 중수소의 치환은 harmonic overtone을 장파장으로 이동시킴으로 광원으로 쉽게 구할 수 있는 650 nm 및 750 nm 파장 대에서 최저 손실을 얻을 수 있다. NTT에서도, PMMA-d8을 사용하여 최저 손실 파장 650 nm에서, 전송 손실 20 dB/km를 보고하였다[21]. 또한 C-F 결합에 대한 저손실 가능성에 대한 결과가 알려지면서 불소화 수지를 사용하여 POF의 전송 손실을 최소화하는 개발 방향이 정립되었다. *Figure* 3은 C-H, C-D 및 C-F 결합에 대한 적외 진동 흡수의 정도를 각 harmonic overtone에 대해 계산한 결과이다[7]. C-H 결합을 C-D 또는 C-F 등의 무거운 원소로 대체하면 C-H 결합의 적외 영역의 흡수가 장파장 쪽으로 이동하는 원리를 응용한 것으로 가시 영역 및 근적외 영역에서의 손실을 감소시킨다. 이 결과로 보면 불소 수지로 PMMA를 완전 치환할 수 있으면 GOF에

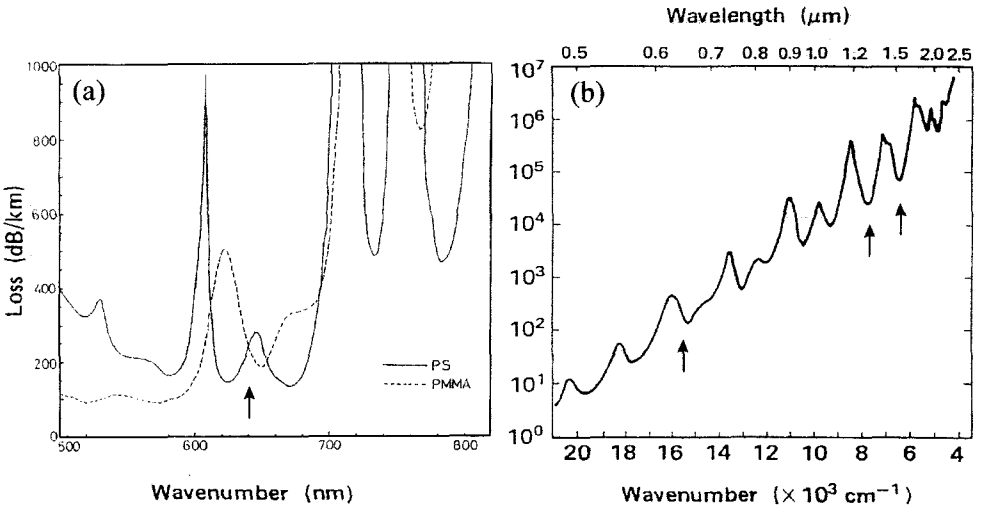

Figure 2. Carbon-hydrogen 결합 흡수 손실; (a) PMMA POF의 C-H 결합 harmonic overtone에 의한 흡수 손실, (b) PMMA 및 PS POF의 전송 손실.

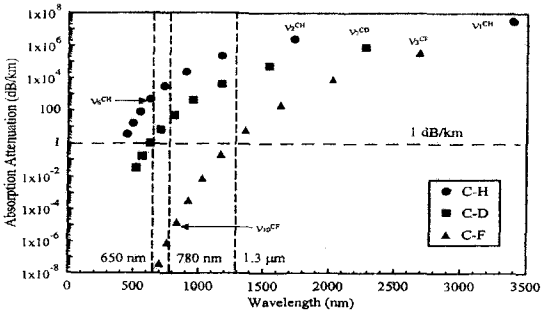

Figure 3. C-H, C-D 및 C-F 결합에 대한 적외 진동 흡수도 및 흡수 영역.

가까운 전송 손실을 POF에서 얻을 수 있음을 시사하고 있다. 일본 게이오대학에서 개발되어 상용화된 완전 불소(Perfluorinated) 수지인 "Cytop"을 사용하여 제작된 GI-POF인 "Lucina"의 경우, 1310 nm를 포함한 대부분의 가시 영역과 근적외 영역에서 50 dB/km 이하의 전송 손실을 보이고 있다. 또한, 그 이론적인 전송 손실 값은 GOF의 이론적인 손실 값인 1310 nm에서 0.3 dB/km 및 1550 nm에서 0.1 dB/km 이하의 저손실 특성을 보임에 따라, 향후 POF의 응용 범위를 더욱 넓힐 수 있다[22]. *Figure* 4는 "Cytop" POF의 전송 손실 특성과 이론적인 전송 특성을 보여 준다.

2.3. POF의 대역 특성

기존에 상용화된 SI-POF는 압출 방식으로 쉽게 제작되었으나, 모드 분산에 의한 영향으로 그 대역 특성은 155 Mbps의 전송 속도에서 100 m 이내의 거리로 제한되었다[16,23]. 최근에 일본의 게이오대학 연구진들에 의하여 개발된 SSD (Swelling and Selective Diffusion) 제조법은[7] 지금까지 불가능하다고 생각되었던 GI-POF의 저손실화와 광대역화 및 기계적 특성의 개선을 일거에 해결했다. 개발된 GI-POF의 제작 방법은 매우 간단하면서도 굴절률 분포를 쉽게 가지고 갈 수 있으며, 코어부와 클래드부의 재료로 선택할 수 있는 고분자 재료의 선택 폭을 매우 늘렸고 기존의 GOF 인출에 사용되는 모재(preform) 인출 기술을 사용함으로써 요구되는 두께의 광섬유를 쉽게 제작할 수 있다. 또한, 코어 내부 굴절률의 분포를 조절하기 위하여 굴절률 Dopant가 코어부의 고분자 중합 과정에서 고분자의 "Gel-Effect"에 의하여 코어부의 중심으로 갈수록 분포를 더 많이 가질 수 있는 것이 특징이다.

PMMA GI-POF를 이용한 2.5 Gbps 전송 실험의 결과에 의하면(전송 거리는 Desktop LAN에서 필요로 하는 100 m로 설정)[24], GI-POF의 입력단과 출력단에서의 eye pattern diagram (waveform)에서 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나, SI-POF를 통한 250 Mbps~100 m 전송실험에서 검출된 eye pattern diagram 입력단의 신

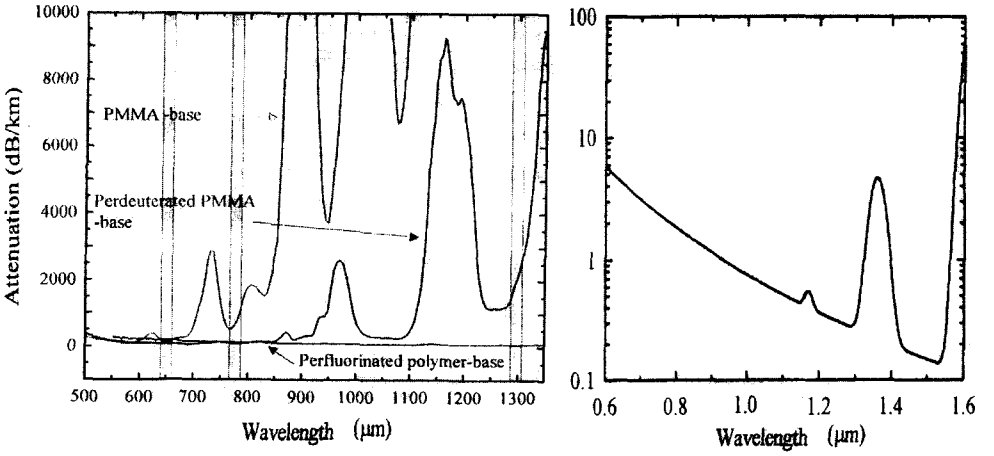

Figure 4. "Cytop" POF의 전송 손실 비교 및 이론적인 전송 손실; (a) PMMA, PMMA-d8 및 "Cytop" POF의 전송 손실 비교, (b) "Cytop" POF의 이론적인 전송 손실 값.

호와 출력단의 신호의 형태가 매우 다른 것을 알 수 있다(*Figure* 5)[9]. 이러한 현상의 이유는 SI-POF의 전송 거리에 따른 모드 분산에 기인한다. 그러므로, GI-POF에서는 고속 전송시에 SI-POF에서 발생하는 모드 분산에 따른 문제점을 완전히 해결하였다.

POF의 대역폭 특성을 결정하는 또 하나의 중요한 요소로는 재료 분산을 들 수 있다. 재료 분산은 파장 변화에 따른 재료의 굴절률 변화에 따른 각 모드의 시간적인 진행 속도의 차이를 말한다. *Figure* 6(a)에서 보듯이 PMMA의 재료 분산

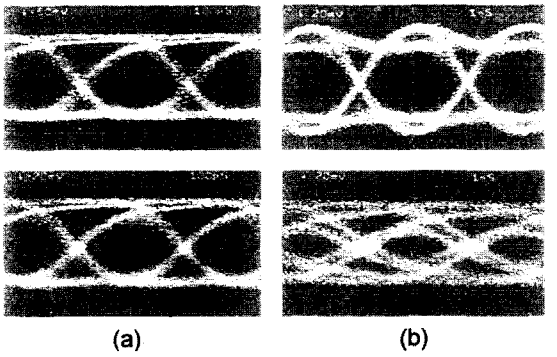

Figure 5. (a) GI-POF 2.5 Gbps-100 m 전송 입력 신호(상) 및 출력 신호(하)의 eye pattern, (b) SI-POF 250 Mbps-100 m 전송 입력 신호(상) 및 출력 신호(하)의 eye pattern: 모드 분산에 의하여 SI-POF의 전송 실험에서는 출력 신호의 eye pattern의 형태가 일그러진 모습을 하고 있음.

정도가 가장 심하며, 불소계 고분자의 재료 분산 정도는 실리카 유리보다 우수하다. 이러한 재료 분산의 정도는 단 파장에서 심하며, 그 정도는 재료에 따라 각각 다르다. 재료 분산의 정도가 나쁜 PMMA POF의 경우, 재료 분산 정도가 좋은 장파장 영역에서 사용하는 파장을 정하여야 하는 제약이 따르고 또한 사용하는 광원도 선폭(spectral width)이 좁은 좋은 특성의 LD를 사용하여야 한다. 재료 분산 특성이 우수한 불소계 POF의 경우, 더욱 넓은 파장 영역에서 사용할 수 있기 때문에 광원 파장 종류나 응용 측면에서 선택의 폭이 매우 넓으며, 광원의 선 폭도 일반적인 LD를 사용해도 넓은 대역폭을 갖기 때문에 고속 전송의 측면에서 매우 유리하다. *Figure* 6(b)에서 보듯이, 선 폭이 2 nm인 VCSEL을 사용하여도 전송 속도는 최고 10 Gbps 이상을 유지할 수 있다. 따라서, POF의 전송 손실을 10 dB/km 정도로 낮출 경우에는, 근거리 통신망을 구성할 수 있는 응용 범위가 500 m~1 km 이상으로 넓어지며, 따라서 POF의 사용량은 현재의 예측보다도 기하 급수적으로 증가할 것이다.

3. 근거리 통신용 POF 응용

멀티미디어 시대의 도래는, Local Area Network(이하 LAN)으로 통칭되는 근거리 통신망

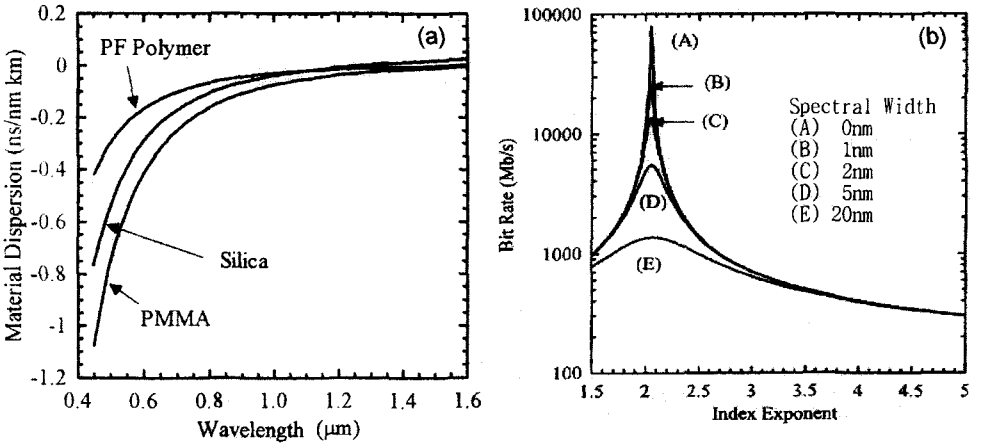

Figure 6. POF의 재료 분산에 따른 특성; (a) 재료에 따른 재료 분산 정도, (b) 불소계 POF의 재료 분산에 따른 780 nm 광원에서 광원 선 폭에 의한 대역 폭의 변화.

의 보급을 크게 촉진시키고 있다. 또한, 인터넷, PC 통신, 전자 메일 등 근거리 통신망의 보급이 기하급수적으로 늘어나고 있으며, 지금까지 무관심한 일반 가입자들도 저가격의 LAN 시스템의 도입에 대한 관심이 높아지고 있다. 최근의 PC LAN의 고속화 움직임은 CPU의 처리 속도 향상과 저가격의 PC 단말에서 용이하게 동화상 및 음성 등을 처리할 수 있는 주변 기기의 성능 향상과 네트워크의 고속화 요청도 높아지고 있다. 이른바 멀티미디어화에 따라 많은 정보량을 처리할 수 있는 hardware 및 software의 기술이 요구되고 있다.

기존의 LAN에서는 비용 측면에서 유리한 공유 매체형의 망이 구성되어 왔다. 이것은 한 개의 전송로를 많은 단말에서 공유하는 것이고, 한 단말 당 전송로 설치의 비용을 매우 절감할 수 있는 장점이 있다. 그 반면, 단말의 이용이 급속도로 증가함에 따라, 단말의 증설이 필요하고 따라서 기간 전송망 전체에 정보처리의 병목현상이 심화되어 고속의 신호를 처리하기가 곤란해진다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 등장한 것이 스타형의 망 구성법이다. 각 desktop LAN에는 다른 work group의 LAN과 상호 접속하고 고속의 backbone LAN에의 중간 역할을 하기 위한 hub가 설치되어 있고 hub부터 각 단말까지는 1대 1로 연결되는 스타형의 전송로가 사용된다. 현재 desktop LAN의 주류가 되어 있는 Ethernet도 물리적으로는 이러한 스타형의 망 형태를 구성하고 있다. 이 구성을 이용하면 향후 보급이 예상되는 고속 스위칭 hub를 용이하게 도입할 수 있는 장점이 있다. 또한 ATM LAN의 도입은 backbone LAN의 속도를 향상시키는 동시에 desktop LAN과의 사이에 논리적으로 병목현상을 극복할 수 있다[25]. 저가격의 통신 배선으로 구리선인 Unshielded Twisted Pair(이하 UTP)가 많이 보급되어 있다. 본래부터 전화나 PBX에서 사용되어 온 저가의 UTP 케이블은 기존의 desktop LAN에서도 전송 거리 100 m까지의 사용되고 있다. UTP는 매체 자체의 저가격성, 뛰어난 설치 공사, PBX나 아날로그 통신으로의 사용 실적이 좋아 널리 보급되고 있으며, 세계적으로 LAN에 사용되는 UTP 데이터 링크만으로도 1998년에 수백억 달러 이상의 시장 규모가 예상된다. 그러나, 기존의 10 Mbps의 Ethernet 속도는 요구되는 대량 정보의 고속 처리가 불충분하다. 이 UTP에 100 Mbps 이상의 고속 데이터의 신호를 전송하려면 Electromagnetic Interference(이하 EMI) 등 여러 가지 문제가 생기고, 데이터 링크의 설계도 복잡하며 여러 가지 고가 부품을 필요로 하기 때문에 단말 구성의 저가격화는 근본적으로 불가능하다. *Figure* 7에서는 UTP나 Coax 케이블 등 기존의 동축 케이블의 전송 속도에 따른 전송거리를 GI-POF와 비교하였다.

3.1. POF 근거리 통신망의 저가격성

일반적으로 빛을 정보 신호로 사용하는 광통신 시스템은 초고속 정보통신망 구축의 필수 불가결한 요소이지만, 정보망 구축에 있어서의 필요한 부품과 설치의 저가격화가 선행되어야 한다. 현재 광통신망 구축의 최대 난점은 이러한 부대 비용의 원가 부담이 기존의 구리선을 사용하는 전자 통신에 비하여 매우 높다는 점이다. 특히 광통신망 구성에서 LAN의 도입에 대한 비용은 사용자나 가입자가 대부분 부담해야 하기 때문에 저가격화의 측면이 매우 중요하다. 이러한 점에서 POF의 저가격성은 광통신 시장의 중

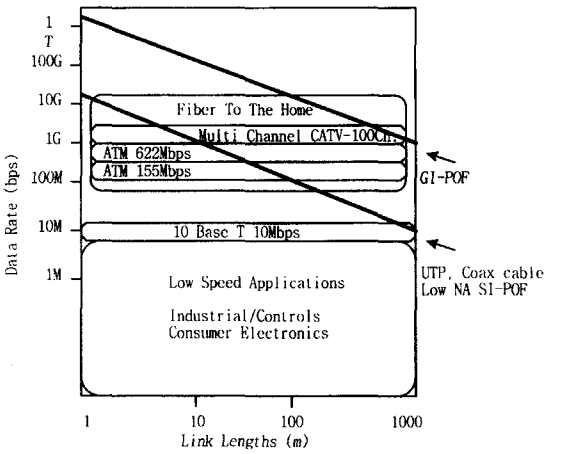

Figure 7. UTP, Coax 및 POF 링크의 전송 속도에 따른 전송 거리의 비교.

요한 변수로 그 중요도가 계속 증대되고 있다.

POF의 저가격성은 여러 가지 특징의 융합에 의하여 실현되고 있다. 일반적인 GOF와 비교하여 POF의 저가격성의 핵심은 넓은 단면적의 코어부(대구경)를 쉽게 제작할 수 있는 점이다. POF는 코어의 직경이 약 0.1 mm~1.0 mm 정도로 통신용 GOF의 코어 직경(6 μm~62.5 μm)과 비교하여 대단히 크다. 먼저 고분자 재료 그 자체의 가격이 고순도 석영에 비교하여 대단히 싸다. 예로, 광학용으로 많이 사용되는 고분자 재료인 PMMA는 일반적으로 사용하는 PMMA에 비하여 상당한 고가이지만, 광학용 고순도 석영과 비교하면 단위 무게당 가격은 30분의 1 이하이다. 따라서 재료 자체의 원가에 대한 부담이 없이 대구경의 광섬유를 제작할 수 있다. 이러한 POF 코어의 대구경화는 광섬유 사이 또는 광원과의 결합에 있어서 접속 점에서 요구하는 광축의 미세조정 정밀도를 대폭적으로 완화시킬 수 있다. 이러한 정밀도의 완화에 의하여 광커넥터 등의 접속 부품을 값싼 사출 성형으로 50분의 1~100분의 1 이하의 비용으로 제작할 수 있고, 광모듈 등의 구성시 패키지가 용이하고 소요되는 비용을 대폭 감소시킬 수 있다[26]. 실제로 사출 성형으로 제조된 광모듈 패키지 내에 고가의 Laser Diode(이하 LD) 대신 저가의 VCSEL, Photodiode(이하 PD) 등으로 구성된 POF용 광송수신기 모듈이 저가로 제조되어 지는 실정이다.

POF는 광섬유 설치에 있어서도 뛰어난 접속 작업성으로 저가격성이 발휘된다. 고분자 재료의 특징상 절단면의 연마 처리가 쉽기 때문에 POF는 전문 작업 훈련을 전혀 받지 않은 초심자도 간이인 기구를 이용하여 간단하게 절단 및 접속 작업을 할 수 있다. 이점은 GOF에 비하여 설치 비용을 현격하게 저가화하는 의미이며, 특히, 접속점이 많은 LAN 배선 설치에 있어서 더욱 유리하다[27]. 광케이블 제조 및 매설을 고려함에 있어서도 POF는 저가격성을 예상할 수 있다. 일반적으로 광케이블의 매설시 50 kg 이상의 장력을 요구하기 때문에 GOF 케이블의 경우는 광섬유의 파단을 막기 위하여 비싼 tension 멤버를 포함하여 케이블을 제조한다. 이것에 비해 POF는 고분자 재료 자체의 유연성과 toughness 등 기계적 특성상 일반적인 장력에서도 비교적 파단이 대부분 일어나지 않기 때문에, 보다 저가격의 tension 멤버를 이용해 케이블을 제조할 수 있다.

기존에 사용되고 있는 저가의 UTP 케이블은 100 Mbps 이상의 고속의 신호를 6.5 m 이상 전송시키는 경우에는 EMI 등에 의한 손실을 줄이기 위하여 고가 부품의 추가 사용이 필수적이기 때문에 결과적으로 저가화가 어려우나 광통신 매체에서는 EMI에 의한 문제가 무시되기 때문에 POF에 대하여도 전혀 문제에 되지 않는다. 이상 기술한 특성들을 융합한 결과, POF에 의하여 단말 전송로의 부품부터 케이블 매설 공사 및 운용에 이르기까지 GOF에 소요되는 비용을 크게 밑돌뿐 아니라, 구리선인 UTP와도 가격 경쟁을 할 수 있는 수준에 이를 것으로 예상된다. *Table* 2는 UTP, POF 및 GOF를 사용한 LAN망 구성에 따른 비용의 비교이다.

3.2. POF 규격화 동향

통신 시장의 규모는 국제적인 규격화 동향과

Table 2. UTP, POF 및 GOF를 사용한 LAN망 구성에 따른 비용의 비교 (unit: US$)

16-Port Hub	Copper*		GOF		POF	
	Fast EtherNet	ATM	Fast EtherNet	ATM	Fast EtherNet	ATM
Hubs, Routers, ATM modules	2,200	23,350	2,970	27,973	2,800	24,238
Network interface cards (16)	2,720	2,720	6,400	6,400	5,600	5,600
Patch cords, panels, connectors	512	512	1,844	1,844	498	498
Cable, fiber (100 m×16)	480	480	960	960	768	768
Installation cost	2,400	2,400	3,800	3,800	1,600	1,600
Total	8,312	29,462	15,974	40,977	11,266	32,704

*Low speed transmission upto 10 Mbps-65 m

밀접한 관계를 지닌다. 지금까지 POF의 개발에 대하여 가장 큰 걸림돌은 통신 목적으로 사용하기 위한 규격화 시도가 없었다는 점이다. 그러나, 최근 들어서 광통신망 구축에 대한 관심이 급속하게 증대되면서 고속 신호 전송 분야에서 POF의 응용을 확대하기 위한 움직임이 활발해져 왔다.

POF의 가장 큰 특징으로는 기존의 LAN에서 문제점으로 거론되어 왔던 대역 폭(bandwidth)과 가격에 대한 해답을 제공할 수 있는 유일한 전송 매체라는 점이다. POF는 광대역 ATM LAN 기준인 622 Mbps를 만족시키며, 상용화된 GI-POF는 3 Gbps의 대역 폭을 만족시킨다. 이러한 대역 폭에 대한 요구는 video-on-demand, fiber channel, video conferencing, interactive service 등 다양한 멀티미디어 서비스를 위한 필요 요건이다. 또한, POF 데이터 링크를 이용하면 100 Mbps 이상의 대용량 정보를 10 Mbps 급의 UTP 링크 보다 저렴하게 구성할 수 있기 때문에 고속 통신이 불가능한 UTP 시장을 대체하기 위하여 미국과 일본을 중심으로 POF의 개발이나 POF 주변 부품의 신규 개발이나 고성능화를 통한 국제 규격화 및 제안 등의 움직임이 활발히 진행되어 오고 있다. 현재, POF를 이용한 100 Mbps 급의 Fast Ethernet이 개발되어 미국 내 여러 기관에서 실장 실험을 진행 중이며, 이러한 POF의 규격화 동향에 따라 POF에 사용되기 위한 광커넥터, 광송수신기, interface 부품 등이 Hewlett Packard, AMP, NEC 등 세계 우수의 통신 회사를 중심으로 이미 출시되기 시작하였다.

IEC, EIA/TIA, NEMI, IEEE 1394, IEEE 802.3(Gigabit Ethernet), ATM Forum, VESA 등 근거리 통신망과 관련된 대부분의 국제적인 통신 규격 협회에서 POF를 근거리 가입자 배선망으로 규격화를 하거나 또는 긍정적으로 제안이 되고 있어 세계적으로 POF 개발에 많은 관심을 이끌고 있다. *Table* 3에서는 국제적인 POF의 규격화 진행을 간단히 소개한다.

1997년 중반에 ATM Forum에서 155 Mbps~50 m에 대한 전송을 POF를 이용하는 것으로 규격화하였다. 이 당시에는 PMMA를 이용한 SI-POF 기준으로 규격을 정하였으나, 최근의 저손실 GI-POF가 상용화 단계에 와 있으므로 더욱 넓은 범위까지 규격화가 진행될 것으로 예측된다. 최근에 또 다른 중요한 규격화의 시도는 TIA를 중심으로 진행되고 있는 IEEE 1394 규격이다. IEEE 1394는 모든 office network, home network 등에 사용하는 PC, HDD, 프린터, 팩시밀리, 전화, TV, 비디오 및 오디오 등 모든 정보

Table 3. 국제적인 POF 규격화 진행 현황

CeBUS Standards for Security System
Depolying POF into the factory automation & sensors

ATM Forum Standards for ATM Network
ATM LAN committee
- First POF standard (1997.05) for ATM LAN 155 Mbps over 50 m @ 650 m

Telecommunications Industry Association (TIA)
Fiber optic engineering committee
- Develops & upgrades specification for optical fiber

TR41.8 cabling systems committee
- Develops & upgrades standards for structured commercial building wiring
- Developes & upgrades standards for residential & light commercial wiring

Fiber optic LAN committee
- Pushes for acceptance of fiber to the desk

IEEE Strandards for LAN
802.32 committee
- Developing 1 Gbps Ethernet standard (Due 1998. 12)

802.8 committee
- Provides technical advise to other 802 committees on fiber optics to incorporate POF into other standards

1394 committee
- Standards for consumer electronics
- The current standard is 100 Mbps over 4.5 m

13948 committee
- Attemption to incorporate POF into the standard 4 Gbps over 100 m

Video Electronics Standards Association (VESA)
Home network committee
- Installation of networks in the home
- Developing a standard for depolying digital video in a network

가전 단말의 디지털화를 통한 고속 대용량 정보의 동시 전송(real time application) 및 network 내의 모든 단말에서 다른 모든 단말을 사용할 수 있도록 하여 사용자의 편의를 도모하며, "Fiber-In-The-Home"(이하 FITH)의 개념이 도입하였다. 일명 "Firewire"로 불릴 정도로 고속의 대용량 정보 처리를 요구하며 모든 PC, 가전, 통신 부품, 통신 software 관련된 업체들이 이 규격을 따르도록 규격화되었다. IEEE 1394 규격은 현재 기준으로 200 Mbps의 정보를 100 m까지 전송이 가능하여야 하며 이는 기존의 UTP로는 거의 불가능하다. 또한 요구 용량이 매년 2배씩 증가하여 2001년에는 1.6 Gbps 이상의 처리 속도를 요구하며 현재 예상으로는 약 8 Gbps 정도까지 요구될 것으로 예상된다. 따라서, IEEE 1394 규격을 지원할 수 있는 저가의 매체로는 POF가 가장 유망하다. *Figure* 8은 IEEE 1394에 대한 정보 요구량의 증가 추이를 보여준다.

다른 하나의 POF 응용으로는 "Next Generation Ethernet"으로 불리는 Gigabit Ethernet을 들 수 있다. 최근 IEEE 802,3 규격으로 Gigabit Ethernet에서 광신호의 사용을 결정하였다. 이 경우에 300 m 이내의 거리에서는 POF의 사용이 충분히 가능하다. Gigabit Ethernet에 POF를 이용할 경우, 기존의 10 Mbps Ethernet 구축 비용인 포트당 US$200 이내로 사용이 가능하다. GOF의 경우 POF를 사용하는 경우보다 가격이

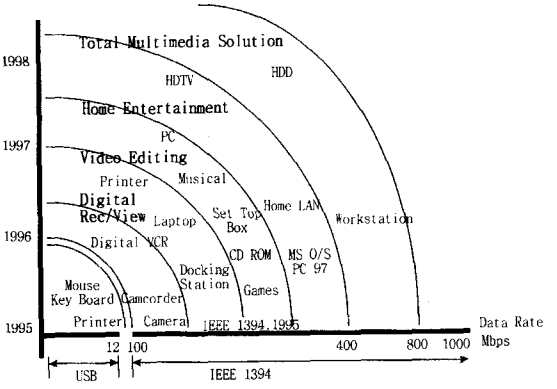

Figure 8. 멀티미디어 추세에 따른 정보 처리 사용량의 증가 추세.

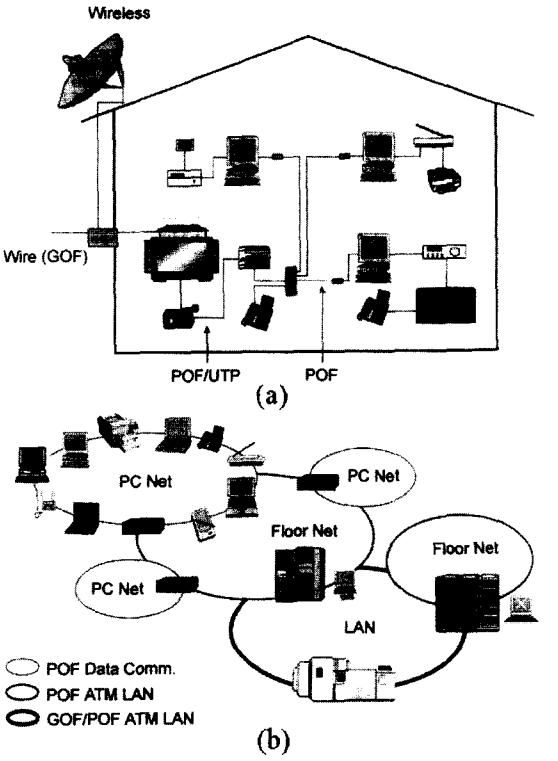

Figure 9. POF network; (a) IEEE 1394 home network, (b) office LAN.

약 40% 정도 추가가 예상되며, 단 파장에서 사용할 경우에 가격은 더욱 비싸질 것으로 예상된다. 기타의 응용으로는 fiber channel 등 고속 정보처리를 위한 LAN 구성을 들 수 있다. *Figure* 9는 POF의 옥내 배선인 IEEE 1394 및 PC network에 대한 응용의 망 구성을 보여준다.

4. POF 시장 동향

LAN으로 정의되는 home network이나 office LAN은 현존하는 최대의 통신 시장이다. 또한, 멀티미디어 시대라는 범 세계적인 사회적 Infrastructure 구축의 일환으로 정의되는 초고속 정보통신망의 구성도 가입자의 편리와 정보화 측면에서 초고속 LAN의 지원이 없이는 의미가 없을 것이다. 현대 사회에서 LAN의 통신 규격화 측면은 "정보 가전"이라는 새로는 단어를 파생하였고, 따라서 가전, 통신, 전자, 재료, 반도체

등 국가의 모든 중요 산업재료에 대한 규격화라고 정의하여도 틀리지 않을 정도로 중요하기 때문에, 미국, 일본, 유럽 등 전 세계의 이목이 집중되고 있다.

통신 목적의 POF 및 시스템에 대하여 괄목할 만한 개발 동향을 보여주고 있는 곳이 미국 정부이다. 광통신에 있어서 가장 큰 문제점은 광접속 기술이라고 불리는 optical interconnection 기술이다. 이러한 광접속 기술이 저가로 실행되어야만 저가의 고속 LAN을 구성할 수 있다. 이러한 해결책의 하나로, 미국 정부는 1994년경부터 POF 및 관련 기술에 대한 지원을 시작하였다. 저가의 근거리 광통신 시스템 구축을 목적으로 1994년부터 진행된 High Speed Plastic Network(HSPN) program을 비롯하여 1997년부터 시작된 PAVNET(Plastic Advanced VCSEL Network) program에서는 3 Gbps 이상의 대역폭을 유지할 수 있는 군사적, 민수적 목적을 동시에 만족시키는 근거리 통신망으로 POF을 사용할 수 있는 total system의 개발에 목적을 두었다. 따라서, 새로운 광학 고분자 및 제조 방법의 개발을 통한 POF 기술 개발 및 관련 부품과의 집적화를 통한 저가의 근거리 광통신 시스템 구축이 그 목적이다. 최근에 진행을 시작한 OMNET(Optical Micro Network) program에서는 PAVNET program과 같이 3 Gbps의 대역폭으로 1 km의 거리까지 전송할 수 있는 새로운 고분자 재료를 사용한 저 손실 POF 개발을 진행하고 있다.

이러한 LAN 시장과 밀접한 관계가 있는 POF는 저속에서 고속으로 약 1 km 내외의 거리까지 다양한 응용이 가능하다. 이러한 응용으로는 consumer electronics, home/office LAN, automobile/transportation, fast/gigabit Ethernet, ATM LAN 등 다양하다. 더욱이 이러한 응용의 가장 중요한 점은 저가로 쉽게 매설하고, 유지 보수가 쉬워야 한다는 점이다. 따라서, 이러한 근거리 통신망의 기술 동향에 기인한 POF의 시장 동향에 대하여 간단히 살펴보기로 한다.

4.1. POF의 자동차 시장

전송 거리가 짧고, 고분자의 기계적 성질을 살릴 수 있는 자동차 분야로의 응용은 POF의 큰 시장으로 예측되고 있다. 엔진 룸내의 EMI에 대한 영향을 심하게 받는 장소로부터 통신 배선을 자유롭게 할 수 있고 자동차 내부의 협소한 실장 공간으로 인하여 bending 특성 및 flexibility 등이 요구 때문에 자동차 내의 모든 장소에서 자유롭게 사용이 가능하다. 자동차 한 대당 통신 배선의 양이 수 km에 달하고, 그 중에 POF로 대체할 수 있는 부분만 수백 m 이상의 POF가 필요할 것으로 예상되며, 현재 전세계의 연간 자동차 총 생산량인 약 5,000만대의 자동차에 대하여 약 30억 m의 잠재 시장을 예상하고 있다. 실질적으로 2001년에는 전체 자동차들 중에 65% 이상이 POF를 부분적으로 내장할 것으로 자동차 업계에서는 예측하고 있다.

자동차나 비행기 내에 내장되어 사용되는 POF의 경우, 일반적인 건물 내에서 사용하는 LAN 목적의 POF 보다 단거리에서 사용되기 때문에, 흡수 손실의 측면에서는 유리하지만 충격이나 환경 등의 조건에서도 일정한 전송 특성의 유지가 요구된다. 일반적으로 고분자는 Tg 근방에서 분자운동이 활발해지며 빛의 산란에 의하여 손실이 증가된다. 따라서, 고온 환경하에서 사용되는 POF는 일정 수준의 내열성이 요구된다. Japan Synthetic Rubber사와 Fujitsu사에서 공동 개발한 Norborene계 수지 "ARTON"은[15] 자동차용 POF로 응용할 수 있는 광학 특성, 내열성을 동시에 가지며, 무기물이나 유기물과의 접착성에 뛰어난 이상적인 광학 재료로서, 광디스크나 광학 렌즈, 투명 필름으로서 이미 상품화되고 있으며 더욱 폭 넓은 응용이 예상된다. Tg가 171 ℃로 고내열성이고, 단 파장 영역의 투과성이 뛰어나고, 열가소성 수지이기 때문에 양산성의 용이함 등이 특징이다. 최저 손실 영역은 680 nm 부근에 존재하기 때문에 저가의 통신용 660 nm 파장 LED나 CD pick-up용 750 nm VCSEL을 사용할 수 있는 장점이 있다. 전송 손실의 최저 손실 값은 0.7 dB/m이고, 500 nm~700 nm의 넓은 파장 범위에서 흡수가 작아서 자동차나 비행기 등의 통신 배선으로 사용할 수 있다.

일반적인 polycarbonate POF의 경우 현재 상품화되어 있으며 "Arton" POF 보다는 열 특성이 떨어지나, POF의 전송 손실은 660 nm 파장에서 0.42 dB/m, 760 nm에서 0.38 dB/m이고, 적외 영역에 폭 넓은 저 손실 영역을 가지고 있기 때문에, 저가의 다양한 CD용 고속 VCSEL을 사용할 수 있다. 특히, 145 ℃의 고온에서 300일 후의 손실 증가는 0.5 dB/m 정도이며, 80 ℃, 습도 95%의 500시간 aging 시험 결과, 전송 손실은 0.1 dB/m 이하의 환경 안정성을 가지고 있기 때문에 자동차 배선으로 충분히 사용 가능하다 [28].

미국 최대의 자동차 부품 회사인 Delphi Packard Electric System에 의하면 향후 자동차에 사용되는 POF 및 주변 부품의 사용량이 증가될 것으로 예상된다. Delphi사에 의하면 자동차 1대당 30개 이상의 POF 링크가 요구되며 이를 전체 자동차 생산량의 20%에 대한 사용량으로 환산하면 10억개의 광 커넥터가 사용될 것으로 예측되며, 100만 km의 POF 및 각각 2,000만개 이상의 분기기 등 링크에 들어가는 부품이 필요할 것으로 예측된다. 따라서, 자동차 1대당 들어가는 통신 배선의 총 길이가 수 km에 달하는 점을 감안할 때, 자동차에 사용되는 POF 링크의 수가 증가되고 이를 사용하는 자동차의 수가 증가된다고 가정할 때 향후 POF 및 POF 관련 부품의 양은 기하 급수인 증가가 예상된다. *Figure* 10에서 보여주듯이 자동차에 사용되는 POF 및 관련 부품 시장은 계속적으로 급격한 증가가 예상된다.

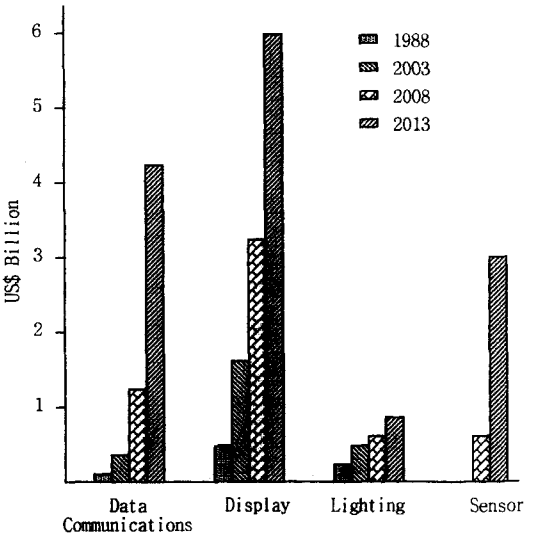

Figure 10. 자동차에 사용되는 POF 및 POF 관련 부품 시장 예측.

4.2. Data Communications 시장

수년 전부터 공장 자동화를 위한 LAN 목적으로 POF를 사용하기 시작하였다. 특히, EMI, 유연성, 저가의 매설 비용 및 유지 보수 측면에서 POF의 장점이 부각되었다. 따라서, POF를 통한 빠르고 안전한 제어 시스템의 활용으로 공장의 생산성 측면에서 중요하게 인식되고 있다. office LAN의 기본인 data communications 시장에서 POF의 사용은 오래 전부터 예상되어 왔다. Internet 사용 등의 증가로 data communications 시장 규모는 급속하게 증가하고 있고 CeBus, EIA/TIA-368A, ATM LAN 등에서 사용하는 정보 처리에 대한 규격화가 진행되면서, 1995년부터 POF가 실질적인 통신 매체로 사용되었다. data communications 시장에서 가장 문제점으로 지적되어 온 것은 기존의 구리 배선이 갖고 있는 대역 폭에 대한 요구이다. 많은 통신 관련 회사들은 GOF를 통한 기간 망의 구성에 놀라운 진보을 거듭해 왔다. 그러나 LAN과 관련하여, 특히 가입자단의 수백 m의 영역에서는 저가의 대역 폭 문제를 해결할 수 있는 괄목할 만한 진보가 거의 없었다. 지속적으로 구리선을 통한 어떠한 해결점을 찾고자 하였으나 대역 폭에 대한 해결책은 전혀 제시되지 못하였다. 가입자들의 지속적인 대역 폭에 대한 요구에 대하여도, 대부분 client/server 컴퓨터의 upgrade 및 정보 압축 기술을 통한 대역 폭 문제의 해결에 많은 투자를 하였다. 따라서, 이미 많은 투자가 이루어진 통신 시스템의 새로운 보강 없이 기존의 시스템을 활용하여 대역 폭 문제를 해결하고자 하였고, 그러한 대안으로 POF가 새롭게 제시되기 시작하였다.

LAN에서의 전송 데이터 양은 기하급수적인 증가 추세이며, 이러한 추세는 더욱 가속화될 전

망이다. Internet 사용량은 매월 10% 이상 증가하며, 상업 internet 사용량은 매월 50% 이상, 기간 통신망의 데이터 전송 속도는 매년 20% 이상 증가 추세에 있다. 최근에 많이 거론되는 전자상거래, interactive service, high speed file exchange 등 다양한 정보의 사용량의 증가를 쉽게 예측할 수 있다. 또한 새로운 직업 문화인 SOHO 등에 적용함에 있어서, 가장 중요한 양방향 대용량 정보의 빠른 전달을 위한 매체로서 POF의 중요성이 부각되고 있다.

아직은 data communications 시장에서 POF의 사용량은 적은 규모지만 향후 급속한 증가가 예상되어, 2000년경에는 미국 내에서 사용 중인 data communication 시장의 20% 정도가 POF로 대체될 것으로 예상되며(*Table* 5), 그 시장 규모도 급속한 증가가 예상된다. 다만 100 Mbps~500 m 이하의 비교적 적은 정보량을 사용할 경우, POF의 사용보다는 구리선인 기존의 UTP 또는 Coax 배선을 주로 사용할 것으로 예측되며 그 시장 규모는 2000년경에 10억 US$, 2006년경에 30억 US$ 정도로 예측되며, 성장 속도는 비교적 느릴 것으로 예상된다.

4.3. IEEE 1394 시장

IEEE 1394 규격을 따르는 디지털 가전기기의 옥내 배선 망의 시장은 현재로서는 예측이 불가능 할 정도이다. PC, HDD, 프린터, CD-ROM, DVD VCR, TV, digital camcorder, audio 등 다양한 디지털 정보 단말 제품들이 IEEE 1394 규격을 따르기로 결정되었다. IEEE 1394 규격의 가장 큰 문제는 가입자들이 요구하는 정보 처리 속도에 있었으나, POF를 사용하여 이러한 부분을 지원하기로 규격화하였다. 따라서, IEEE 1394에서 요구하는 8 Gbps까지의 정보 처리 속도를 GI-POF를 통하여 충분히 지원할 수 있다. 상용화된 GI-POF를 통하여 전송할 수 있는 정보량은 3 Gbps 이상이다. 따라서, 일반적으로 GI-POF를 통하여 3 Gbps의 정보를 처리한다는 것은 30분짜리 디지털 CD를 1초 이내로 전달받는 것과 같고, 이는 약 260개의 3.5인치 플로피 디스크의 용량, 3,000개의 graphic image, 또는 150,000장의 문서를 1초에 전달받는 전송량과도 같다. 이 정도의 전송량은 일반적인 상식으로는 아직은 먼 미래의 일로 생각되지만, PC에서 1 M-DRAM의 보급이 불과 6년 전이고 현재 64 M-DRAM은 탑재되는 것을 상기하면 곧 도래할 현실로 예상된다.

TIA에 의하면 2001년경에는 모든 정보 단말 제품의 50% 이상이 IEEE 1394를 지원할 것으로 예측하고 있다. 특히 PC 및 주변기기, software 제작 회사들이 주도적으로 참여하여 이러한 규격을 결정하였고 Sony, Philips 등 유수한 가전 회사들도 이에 동의하였다. 일본의 전자업체 연합회에서는 2001년에 IEEE 1394 광 링크를 이용하는 mini disk player의 수요를 3,700만대 이상으로 예측하고 있다. 따라서, 향후 시판되는 대부분의 가전 제품 및 정보 단말 제품에 IEEE 1394 규격의 도입이 필수적이며, 이를 지원하기 위한 POF 케이블 및 관련 광부품의 사용량이 급증할 것으로 예상된다. 실질적으로 현재 일본에서 시판되는 많은 디지털 제품에 POF를 사용할 수 있는 기능을 포함하고 있다. *Figure* 11은 home network에서 디지털 오디오/비디오 응용을 위한 POF 링크의 예를 보여준다.

Table 4. 미국 내 data communications 시장 예측 (unit: US% million)

Year	Total product	All wiring	POF	Market share
1995	33,343	1,784	30	–
1996	41,422	2,194	60	–
1997	51,777	3,428	137	5%
1998	64,721	2,743	342	10%
1999	80,902	4,285	643	15%
2000	101,128	5.356	1,071	20%

4.4. 기타 POF 통신 시장

향후 시장 규모가 큰 POF의 응용으로는 무선 LAN 시장을 거론할 수 있다. 이동 통신의 편리성으로 인하여 휴대용 통신 단말기 및 휴대용 컴퓨터의 활용이 급증할 것이다. 이러한 휴대용 무선 단말기는 대용량의 정보를 취급할 것이고, 따라서 건물이나 거리 곳곳의 무선 안테나와 기간 전송 망을 연결하는 저가의 유선망을 필요로 한

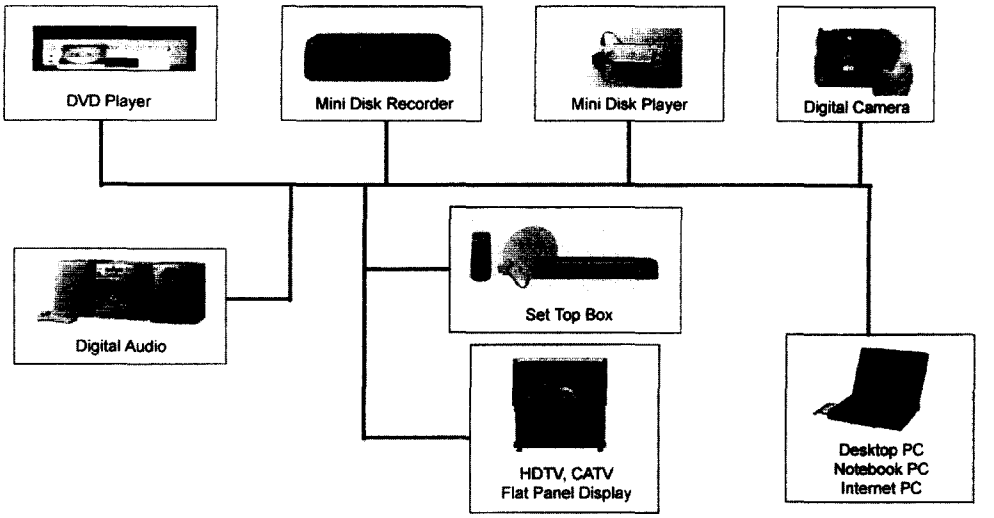

Figure 11. Home network에서 디지털 오디오/비디오 응용을 위한 POF 링크.

다. 이 경우, POF를 이용한 저가의 링크를 구성하여 대용량의 정보를 처리하는 방안이 가능하며, 그 시장 규모는 매우 클 것으로 예상된다.

다른 하나의 통신 응용은 군사 통신망이다. 현대 전쟁은 통신에 의한 효과적인 임무 수행이 주축이 된다. 일반적으로 사방 100 km 정도의 임무 수행 지역에서 발생할 수 있는 모든 정보를 동화상 및 real time으로 상호 전송이 가능하여야 하며, 따라서 대량의 정보가 network상의 오류 없이 처리되어야 한다. 이러한 목적에서 이미 POF가 사용되고 있으며, 고부가가치 상품으로 평가되고 있다.

5. 결 론

세계적으로 POF의 개발이 진행되고 있으며, 특히 경쟁력 있는 우수한 특성의 POF 재료 및 제작 기술의 개발이 중요시되고 있다. 선진국의 경우 POF 개발을 위한 선행 투자가 상당 부분 되어 있고, 시장성을 부각시키기 위한 실장 실험 등이 진행 중이다. POF를 사용하는 LAN 시스템의 품질 및 가격 경쟁력은 POF가 상당 부분 차지하기 때문에, 경쟁력 있는 POF의 개발 여부가 관건이다. 다른 나라와 비교하여 볼 때, 우리 나라의 POF, 관련 부품 및 시스템의 개발 경쟁력은 매우 미미한 편이다.

현재의 통신 시장 동향은 차세대 LAN에 대한 요구를 수용하기 위하여 진행 중인 단계이다. 차세대 LAN은 기존의 LAN과는 비교할 수 없을 정도의 대용량 정보를 고속으로 처리하여야 하고, 가입자의 부담을 최소화하여야 한다. 이에 따라, 가입자 LAN을 통한 정보의 전달이 저가격의 데이터 링크의 구축을 위한 저가격 POF 링크의 응용에 대한 기대가 높아지고 있다. 특히 신규로 시스템을 도입하는 경우, 기존의 UTP를 사용하는 것보다는 POF를 이용하는 것이 가격의 측면에서 더욱 유리함이 판명되고 있다. POF는 광통신 가입자 망에서 요구하는 유리 섬유의 광 투과성과 구리선을 통한 정보 전달 및 저가격성의 양측면을 동시에 만족시킬 수 있는 소재이기 때문에 서로 상이한 응용 분야로의 응용 및 수요를 넓혀 갈 것이다. 또한, 최근의 규격화 동향에서 POF의 사용이 저변확대되고 있고, POF를 이용할 수 있는 통신 분야의 응용이 계속적으로 발굴되고 있다.

또한, 통신 목적 이외에도 POF의 응용은 다양하다. 액정 화상의 backlight, decoration, image guide, 센서, 의료용 내시경, 홍보용 매체 등 다양한 일상 부분에 고부가가치 제품으로 적용되고 있다. 이러한 전반적인 부분과 POF가 시장 진입

기인 점을 고려할 때, POF의 시장 가치, 성장 가능성 및 타 산업 분야로의 영향력은 매우 크다고 판단된다.

참고문헌

1. R. G. Brown and B. N. Derik, *Appl. Optics*, **7**, 1565(1968).
2. 田中章, *Optronics*, 116(1994).
3. 北澤元孝, *Optronics*, 107(1994).
4. 田中章, *機能材料*, **15**, 5(1995).
5. C. Emslie, *J. Mat. Sci.*, **23**, 2281(1988).
6. O. Krumpholz, K. Pressmar, and E. Schlosser, "Proc. 2nd Int. Conf. Plastic Optical Fiber and Its Applications", p. 125, 1993.
7. Y. Koike, "Proc. 3rd Int. Conf. Plastic Optical Fiber and Its Applications", p. 16, 1994.
8. T. Ishigure, E. Nihei, and Y. Koike, *Appl. Optics*, **33**, 4261(1994).
9. T. Ishigure, E. Nihei, S. Yamazaki, K. Kobayashi, and Y. Koike, *Electron. Letts.*, **31**, 465 (1995).
10. Y. Koike, T. Ishigure, and E. Nihei, *Journal of Lightwave Technology*, **13**, 1475(1995).
11. T. Ishigure, A. Horibe, E. Nihei, and Y. Koike, *Journal of Lightwave Technology*, **13**, 1686(1995).
12. T. Ishigure, E. Nihei, Y. Koike, C. E. Forbe, L. LaNieve, R. Straff, and H. A. Deckers, *IEEE Photonics Technology Letts.*, **17**, 403(1995).
13. R. E. Steele and H. J. Schmitt, *Proc. SPIE*, **840**, 2(1987).
14. 이태형, 김진한, *고분자과학과 기술*, **7**(2), 179 (1996).
15. 條原弘信, *機能材料*, **15**, 44(1995).
16. (a) T. Nyu, M. Momona, S. Yamazaki, A. K. Dutta, and A. Suzuki, OFC −96 Technical Digest, 221(1996); (b) *光新時代*, **69**, 16(1995).
17. T. Kaino, M. Fujiki, and Y. Jinguji, *Rev. Electron. Commun. Lab.*, **32**, 478(1984).
18. S. Oikawa, M. Fujiki, and Y. Katayama, *Electron. Letts.*, **15**, 829(1984).
19. 戒能俊能, *高分子論文集*, **42**, 257(1985).
20. B. Crist, M. E. Marthic, G. Raviv, and M. Epstein, *J. Appl. Phys.*, **51**, 1160(1980).
21. T. Kaino, K. Jinguji, and S, Nara, *Appl. Phys. Letts.*, **42**, 567(1983).
22. N. Tanio and Y. Koike, "Proc. 6th Int. Conf. Plastic Optical Fiber", p. 33, 1997.
23. S. Takahashi and K. Ichimura, *Electron. Letts.*, **27**, 217(1991).
24. Y. Koike, *Polymer*, **32**, 1737(1991).
25. 山崎俊太郎, 小林健一, 村上哲也, 鳥養政博, *Optronics*, 159(1995).
26. ATM Forum Document 95-1469, Dec, 11, 1995.
27. R. E. Steele, Private Communication.
28. S. Irie, "Proc. 3rd Int. Conf. Plastic Optical Fiber and Its Applications", p. 88, 1994.