



OFC2001을 통해서 본 광통신 기술의 최신 동향

한원택, 정영주, 이병하, 김덕영 / 광주과학기술원 정보통신공학과

지난 3월 17~22에 미국 캘리포니아주의 LA근교인 애너하임에서 개최되었던 국제 광통신학술대회 및 전시회(Optical Fiber Communications(OFC) 2001)는 최근의 광통신 및 광기술에 대한 전 세계적인 기대와 이를 충족시키기 위한 학계, 연구계 및 산업계에서의 연구 개발된 결과가 한곳에 집결된 거대한 하나의 축제 행사였다.

지난번 볼티모어에서의 참여 인원을 훨씬 초과하는 등록인원 3만 8천여명, 참여 업체수 977개로 벤처붐과 함께 미래의 기술이 광통신을 축으로 발전하고 있는 것을 눈으로 실감하였다. 본고에서는 600여편의 논문이 발표된 학술대회를 통해서 본 최근 광통신 기술의 최근 동향 및 기술 내용을 필자들의 관심분야를 중심으로 간략하게 서술하였다.

OFC 2001에서의 주요 관심사는 광섬유를 이용한 통신 즉 광통신 시스템과 광네트워크 구축을 위하여 필요한 핵심기술과 그리고 그 구성 요소로서의 능동 및 수동 광소자의 개발이라 할 수 있다. 발표된 학술논문의 기술분야로는 새로운 개념의 광섬유 및 관련 소재기술, 광증폭기 및 광도파로 소자, 고성능 전광소자, 광전송 시스템, 첨단 네트워크 소자 및 시스템, 기간 네트워크 및 가입자망 외 상용화 기술 등을 꼽을 수 있다.

광통신에 있어서 기술적인 발전방향은 한 개의 광섬유에 여러 파장의 신호를 동시에 보내는 파

장분할 다중화 방식인 WDM(Wavelength-Division Multiplexing)을 채택하여 전송 용량을 늘리고자 하는 것에 있다고 할 수 있다.

광통신에 있어서 전송량을 늘리려는 경향

광신호는 전기신호와 달리 전파하면서 서로 간섭을 하지 않으므로 WDM이 가능하다. 광신호 전달의 속도가 빨라지고 전송 용량이 증대하면서 수백 개의 채널을 사용하게 되는데 앞으로도 채널의 수는 계속적으로 증가할 것으로 예상된다. 각 채널은 일정한 파장 영역을 차지하므로 채널의 수가 늘어나면서 광통신 시스템이 처리해야 하는 파장 영역도 늘어나게 된다. 예를 들자면 광증폭기와 같은 경우도 이에 따라 광증폭의 파장 영역을 확장하고자 하는 노력이 진행되고 있다. 광증폭기의 파장대역이 점점 넓어짐에 따라 증폭기용 광섬유도 석영유리에서 불화물계 유



리(Fluoride glass) 및 Tellurite계 유리등으로 조성을 달리하여 증폭특성을 연구한 것이 많이 발표되었다. 또한 광섬유에 도핑되는 희토류 원소도 Erbium에서 Thulium으로 기술전이가 일어남을 알 수 있었다. 다름 아닌 광증폭기의 관심 파장대역이 1480 nm ~ 1510nm으로 확장이 된 때문이었으며 특히 일본과 유럽에서 발표한 TDFA(Tm Doped Fiber Amplifier)연구는 그 증폭효율을 높이고자 연구한 결과를 경쟁하듯 동시에 발표가 되었다. 또한 광의 비선형성을 이용한 전파장 영역의 광증폭을 위한 Raman 광증폭기도 실용화를 위한 개발결과가 많이 발표되었다.



▲OFC2001 학술발표회장면

특수 광섬유의 개발이 두드러져

이와 함께 새로운 형태 및 개념을 가진 특수 광섬유도 발표가 많이 되었다. 통상적인 광섬유는 원형의 대칭성을 가지고 중앙의 코어 주변에 클래딩이 싸고 있는 형태이나 새로운 개념의 광섬유인 다공성 광섬유 (holey optical fiber) 혹은 PCF(photonic crystal fiber) 에 대한 연구가 활발하였다.

다공성 광섬유 PCF는 클래딩 부분에 축방향으로 수십 내지 수백개의 비어 있는 구멍이 배열되어 있고 중앙 부분은 유리나 다른 조성의 물질로 채워져 있는 광섬유로, 클래딩 부분의 공기층으로 인해 평균 굴절률이 코어 부분보다 낮아 빛이 가이드되어 전파하게 된다. PCF는 넓은 파장 대역에서 단일 모드를 유지할 수 있으며 모드 반경이 작아 높은 비선형성을 가질 수 있다. 또한 색분산 값을 매우 크게 할 수 있어 분산 보상 광섬유에의 응용 가능성도 크며, 따라서 광섬유 기반 소자 응용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 다만 산란에 의한 손실 비율이 커서 전송용 광섬유로서는 아직 한계가 있는 것으로 보인다.

그러나 한편 PCF의 제조기술에 있어서는 그동안의 주된 관심사였던 제조 공정에 관련된 문제가 많이 극복된 듯하고 상업적인 제품이 출시 될 정도로 기술 진전이 있었다. 네덜란드의 Crystal Fibre사에서는 PCF를 상용으로 출시하였고, 제작의 어려움으로 인하여 가격 또한 비싸 미터 당 수천불을 호가하였다. 출시된 제품은 아주 작은 유

효코어 면적을 갖는 것과 반대로 아주 큰 유효코어 면적을 갖는 단일모드 PCF의 두가지였다.

전자의 경우는 광섬유 코어직경이 1 마이크로 미만으로 주로 비선형 소자로 사용이 예상되며, 후자는 코어직경이 수십 마이크로 미만으로 단일모드를 가지므로 비선형을 극소화하는 광섬유로의 사용이 예상된다. 이러한 특수 용도의 광섬유로서 뿐만 아니라, 일반 통신용 광섬유로서의 PCF도 발표되었다. 일본의 Sumitomo사가 Post Deadline Paper로 발표한 HALF라는 이름의 광섬유는 PCF와 비슷한 Air Hole Fiber로 손실이 0.85dB/km로 우수한 성능을 보였으며 1km 길이로 실험을 할 정도로 생산기술도 상당한 수준으로 발전되었다.

또다른 형태의 특수 광섬유로 광섬유 코어내에 PbTe 반도체입자가 나노미터 크기의 미세입자로 함유되어 비선형 광학특성이 발현된 광섬유가 발표되어 주목을 받았다. 석영유리계 광섬유에서는 처음으로 반도체를 석출시키는 신공정이 소개되었고 광특성 및 TEM사진으로 미세입자 양자점이 확인되었다. PbTe미세 입자의 광흡수로 인한 비선형 광특성과 980 nm에서의 LD펌핑에 의한 1550nm 파장에서의 높은 비선형 계수로 전광 스위칭소자로의 응용이 기대된다.

광대역이 확장되면서 광신호의 분산해결 기술

WDM기술의 발전과 함께 최근 연구가 활발해 지고 있는 분야로는 광신호의 전송 속도가 빨라지고 대역이 확장되

면서 야기되는 광신호의 분산 해결에 관한 기술이다.

전송 대역의 확장에 따라 생기는 색분산 (Chromatic Dispersion)은 광섬유의 굴절률 분포의 설계를 통해 이미 해결이 되었지만, 단일 모드 광섬유의 경우 전송 속도가 빨라짐으로 인해 생기는 편광모드 분산인 PMD (Polarization Mode Dispersion)의 해결을 위한 연구가 새롭게 대두된 내용이다. 실제 색분산의 문제가 해결이 된다 하더라도 PMD의 문제가 해결되지 않으면 광통신 시스템의 전송 속도는 제한을 받게 된다. PMD는 서로 다른 편광을 가지는 광신호의 전파 속도가 달라지는 현상으로, 이상적인 원형 대칭성을 가지는 광섬유의 경우에는 존재하지 않으나 광섬유 제조 과정에서 생기는 광섬유의 기하학적인 불완전성으로 인해 아주 적은 양이나마 존재하게 된다. 이 경우 편광이 일정하지 않은 광신호를 아주 빠른 속도로 보내게 되면 속도가 임의로 변하게 되어 신호가 왜곡되는 현상이 생기게 되는 것이다. 독일 연구그룹의 3차원 편광도 분석을 이용한 자동 PMD 보상연구 발표는 45 km이상에서 실제 필드 테스트 한 것으로 주목을 받았다.

광섬유 소자중 격자소자 연구의 진전

광섬유를 이용한 광섬유 소자 중 격자(Grating)소자 또한 연구의 진전이 눈에 띄었다. 미국의 3M에서 발표한 C 밴드를 모두 커버하는 Chirped Bragg Grating이 한 예인데, 길이 2미터 이상을 연속하여 Grating을 새긴 기술이 돋보였다. 이 기술을 이용하면 10 미터 이상의 Grating도 가

능하게 되는 것으로 최근의 Wideband High Density WDM에 필수적인 분산보상 소자로 사용되리라 예상된다. 기존의 분산 보상용 Chirped Bragg Grating은 주로 주어진 위상마스크를 사용하여 만들었기 때문에 그 길이가 10cm 근방으로 제한되어 있었다. 그러나 이번에 선보인 기술은 광섬유를 이동하면서 격자를 새기는 방법으로, 이론적으로는 제조할 수 있는 격자길이에 제한이 없다. 한편, 광섬유를 이용한 각종 광통신소자 중 필터분야에 광섬유를 이용하지 않고 박막코팅을 이용한 제품들도 개발되고 발표되었다.

초고속 광통신을 가능하게 한 과장분할 다중화 방식에는 다양한 종류의 필터가 요구되며, 100GHz 간격에 100 채널 이상의 광통신이 활발히 연구되고 있다.

이번 OFC2001 에서 주목할 만한 변화 중의 하나는 이런 초고속 광대역 광통신에 필요한 필터소자를 다중박막 코팅을 이용하여 만든 제품들이 많이 선보였다는 것이다. 광섬유 격자를 이용한 다양한 필터들이 박막소자로 대체되고 있는 기술 추이의 변화를 알 수 있었다.

광신호 및 광클릭 재생 방법의 연구

광섬유 및 광섬유를 이용한 광소자의 기술진전 이외에도 광신호 및 광클릭 재생방법에 관한 내용에서 많은 연구 성과가 있었다. OTDM(Optical Time Domain Multiplexing)에서의 고속 광신호처리를 위해서는 광신호를 전자신호로 변환하지 않고 직접 광신호를 재생할 수 있는 방법이 요구된다. 이를 위해서 광

필스를 이용한 디지털 광신호를 전송하는 Pulse Code Modulation 시스템에서는 광클릭 펄스의 재생이 우선 필요하다.

독일의 Alcatel 연구소에서 발표된 전기적인 비선형 소자를 사용하지 않고 간단한 광필터와 고속 광검출기를 사용하여 40GHz의 광신호에서 클릭신호를 재생하는 방법에 대한 것이 주목을 받았다. 40GHz의 광신호를 28GHz의 대역폭을 갖는 광필

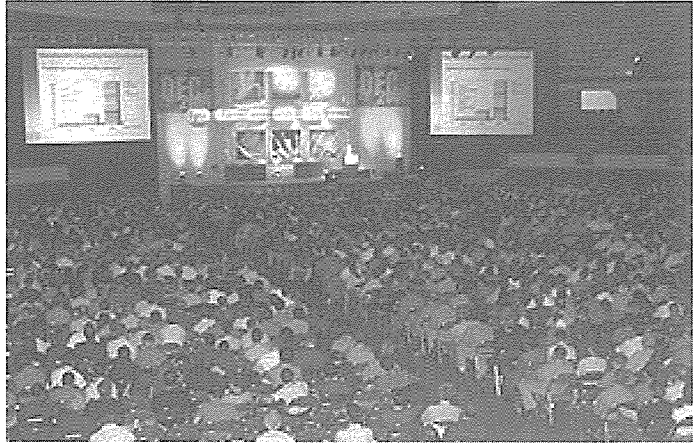


터를 통과시킨 후에 단순히 고속 광검출기를 사용하여 검출하여 매우 깨끗한 전기적인 40GHz의 클락펄스를 얻을 수 있음을 보인 것이었다. 또한 일본의 NEC연구소에서는 Passively Mode-locked LD를 이용해서 160Gbps의 속도로 다중화된 (Multiplexed) 광신호에서 10GHz의 광클락펄스를 재생하는 실험적 결과를 발표하였다.

이것은 10GHz의 신호를 시간상에서 16채널을 다중화 하여 160GHz의 신호로 만들고 이것을 하나의 광섬유로 전송한 뒤에 수신단에서 10GHz의 광클락펄스를 재생하여 시간상에서 역다중화 (Demultiplexing)할 수 있는 방법을 제시한 것으로 WDM 방법보다 초고속 TDM 방법을 선호하는 일본 특유의 기술방향을 말해준다 할 수 있다. 또 다른 방법으로 미국의 CREOL에서는 두개의 색선을 갖는 DFB 레이저를 이용하여 Rattern generator를 사용하여 형성된 12Gbps의 광신호에서 12GHz의 광클락펄스를 만들어내는데 성공하였다. 특히 이 논문에서는 SOA를 사용하여 32nm에 걸친 광범위한 광파장 변환을 해줌으로써 1540nm에서부터 1572nm까지의 광신호의 파장들에 대하여 모두 광클락펄스를 재생시킬 수 있음을 보여주었다.

Fiber Laser를 이용한 10GHz 광신호의 3R generation 즉 Reamplifying, Reshaping 그리고 Retiming을 구현하는 실험 결과와 84GHz의 광신호를 SOA와 Mach-Zehnder 형태의 regenerator를 사용하여 재생산(regeneration)한 결과도 많은 주목을 받았다. 독일 연구그룹에서 3 색선을 갖는 Q-switched 된 DFB레이저를 사용한 10Gbps 광신호의 3R generation을 결과 또한 광신호의 최적화를 위한 연구가 활발하다는 것을 알 수 있었다.

이상에서와 같이 10GHz 이상의 초고속 TDM 시스템에서 필요한 all optical 3R generation에서는 비선형 효과를 이용한 광섬유 스위칭소자 또는 Mode-locked 또는 Q-switched된 반도체 레이저가 주로 사용되는데, 그 상용화를 위해서는 실험실이 아닌 실제 상황에서 사용될 수 있도록 시스템의 간소화 및 신뢰도의 확보가 더욱 필요하다고 생각된다. 그리고 광소자의 경우 아직도 전자소자들에 비해서 가격이 고가이므로 실용화에는 한계가 있는 것으로



판단된다.

광관련기술 하루가 다르게 발전

좁은 분야의 광통신 기술의 연구개발 동향을 개략적으로 설명하였지만, 결국 집안으로까지 광통신을 가능하게 하고자 하는 것이 광통신 기술의 최종 목적이라 할 수 있다. 장거리 광통신을 위한 유리로 이루어진 광섬유 및 이를 이용한 많은 광통신용 광소자 대신에 근거리용 광통신 응용을 위해 플라스틱 광섬유와 이를 이용한 광소자의 연구도 실용화를 목적으로 활발하게 이루어지고 있다.

많은 양의 정보를 초고속으로 주고받기 위한 인터넷의 급증한 수요를 만족시키기 위해 광통신 기술의 동반자적 발전이 크게 요구되며, 이를 충족시키기 위한 광통신 핵심 소재, 광통신용 광소자, 광시스템 기술이 하루가 다르게 발전하고 있음은 주지의 사실이다.

전 세계적인 기술경쟁 속에서 한국의 물량적 위상은 미미하나 논문의 발표를 통한 기술적인 진보는 이제 서서히 조금씩 가시화되고 있는 듯하다. 논문 발표의 수적인 증가와 함께 전시회에 참여한 한국의 광산업 관련 업체의 증가 또한 고무적이라 할 수 있다. 그러나 아주 좁은 분야의 연구 결과와 부가가치가 낮은 연결소자 및 수동 광소자 위주의 제품 출시는 한국의 광기술의 현주소를 말해주며, 광기술 발전을 위해서 연구인력의 양성과 기술 개발에 부단한 노력이 시급하고 절실하다.