

## 10Gbps 광송수신모듈의 국제 표준화 동향

김종덕 / ETRI 광집적모듈팀 선임연구원

최근 수년간 세계적인 광통신 관련 업체 및 기관들 사이에 광부품의 전기적, 물리적 특징을 규정짓는 표준 규약인 MSA(Multi-Source Agreement)를 통하여 설계시간과 비용을 절감하기 위한 노력들이 다양한 형태로 꾸준히 진행되어 왔다. 이러한 MSA들은 같은 응용제품에 대하여 참여기업 사이의 상호 협약인 만큼 완전한 범세계적 표준은 아니지만, 주요 생산자들과 고객들 사이의 상호 협약을 통하여 시간, 비용 뿐만 아니라 시스템 내에서의 상호 호환성에 대한 부분까지 공유하고 있으므로 관련 제품에 대하여 사실상의 표준화를 선도하고 있다.

본 글에서는 특히 현재 광전송네트워크에서 가장 큰 부분을 차지하고 있는 10Gbps급 광송수신 모듈(광트랜시버)에 대한 MSA들의 주요 특징 및 물리적인 규격들을 비교 분석하였다. 이 중에서 일부 MSA를 준수하는 제품군들은 선진 부품 업체들에 의해 최근에야 본격적으로 출시되고 있지만, 조만간 기존의 제품들을 밀어내고 관련 시장에서 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망된다.

### >> 목 차

- I. 서 론
- II. 10Gbps 광송수신모듈 표준 협정 소개
- III. 표준화 규격 비교 및 동향 분석
- IV. 결 론

### I. 서론

광통신 시장에서 경쟁이 치열해 지면서 광송신기와 광수신기를 하나의 패키지 안에 구현한 광송수신 모듈이 개발시간과 비용의 절감을 위하여 효과적이므로 고객인 시스템 업체들에 의해 더욱 큰 호응을 얻고 있다. 광수신 모듈은 단순히 송신용 LD(레이저다이오드)와 수신용 PD(포토다이오드)만을 패키지 한 경우도 있지만, 일반적으로 송,수신 소자의 동작을 제어하는 LD driver, pre-amplifier등을 포함한 소형 구동보드들과 함께 small form factor의 패키지 형태로 구현한 제품들을 말하며, 일명 광트랜시버(Optical Transceiver)로 불린다. 이러한 광트랜시버는 초기에 가입자망에 저비용의 부품을 공급하기 위한 수단으로 주로 개발되었지만, 2000년 이후 기간망에서 Metropolitan rings, Optical add/Drop multiplexers, Internet Protocol (IP) Switches 및 Routers등에 적용하는 단계까지 개발되면서 동작 속도 및 응용성이 다양화 되고 있다.

이러한 기술적인 추세와 함께 최근 침체되어 있는 광통신 시장에서 비용절감을 위한 지속적인 관심과 노력으로 부품업체, 시스템업체 및 서비스업체를 망라하는 공급 및 수요관계의 기업들 사이에 상호 표준화 협정들이 결성되어 관련시장을 선도하고 있다. 특히 고부가가치의 10Gbps 광송수신모듈과 관련하여서는 300PIN을 포함하여 XENPAK, XFP,

XPAK, X2까지 모두 5가지나 되는 MSA(Multi-Source Agreement) 그룹들이 결성되어 상호 보완 및 경쟁을 하고 있다. 현재 외국의 주요 광통신 관련 업체들은 거의 대부분 이러한 표준화 협정 중의 하나 이상에 참여하여 관련 표준을 선도하고 연관 기업들 사이의 상호 호환성을 강화하고 있으므로 이러한 MSA중에서 가장 경쟁력 있는 표준이 조만간 사실상의 국제 표준역할을 할 것으로 전망된다.

현재 광통신시장이 아직 완전한 회복 단계에 있지는 않지만, 조만간 본격적인 시장이 형성되어 양산까지 가능한 단계에 이를 경우 이러한 초기 국제표준에 맞는 제품을 개발 완료하고 저가격으로 생산, 서비스하는 업체가 관련시장의 절대적인 우위를 선점할 것은 당연한 일이다. 따라서 국내 관련 기업에서도 이러한 표준화의 동향에 지속적인 관심과 참여 노력이 있어야 할 것이다.

이 글에서는 위에서 언급한 다섯 가지의 10Gbps 광송수신모듈을 위한 MSA들을 소개하고자 한다. 주요 자료들은 관련 MSA 그룹들의 홈페이지에 공식적으로 올라와 있는 자료들을 주로 참고하였으며, 관련 표준화 규격들이 전기적, 물리적 특징, 및 시스템에서의 상호 호환성을 포함하는 많은 내용들을 담고 있지만 300PIN MSA에 기반한 10Gbps Transponder를 포함한 광통신부품 개발에 주로 참여한 필자의 제한된 지식으로 부품 측면에서 개략적으로 소개하였음을 미리 밝힌다.

## II. 10Gbps 광송수신모듈 표준협정 소개

### 1. 300PIN MSA

10Gbps급 광송수신모듈과 관련하여 가장 먼저 결성된 MSA로 현재 10개 업체가 참여하고 있으며, 10Gbps 트랜스폰더(Transponder)에 관한 첫번째 규격을 2001년

4월에 발표한 것을 시작으로 2002년 8월까지 4차례의 개정이 이루어졌다. 300PIN MSA group은 또한 일찍이 40Gbps에 관한 규격까지 발표하였으며, 가장 최근인 2003년 8월에 I2C bus에 관한 4차 개정을 발표로 MSA 규격에 대한 완성을 마친 것으로 보인다. 현재 본 MSA에 참여하는 구성원으로는 TriQuint Optoelectronics, Agilent Technologies, Alcatel Optronics, Bookham Technology, ExceLight, Fujitsu Quantum Devices, JDS Uniphase, Mitsubishi Electric, NEC, OpNext의 10개 기업으로 북미, 유럽 및 일본의 업체들이 고르게 포함되어 있다.

본 MSA는 10Gbps 트랜스폰더에 관한 광학적, 전기적, 물리적 규격 및 펌웨어 인터페이스와 핀구성에 관한 규격들을 규정하고 있으며, 다른 이름으로 10Gbit/s SERDES 트랜시버로도 불린다. 그 이름에서 알 수 있는 것처럼, 광 입출력신호와 전기 입출력 신호 사이에 1:16 또는 16:1 다중/역다중 기능을 포함하고 있는 것을 특징으로 하며, 하나의 패키지 내에 광 송신기, 수신기 및 그 구동 드라이버들과 함께 Mux/DeMux, CDR, CMU등이 포함되므로 비교적 큰 패키지 규격을 가지고 있다. 300Pin MSA에서 주로 참고하고 있는 국제 표준들은 Telcordia GR-253, IEEE 802.3ae Draft4.0, ITU-T G.691, ITU-T G.692 and ITU-T G.693.이며, 규정되어 있는 광송수신모듈의 주요 응용분야는 SONET/SDH & DWDM system, metropolitan rings, optical add/drop multiplexers, switches and routers로 주로 intermediate/long reach를 위한 제품에 적합하지만, very-short/short reach에 적용하기 위한 소형화 된 SFF(Small Form Factor) 형태의 모듈 규격도 함께 포함하고 있다.

본 MSA를 규정하는 문서상의 주요 특징들을 간단히 소개하면, 모듈의 외형적인 규격은 일반적인 패키지 본



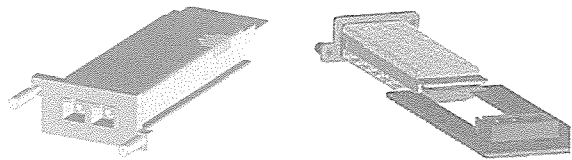
housing, Bezel, Clip, EMI gasket 및 Heat sink 부분이 포함되어 있다. 모듈 본체의 외형적인 규격은 71.1mm(길이)×18.35mm(폭)×8.5mm(높이)로 매우 소형답박의 구조를 가지며, 특히 2-Wire serial interface 방식의 I2C 버스를 채택함으로써 적은 핀수의 30-pin Hot-Pluggable connector를 기본 인터페이스 커넥터로 하고 있다.

호스트 시스템으로부터 공급되는 Power supply에 대한 규격으로는 +1.8V/+3.3V/+5.0V를 지원하는 것을 기본으로 하고 -5.2V는 선택사항으로 하며, 각 핀당 최대 전류 용량을 500mA 이내로 제한하고 있다. XFP 모듈은 SONET OC-192, 10Gb/s Ethernet, 10Gb/s Fibre Channel and G.709 links를 위한 모든 데이터 인코딩(Encoding)을 지원하며, 850nm, 1,310nm 및 1,550nm 파장광원에 대하여 단일모드나 다중모드 광 커넥터를 사용하는 것을 포괄적으로 수용하고 있다. 또한 광모듈 대신에 동선을 통해 입력을 받는 모듈도 수용할 수 있도록 하고 있다.

### 3. XENPAK MSA

본 MSA는 300PIN MSA와 같은 해인 2001년에 Revision 1.0을 발표한 것을 시작으로 가장 최근인 2002년 9월에 Revision 3.0을 끝으로 더 이상의 개정이 멈춘 상태이다. XENPAK MSA는 Agilent Technologies와 Agere Systems에 의해 주도 되어 Tyco Electronics, Pine Photonics Communications, Mitsubishi Electronics, Optillion, TBA와 함께 설립되었으며, 현재 모두 25업체가 그룹 멤버로 참여하고 있는 것으로 소개되어 있다. 특히 XENPAK에서는 10Gigabit Ethernet(10GbE)에 초점을 둔 제품 표준의 개발에 그 주된 목표를 두고 있으며, 이는 메트로 및 코어 네트워크에 보다 적합한 표준을 가

지고 있는 300PIN MSA와 함께 가장 먼저 형성된 두 표준화 그룹의 설립 동기를 이해할 수 있는 부분이라 하겠다.



〈그림 3〉 XENPAK 모듈의 외형과 호스트보드에 조립하는 모양을 보여주는 대략도

XENPAK은 10GbE를 목표로 하고 있으므로 당연히 IEEE Std-802.3ae에서 정의하는 모든 물리적 계층의 특성을 만족하면서, 국제 규격화된 광송수신 모듈의 표준을 추구하고 있다. MSA에 포함된 물리적 규격으로는 광송수신모듈 자체와 호스트 보드(Host Board)에 고정되는 bezel 및 electrical connector 부품에 대하여 규정하고 있으며, 광송수신 모듈의 외형적인 크기는 121mm(길이, screw 제외)×36mm(폭)×22.4mm(높이)로 나중에 나온 MSA들의 규격보다 상당히 큰 편이다. 호스트 보드와의 인터페이스를 위하여 산업 표준인 70 pin electrical connector를 채택하고 있으며, power supply로는 호스트 보드에서 +3.3V/+5.0V를 기본으로 지원하고 adaptable power supply로서 0.9V~1.8V를 지원하도록 하고 있다. XENPAK에서는 또한 모듈의 열적 특성에 대한 요구사항을 규정하고 있는 데, 최대 출력소모량(power dissipation)으로 850nm/1310nm 광송수신모듈의 경우 6W, 1550nm 모듈에 대하여는 10W 이내로 제한하고, 최대 동작 가능한 외부 모듈 온도로는 70°C를 규정하고 있다.

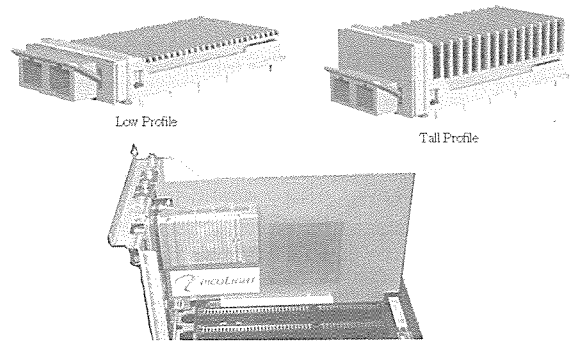
#### 4. XPAK MSA

XPAK은 XENPAK에 참여한 업체들 중에서 Infineon, Intel, Picolight의 세 업체가 주도하여 XENPAK의 단점을 보완하고 그 응용 범위를 넓히기 위하여 결성되었으며, XFP와 같은 시점인 2002년 3월에 처음 모임을 시작으로 2003년 4월에 Revision 2.3까지 표준 규격을 개정 발표하였다. 현재 모두 13개 기업이 주요 멤버로 참여하고 있다.

본 MSA에서는 IEEE 10Gigabit Ethernet 뿐 아니라 T11 10Gigabit Fibre Channel, OIF OC192 VSR Implementation Agreements, ANSI SONET, ITU SDH 및 InfiniBand와 같은 다양한 표준들을 지원하는 광송수신 모듈의 국제 표준을 설립하는 것을 주요 목표로 하고 있다. XPAK은 10GE 및 10GFC 위한 전기적 인터페이스 규격인 XAUI와 SONET을 위한 SF14-P2를 지원하는 두 부류의 pin-out 규격을 정하고 있으며, 또한 enterprise, SAN 및 telecom 응용분야를 위하여 serial, parallel, copper 및 CWDM 인터페이스까지 지원하는 내용을 담고 있다.

본 MSA의 물리적 규격에서 규정하는 구성 부품들로는 광송수신모듈 자체와 호스트 보드(Host Board)에 고정되는 bezel 및 electrical connector, 그리고 XFP에서 cage housing에 해당하는 module holer 이루어져 있다. 광송수신 모듈 자체의 외형적인 크기는 85.34mm(길이, screw 제외)×39.62mm(폭)×11.84mm(높이)로 XENPAK에 비해서는 많이 작지만, XFP에 비해서는 다소 큰 편이다. 전기적 인터페이스 부분에서는 XENPAK의 70 pin connector를 그대로 수용하고 있으며, 핀아웃(pinout)에 있어서는 XAUI의 경우 대동소이한 반면, SF14-P2를 위한 부분을 추가하여 새롭게 정의하고 있

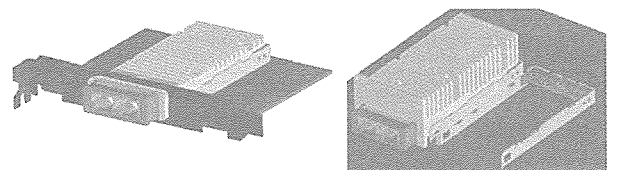
다. 또한 XENPAK과 동일한 power supply 규격을 사용하고 있다. 모듈의 열적 특성과 관련하여서는 XENPAK보다 훨씬 적은 4W의 출력소모와 70°C의 동일한 외부 동작온도의 한도를 설정하고 있다.



〈그림 4〉 XPAK 광송수신 모듈의 열적성능을 고려한 두가지 형태와 PCI카드에 조립된 Picolight사의 모듈사진

#### 5. X2 MSA

X2 MSA는 XPAK과 마찬가지로 XENPAK에 그 모태를 두고 있으며, XENPAK에 참여한 업체 중에서 XPAK에 참여하지 않은 나머지 대부분의 업체들을 주요 구성원으로 한다. 2002년 7월에 Revision 0.9의 발표를 시작



〈그림 5〉 X2에 열적성능에 따른 두가지 모듈모양과 호스트 보드에서 Line Card 및 Mid Board에 탑재된 모듈의 조립 모습

〈표1〉 10gbps MAS들에 대한 정보 및 규격비교

	300PIN	XFP	
MSA Homepage	<a href="http://www.300pinmsa.org/">http://www.300pinmsa.org/</a>	<a href="http://www.xfmsa.org/cgi-bin/home.cgi">http://www.xfmsa.org/cgi-bin/home.cgi</a>	
Group Members	11	founders - 10 contributors 75	
Fist Revision	Edition 1 - Apr. 2001	Rev. - 0.1 Mar. 2002	
Last Revision	Edition 4 - Apg. 14, 2001	Rev. - 4.0 Apr. 13, 2004	
Appropriate Standards	Telcordia GR-253 IEEE. Std-802.3ae, ITU-TG.691, G.692 and G.693, OIF SFI4-01	ANSI/ITUT OC192/STM-64 IEEE. Std-802.3ae INCITS/ANSI 10GFC ITUT G.709	
MSA Mechanical Components	Module+Connector on Host Board	Module+Host Board(Cage Assembly, Heat Sink, Clip, Connector, Bezel)	
Module Size(mm)	127(L)X127(W)X18(H) 76.2(L)X55.9(W)X16(H)-SFF	71.1(L)X18.35(W)X8.5(H)	
Electrical Connector	Receptacle (Meg-Array 300 Position Receptacle connector)	Pluggable (0.8mm pitch 30 position right angel connector)	
Power Supplies	+5.0V/-5.2V/+3.3V/APS	+1.8V/+3.3V/+5.0V(-5.2V optional)	
Other Features	SONET/SDH & DWDM system, Metropolitan rings, Optical add/drop multiplexers, Switches and routers.	Small footprint, serial-to-serial connector, Low Power and low EMI	
	XENPAK	XPAK	X2
MSA Homepage	<a href="http://www.xenpak.org/">http://www.xenpak.org/</a>	<a href="http://www.xpak.org/">http://www.xpak.org/</a>	<a href="http://www.x2msa.org/">http://www.x2msa.org/</a>
Group Members	25	13	14
Fist Revision	Rev 1.0 May. 2001	Rev 0.0 May 2002	Rev 0.9 Jul 2002
Last Revision	Rev 4.0 Apr. 13, 2004	Rev 3.0 Sep. 18, 2002	Rev 2.3 - Apr. 23, 2003
Appropriate Standards	IEEE Std-802.3ae	IEEE Std-802.3ae/INCITS/ANSI 10GFC/OIF SFI4-02/OC192 VSR,ANSI/ITUT OC192/STM-64/ITUT G.709, InfinBand	IEEE Std-802.3ae/ANSI/ITUT OC192/STM-64/ITUT G.709,OIF SFI4-02/OC192 VSR,INCITS/ANSI 10GFC
MSA Mechanical Components	Module+Host Board(Connector, Bezel, Heat Sink)	Module+Host Board(Module Holder, Heat Sink, Connector, Bezel)	Module+Host Board(Rail, Rail Top Sheild, Heat Sink, Connector, Bezel)
Module Size(mm)	121(L)×36(W)×22.4(H)	85.34(L)×39.62(W)×11.84(H)	91(L)×39.6(W)×12(H)
Electrical Connector	Pluggable(70pin electrical connector)	Pluggable(identical to XENPAK)	Pluggable(identical to XENPAK)
Power Supplies	+3.3V/+5.0V/APS	identical to XENPAK	identical to XENPAK
Other Features	Rour wide XAUI interface, Industry standard 70 pin electrical connector	XAUI and SFI4-P2 electrical interface, Two-stage EMI seal.	XAUI and SFI4-P2 electrical interface, Focused on optical links to 10 kilometers

으로 2003년 2월 Revision 1.0b까지 발표하였으며, 현재 Agilent Technologies Inc., Ignis Optics, JDS Uniphase, Mitsubishi Electric, Molex Incorporated, Multiplex Inc., NEC, NTT, Opnext, Optillion, Pine Photonics, TriQuint Optoelectronics 및 Tyco Electronics가 참여하고 있다. X2는 XENPAK에 비해 모듈의 크기를 절반으로 줄이면서, 802.3ae 10Gb Ethernet, OC192/STM-64 interfaces, ITUT G.709, OIF OC192 VSR, 10Gigabit Fibre Channel와 같은 다양한 응용분야를 지원하는 것을 목표로 한다. 특히 X2와 XPAK는 10Gbps 통신을 위해 광섬유와 동선을 선택적으로 사용할 수 있도록 하고 있으며, 많은 부분에 있어 대동소이한 규격을 가지고 있으므로 하나의 MSA로 통일될 가능성을 가지고 있으며, 실제 X2/XPAK을 묶어서 이야기 하기도 한다. X2에서 정의하는 구성부품들은 광송수신모듈 자체와 호스트 보드에 고정되는 bezel 및 electrical connector과 모듈을 고정하기 위한 rail과 rail top shield를 포함하고 있으며, 광송수신 모듈 자체의 외형적인 크기는 91mm(길이)×39.6mm(폭)×12mm(높이)이다. 전기적 인터페이스 규격으로 XENPAK에서와 같이 Tyco Electronics사에 의해 설계된 70-pin electrical connector를 그대로 수용하고 있고, power supply 규격에 있어서도 동일하며, XPAK처럼 XAUI 및 SFI4-P2 인터페이스를 함께 지원하는 것을 목표로 하고 있다.

### III. 표준화 규격 비교 및 동향분석

앞에서 개략적으로 설명한 다섯 가지의 MSA에 대하여 몇 가지 규격 및 특징들과 관련 정보를 표 1에 요약하고 비교하였다.

300-pin 트랜스폰더(Transponder)와 같은 초기의 10Gbps 광송수신 모듈은 주로 중장거리 네트워크 시스

템에 적합한 다기능 집적형 모듈로써, 시스템 개발자로 하여금 설계 시간, 노력 및 비용을 절감하도록 하는 데 초점을 두고 개발되었으며, 2000년 이후 초기 10 Gbps 시장의 형성에 큰 기여를 하였다. 또한 Nortel, Agere, Alcatel, JDSU와 같은 여러 주요 부품 및 시스템 개발자들 사이에 국제 표준화의 필요성이 요구되면서 가장 먼저 10Gbps 광송수신 모듈의 표준화를 위한 300PIN MSA 그룹을 형성하게 되었다.

하지만 많은 기능들을 하나의 모듈 안에 소형으로 집적하려는 노력이 계속되면서 여러 가지 노이즈 문제들이 발생하게 되고, 더구나 개별 시스템 개발자들의 다양한 요구를 모두 충족하는 데 어려움이 발생하게 될 뿐 아니라, 침체된 시장 속에서 비용 절감에 한계를 가지게 됨으로써 보다 단순화되고 저 비용 양산이 가능한 광송수신 모듈에 대한 요구가 증대되었다.

이와 함께 300PIN MSA와 비슷한 시기에 설립된 XENPAK MSA는 10Gigabit Ethernet에 적합한 저가의 고기능 송수신모듈의 개발에 초점을 두었지만, 단거리 및 초단거리망에서 다양한 기술들과 응용분야들이 생겨나게 되고 상호 경쟁 및 보완 관계를 형성하게 되면서 하나의 모듈 규격으로 보다 많은 응용분야를 지원하는 것이 필요하게 되고 보다 소형화된 모듈 규격이 요구되면서 이른 보완한 다른 형태의 후속 MSA들이 힘을 얻게 되었다.

10Gbps 광송수신 모듈에 있어 이와 같은 필요성들과 국제 표준화를 통해 상호호환성을 증대하고 비용을 절감하고자 하는 고객 및 개발자들의 노력에 의해 새로이 진보된 표준화 그룹들인 XFP와 XPAK/X2가 생겨나게 되었다. XPAK/X2는 앞에서 설명한 바와 XENPAK의 단점을 보완하고 새로운 기술에 맞추어 업그레이드된 송수신모듈의 규격을 제시하고 있는 데 반해, XFP는 기존의 비교적 낮은 속도의 광송수신 모듈을 위한 GBIC과



SFP의 표준화 규격에 기반을 두고 있다. 따라서 <표 1>의 비교 요약에서도 알 수 있는 것처럼 XFP는 가장 작은 모듈 크기를 가지고 가장 단순화된 전기적 인터페이스 규격을 추구함으로써 지금까지 발표된 표준화 그룹 중에서 장기적으로 가장 경쟁력 있는 모듈구조를 가지고 있다. 또한 응용 영역에서도 XFP는 300-pin transponder를 대체할 기술이며 10Gigabit Ethernet과 Fiber Channel 등에서는 XPAK/X2과 함께 사용될 수 있는 가장 유망한 MSA로 평가되고 있다[6].

#### IV. 결 론

10Gbps 광송수신 모듈에 관련된 현재의 모든 MSA 그룹들에 대하여 살펴보았다. 다섯 가지나 되는 MSA들을 보면서 일견 10Gbps급에서 다양한 표준화 그룹들이 상호 경쟁하는 다소 혼돈스러운 양상으로 비칠 수도 있지만, 세부적으로 보면 기존의 기술과 미래지향적인 기술로 단순화하여 이해하는 것이 필요하다. 현재의 네트워

크 시스템에 상당부분 설치되어 있는 300PIN과 XENPAK에 기반한 10Gbps 광송수신 모듈은 당분간 그 교체 수요에 의해 기존의 제조 업체들에 의해 당분간 지속적이 공급이 이루어질 것으로 전망된다.

하지만 새롭게 설치되는 장비에서는 새로운 형태의 XFP나 XPAK/X2에 기반한 광송수신 모듈들의 수요가 증대될 것으로 예상되며, 이미 이들 제품을 출시하고 있는 표준화 그룹에 포함된 선구적 기업들에 의해 향후 시장의 상당부분이 점유될 것으로 전망된다. 또한 장기적으로는 XFP의 우세가 예견되지만, 중단기적으로 XFP나 XPAK/X2 그룹간의 치열한 시장 점유 경쟁이 진행될 것으로 보인다. 따라서 현재 국내에서 새롭게 10Gbps급 광송수신 모듈을 개발하는 업체라면 가장 범용성이 높은 XFP-MSA를 채택하는 것이 보다 유리할 것으로 보인다. 아울러 고려할 것은 짧은 기간에 다양한 MSA들이 생겨나고 새로운 형태로 보완 대체 된 것처럼, 향후 새로운 통신서비스 환경에 따라 기존의 규격들도 지속적으로 변화될 수 있다는 것이다.

#### <참 고 문 헌>

- [1] 300PIN MSA specification "MSA\_10G\_TRX\_Public\_Document\_Edition\_4" and "MSA\_10G\_40G\_TRX\_I2C\_Public\_Document\_04\_Final"
- [2] XENPAK MSA specification "XENPAK\_MSA\_R3.0" and "XENPAK\_MSA\_Operating\_Guidelines\_R1.0"
- [3] XFP MSA specification "XFP\_SFF\_INF\_8077i\_Rev4\_0"
- [4] XPAK MSA specification "XPAK2\_3DRAFT2" and "XPAK Whitepaper - Designing for PCI applications"
- [5] X2 MSA specification "X2MSA\_Rev1.0b" and "X2\_Introduction1\_1"
- [6] Meghan Fuller "Tech Trends - XFP not a sure thing yet" Lightwave, September 2003.
- [7] <http://www.300pinmsa.org/>
- [8] <http://www.xenpak.org/>
- [9] <http://www.xfpmsa.org/cgi-bin/home.cgi>
- [10] <http://www.xpak.org/>
- [11] <http://www.x2msa.org/>
- [12] Product datasheet at <http://www.multiplexinc.com/main.htm>
- [13] Product datasheet at <http://www.cenix.com> (not available now)

<자료제공 : 주간기술동향>