

# 最近의 CCITT 光通信標準化 研究動向

姜玟鎬·朴熙甲 / 光通信研究室

## I. 序 論

필자는 해외출장으로서 지난 5월16일부터 23일까지 스위스 Geneva에서 열린 CCITT XV를 참석하고 귀로에 영국의 光通信 관련기업, 대학교 및 연구소인 York technology사, Southampton Univ. 및 BTRL (British Telecom Research Labs.)을 각각 방문하였다. 本稿에서는 출장중 입수한 각종 정보와 소감을 光通信分野와 관련하여 요약기술하고자 한다. 특히 금번 참석한 CCITT XV는 '81-'84회기의 最終會議인 CCITT 8차 總會('84년 10월 예정)를 앞두고 회기내 연구되었던 결과를 마무리짓는 중요한 의미를 가지며, 그 배경에 관해서는 이미 “電氣通信”誌, (3권 4호, 1981)에 기고된 바있으므로 관심있는 독자들의 참고가 될 수 있을 것이다.

## II. CCITT의 光通信 研究現況

1980년말의 CCITT 7차 총회는 '81-'84 회기내에 Study Group XV에서 34개의 질의에 관한 연구를 하도록 지정하였다. 이 중에서 광통신관련 질의의 목록을 추려보면 <表 1>과 같다.

질의번호	제 목	비 고
13/X V	Characteristics of optical fiber cable	new question G.651, 단파장, 광화문-중앙, 부산시스템수록
14/X V	Method of measuring the characteristics of optical fiber cable	new question
15/X V	Collection and updating of information relating to optical fiber telecommunication	new question
17/X V	Characteristics of digital line systems on optical fiber cables	'77-'80의 13/X VIII 계속
31/X V	Submarine cable	'77-'80의 31/XV 계속

<表 1> CCITT XV의 광통신 관련 질의('81-'84)

<表 1>의 질의중 중요한 것은 질의13과 14인데, 질의에 관한 연구의 결과가 권고 G. 651(50/125 $\mu$ m 언덕형 多重모드 光纖維 케이블의 특성)과 G. 652(單一모드 光纖維 케이블의 특성)에 수록되었다.

G. 651은 '77-'80 회기동안에 질의 38/XV (光纖維 케이블의 物理的 特性)과 13/X VIII (Digital 伝送路에서의 光纖維 케이블의 特性)의 연

구결과로 나온 G. 651의 보완개정판으로서, 금년 5월의 Geneva 회의에서는 세부내용에 관한 논의가 거의 없었고 단지 자구수정 정도에 그쳤으며, 금번회기의 연구로서 실질적으로 종료된 것과 다름없다는 光纖維 専門家會議 (Working Party on Optical Fiber) 의장의 발언으로 미루어 볼 때 G. 651은 다음 회기에서 거의 변동이 생기지 않을 것으로 예상된다.

G. 651의 勸告內容중 특기할만한 것은 local network용 언덕형 多重모드 光纖維로서 100 / 140 μm 규격의 光纖維가 적합한 것인가에 관한 연구결과가 부록 (Annex) 의 형태로 첨부되었다는 것이다. 그 일차적인 결론으로서, 100/140 μm은 生産單價가 높을뿐 아니라 通信用的 주종인 50/125 μm과 外徑이 다르므로 인하여 試驗裝備 및 機具의 추가비용이 드는 점에서 비경제적이라는 것이다. CCITT에서 local network용 光纖維의 規格은 제시하지는 않았지만 각국의 참석자들의 견해를 종합해 볼 때 85/125 μm (NA=0.26), 62.5/125 μm (NA=0.29), 또는 50/125 μm (NA=0.2) 등, 적어도 外徑은 125 μm가 될 것이라는 의견이 지배적이었다. 기타의 多重모드 光纖維의 勸告內容은 <表 2>에 간략히 요약하였다.

반면에 單一모드 光纖維의 特性 및 測定方式인 G. 652에 관해서는 금년 3월의 Atlanta에서의 専門家會議에서 합의되었던 내용에 관한 논란과 일부 반복이 있었으며, 합의를 이루지 못한 사항은 다음 회기로 이월되었다. 5월의 Geneva 회의중 토의된 내용을 간추려 보면 다음과 같다.

遮断波長 (Cutoff wavelength)의 勸告值에 관해 Atlanta에서는 1100-1280nm 로 거의 합의를 하고 5월의 Geneva에서 확정하기로 하였으나, 미국의 提案에 의해 1280nm 의 상한의 중요성이 거의 무시된 상태로 결말이 났다. 즉 시스템의 動作波長보다 긴 1310nm 또는 1350nm의 遮断波長을 가진 光纖維로도 시스템 동작성능에는 문제가 없다는 내용을 勸告내에 삽입하였는데, 이는 遮断波長 測定의 기준길이 (2m) 가 실제 中繼器간 거리 (30km 이상)와 큰 차이가 있기 때문이다.

한편 遮断波長의 測定法에 관해서는 transmitted power 방식을 基準方式으로, mode field diameter vs. wavelength 방식을 補助方式으

구분	항 목	CCITT 권 고 안 (G. 651)	
		등급	범위
1	Attenuation (손 실)  (파장1,300nm)	A	0.8dB/km 이하
		B	1.0
		C	1.5
		D	2.0
		E	3.0
2	modal distortion bandwidth amplitude response (대역폭) (파장1,300nm)	A	1200MHz · km 이상
		B	1000
		C	800
		D	500
		E	200
3	chromatic dispersion	6 ps/km · nm 이하	
4	core diameter	50 ± 3 μm	
5	cladding diameter	125 ± 3 μm	
6	concentricity error	6 % 이하	
7	core non-circularity	6 % 이하	
8	cladding non-circularity	2 % 이하	
9	maximum theoretical numerical aperture	A ± 0.02	
		A는 0.18-0.24범위내 특정치	

<表 2> CCITT 권고안 (Multimode)

로 하는데 합의하였다.

Mode field diameter의 勸告值는 名目值 (Nominal value)가 8.5 μm 이상 10.5 μm 이하이고, 許容公差 10% 이내로서 합의하였으나, Geneva 회의에서 名目值의 범위를 9 μm 이상 10 μm 이하로 줄이고 公差는 변화시키지 않았다. 또한 註釋 (Note)으로서, matched clad type은 10 μm 이, depressed clad type은 9 μm이 널리 통용되고 있으나, 名目值와 특정 design type 과는 무관하다는 것과 平均值와 名目值는 서로 다를 수 있다는 내용을 삽입하여 勸告值에 상당한 융통성을 부여하였다. Mode field diameter의 測定法에서도 유럽국가들이 지지하는 transverse offset 방식과 미국, 일본의 transmitted field pattern 방식이 서로 경합하여 결국 基準方式을 결정하지 못한 채 금번 회기를 마치게 되었다. 일본의 주장은 장래의 單一모드 光纖維가 궁극적으로 單一偏光 光纖維로 진척될 것인데 이 경우 비원형을 지닌 mode field를 측정하려면 transmitted field 방식에 의 하여야 한다는 것이다. 그런데 transverse offset 과 transmitted field 방식은 mode field diameter 의 정의부터 상이하기 때문에 함께 基準方式으로

	특 성		측 정		방 식	
	CCITT 권 고	KETRI 규격안	CCITT 권 고		KETRI 규격안	
1 attenuation	1dB/km 이하	1등급 90%, 6dB/km 100%, 8dB/km 이하 세분	기 준 방 식	보 조 방 식	기 준 방 식	보 조 방 식
			cutback	backscattering	cutback	backscattering
2 dispersion	6 ps/km · nm 이하	3.5ps/km · nm 이하 (1285-1330 nm)	time domain 과 freq. domain		time domain (pulse delay)	freq. domain (phase shift)
3 mode field diameter	A ± (10%) 9 μm ≤ A ≤ 10 μm	A ± (10%) 9 μm ≤ A ≤ 10 μm	transverse offset 과 transmitted field		far-field (transmitted field)	transverse offset 과 near-field
4 mode field concentricity error	0.5-3.0 μm 범위내의 특정치이하	2 μm 이하	transmitted field		transmitted field	
5 cutoff wavelength	1100-? (1280nm 1310 1350) (기준길이: 2m)	1100-1280nm (기준길이 2m)	transmitted power	mode diameter vs. wavelength	transmitted power	

〈表 3〉 單一모드 光纖維의 CCITT 勸告案과 KETRI 標準規格案의 比較

공존하는 것이 불가능하므로 다음 회기의 결과가 주목된다.

Mode field의 비원률은 多重모드에서의 코어의 비원률과 같은 양이나, 실제로 나타나는 mode field는 거의 원형으로 근사할 수 있으므로 納品性能 規格의 항목으로서는 측정할 필요가 없다고 권고하였다. Mode field의 同心誤差는 光纖維의 接統方式에 따라 許容範圍가 정해지며, 公差는 0.5μm부터 3μm의 범위내의 特定値가 권고되었다.

分散의 測定方式에서는 多重모드 光纖維(G.651)의 전철을 踏아 時間 領域法과 周波數 領域法이 基準方式으로 공존하게 되었으며, 이는 mode field diameter와는 달리 두 방식이 같은 정의를 사용하므로 문제는 없을 것으로 예상된다.

이상의 내용은 〈表 3〉에 KETRI의 標準規格案과 비교하여 요약하였다.

전반적으로 CCITT XV의 單一모드 光纖維 規格化作業을 볼 때, 基準方式과 補助方式간의 측정결과와 일치에 관한 보장이 없으며, 補助方式이 공장이나 현장에서 사용하기에는 복잡하고 불편한 점등 많은 미비사항을 느낄 수 있었으며 이는 다음 회기에서 다루어질 것으로 보인다. 다음 회기의 研究範圍는 이밖에도 1550 nm operation, coherent communication, bidirectional operation, WDM과 다른 type의 光纖維(예로써 dispersion shifted fiber, single polarization fiber, local network fiber 등)에 관한 내용이 채택되었다.

### III. 英國의 光通信 動向

英國은 美國, 日本에 이은 세계 제 3위의 光通信國이지만 연구저력이나 기초 연구에의 투자욕을 볼때 美·日에 못지않은 光通信分野의 첨단國이라고 할 수 있다. 영국 광통신의 가장 특징적인 인상은 신기술의 公衆通信網에의 과감한 적용이다. 시내, 시외의 모든 trunk network에서 單一모드 光纖維를 원칙으로 하고, 경제성을 고려하여 특별한 경우에 한하여 多重모드를 택한다. 多重모드는 과거의 單波長의 경우와 마찬가지로 이미 지나가버린 듯한 인상마저 받았다. 심지어는 local network에도 coherent 전송방식에 의한 單一모드 시스템의 가능성(아직은 순수 연구단계)을 낙관적으로 신중히 검토하고 있다. 반면에 美國, 日本에서는 coherent 通信方式에 대하여 비관적인 견해를 가지고 있다.

British Telecom의 單一모드 光纖維 케이블의 규격은 mode field diameter가 10.2 ± 1 μm 이고 遮斷波長은 1100~1280nm이다 특기할만한 것은 mode field 同心誤差가 0.5μm 이내로서 세계에서 가장 엄격한 부류에 속하는데, 이는 多重모드 光纖維 接統의 경우와 같이 cladding 외경맞춤에 의한 접속방식을 택하기 때문이다. 이와 같은 mode field의 直徑과 同心誤差의 公差내에서 발생할 수 있는 最大 接統損失은 각각 0.2dB이다. 中繼器간 標準距離는 30km, 區間의 전 케이블損失은 23dB를 기준으로 시

스택 설계를 하며, 한 中網區間내에서 각기 다른 製造業體의 光纖維끼리 접속되는 예는 없다.

BT의 研究分野중 독특한 분야는 coherent 通信方式이다. 이미 140Mb/s, 200km의 無中繼 伝送을 시범하였으나, 아직 光源으로서 單一縱 모드 He-Ne 레이저 또는 外部共振器에 의한 單一모드 LD를 사용하는 관계로 實驗室 段階에 머물러 있다. <表 4>에서 보는 바와 같이 coherent 通信方式의 매력은 높은 受信感度에 있다.

modulation	direct detn.	coherent optical detection			
		ASK		PSK	
		het.	homo.	het.	homo.
PFM	-45	(-50)	(-53)	-53	(-56)
140Mb/s	-45	(-56)	-59	-59	-62.4
565Mb/s	(-39)	(-50)	(-53)	(-53)	(-56)

<表 4> Receiver Sensitivities at 1500nm [dBm]

Coherent 光檢出方式은 크게 나누어 ASK와 PSK가 있고 각각 heterodyne과 homodyne 방식이 있는데 기술적인 조합에 따라 受信感度의 期待値가 다르다. 光学PLL등의 기술적으로 요구되는 난점이 있기는 하나, 가장 이상적인 조합으로서 PSK에 의한 homodyne 방식의 경우, 565Mb/s 변조시 受信感度에서 直接強度 檢出方式에 비해 17dB의 큰 추가 margin을 얻을 수 있다. <表 5>와 <表 6>의 budget에서 알 수 듯이, 최대 +5dBm 光出力 入射時에 光 케이블 損失과 코넥터 損失을 제외한 이용가능한 損失margin은 최대 61dB에 이른다. 즉 單一모드 光纖維를 사용한 coherent 通信方式을 短距離의 LAN에 사용하고자 하는 이유는 이처럼 큰 損失margin을 分岐(Splitting)에 응용하자는 것이다. 波長分割 多重化(WDM)의 측면에서도 현재 상용중인 간섭filter나 grating이 이론상으로도 100이하의 波長 選択度を 갖는데 비해, coherent 방식의 경우 이론적으로 10<sup>4</sup> 이상이다. 다만 기술적으로 해결해야 할 난제는 이 通信方式에 적합한 單一縱모드 LD가 商用化 되어야 하고 伝送路 및 수동 능동 광소자의 偏光特性이 임의로 조절되어야 한다. 또한 波長選択度, 入射 光과 위, 受信感度が 커짐에 따라 Raman crossstalk 등의 非線形 現象도 함께 연구되어야 한다.

modulation	available power budget for 0 dBm launch		assumed power budget range for ± 5dBm launch
	minimum	maximum	
PFM	45	56	} 40-67
140Mb/s	45	62	
565Mb/s	39	56	34-61

<表 5> Available Power Budget (dB)

Path Loss

cabled fiber loss, including splices (4 km at 0.5 dB/km)	2 dB
connector loss, including splices (2 at 2 dB each)	4 dB
path loss	6 dB

Available Loss

assumed optical budget range	40-67dB
less path loss	6 dB
loss available for network functions	36-61dB

Maximum Loss Available for Splitting is 61dB  
(assuming +5dBm launch)

<表 6> Optical Budget

IV. 国内 標準化 關聯

근간에 진행되고 있는 国内的 標準化作業과 關連하여 CCITT 勸告와 KETRI 標準規格案을 비교하여 언급하고자 한다(<表 3> 참조).

多重모드 光纖維의 경우 거의 모든 부분이 C-CITT 勸告 G.651과 일치하고 있으며 測定法의 상당부분이 현재 상용시험중인 KTA의 單波長 多重모드 光케이블의 規格과 유사하므로 標準化에 무리가 없다. 다만 接續損失에 큰 영향을 주는 NA는 CCITT 勸告에서 名目値가 0.18 ~ 0.24로 광범위하게 규정되어 있으므로 세계적으로 가장 頻度가 높은 0.21±0.02의 값으로 통일하였다. 한편, 單一모드 光纖維에 관해서는, <表 3>에서 볼 수 있듯이, CCITT는 현재 세계적으로 생산되는 光纖維의 성능을 무리없이 모두 포괄하는 선까지를 特性의 勸告値로서 규정하고 있을 뿐 아니라, 單一測定方式으로 확정 짓지 못한 부분이 있으므로 다음 회기동안 特性

勸告値의 범위가 축소되고 測定方式의 서열이 정해질 것이 분명하다. 따라서 현재의 CCITT 勸告를 그대로 納品規格으로 채택하는 것은 부적절한 것으로 판단된다. 損失의 경우, 單一모드의 広帶域伝送의 장점을 살리기 위해서는 損失이 多重모드보다 작아야 하며, 이론상으로도 dopant의 밀도가 낮으므로 더 작아질 수 있다.

그럼에도 불구하고 CCITT에서 등급의 구별 없이 1dB/km(多重모드 1등급은 0.8dB/km 이하)만으로 권고한 것은 이해관계가 엇갈리는 각국의 모임인 합의체로서의 CCITT의 성격때문일 것이다.

分散에서 CCITT 勸告値는 6ps/km·nm이하인데 이는 5nm의 線幅을 가진 LD를 사용할 경우 대략 15GHz·km의 帶域幅에 해당한다. 布設된 光케이블의 期待壽命(약40년)까지의 通信技術 進歩를 감안하여, ordinary LD를 사용한 미래의 1.5Gb/s급 통신을 하려 할 때, 현재의 CCITT 勸告는 미흡한 감이 있다. 더우기 현재의 製造 技術面에서 1285~1330nm 波長範圍 내의 3.5ps/km·nm는 전혀 무리가 없다.

Mode field diameter는 설계특성상 分散, 遮斷波長과 연계되어 있으며, 규격의 변화는 전체적인 설계변화를 요하므로 규격의 결정에 신중한 검토가 필요하다.

Mode field의 同心誤差는 국내에서 채택할 接統方式에 따라 規格値가 결정되어야 하는데, 가용 측정기 및 접속기의 제반 여건을 고려한다면 외경맞춤방식보다는 接統損失 monitor 방식

이 합리적일 것이며 따라서 2 $\mu$ m 이하가 적절하다.

遮斷波長의 경우, modal noise나 측정의 편의를 고려할 때 아직은 1280nm의 상한이 세계적으로 많이 통용되고 있으나, 추후 국내외의 시험결과를 토대로 상한을 더욱 長波長 쪽으로 변경하는 문제도 검토되어야 할 것이다.

測定方式에서는 원칙적으로 CCITT 勸告方式에 따랐으며 基準方式이 명확하고 쉬운것은 補助方式을 생략하였다.

## V. 結 論

国内 光通信 標準化와 때맞추어 CCITT XV 최종회의와 영국 광통신계를 참관한 결론적인 소감은 다음과 같다.

첫째, 光通信分野는 대단히 기술수명이 짧다. 현재의 신기술이 불과 1~2년 이내에 쓸모없는 기술이 되고 만다. 따라서 技術動向의 予測, 선별적이며 과감한, 그리고 신속한 투자와 빈틈 없는 정보수집이 무엇보다 중요하다.

둘째, CCITT등 세계적 標準機關에서도測定方式의 標準化가 單一方式으로 확정짓지 못하여 측정기 제조자, 광케이블의 공급자와 수요자들이 애로가 많다. 엄격한 試驗檢査만이 해결책이 될 수 없으며, 서로 신뢰를 가지고 연구 협력하는 풍토조성을 위한 정책적인 배려가 요청된다.