

광섬유 절단면에 따라 융착접속시 발생하는 손실특성에 관한 연구

정희원 이병규*, 박홍석**, 최병도***, 김문수****

A study on the Properties of the Loss occurring in Fusion-Splice According to the Optical Fiber End Face Defects

Byung-Gyoo Lee*, Hong-Seok Park**, Byung-Do Choi***, Moon-soo Kim****

Regular Members

요 약

통신의 연속적인 경로를 구성하기 위하여 광케이블의 상호접속점이 존재한다. 광섬유를 접속하는 과정에서, 두 광섬유 코어의 중심 축이 일치하지 않아 광 손실이 발생하게 되는데, 본 논문에서는 광섬유의 절단면의 형태에 따라 score, lip, roll off, chip, end angle, valley 모양으로 분류하고, 그 손실관계를 비교 분석하여, 광섬유의 절단면 불량으로 인한 재접속을 줄이기 위하여 불량여부를 쉽게 판정할 수 있는 융착접속 화면 개선 모델과 절단면의 형태별 접속허용 판정기준을 제시하였다.

ABSTRACT

There's a mutual connection point to construct a continuous path of communication. In the process of connecting optical fibers, we have the optical fiber defect for discordance with the central axis of two optical fiber cores. So, in the paper, we have classified it with shapes of score, lip, roll off, chip, end angle and valley according to the amputated surface of optical fiber then have made a analysis and comparison between the losses. Additionally, to reduce the number of times in the connection because of badness on the amputated surface, we have proposed the criterion of the enhanced screen model of the fusion splicer that make the badness easily and the connection-toleration classified according to the amputated surface.

I. 서론

광통신 시스템은 지금까지는 주로 국간 및 장거리 전송 분야에 많이 사용하였으나, 초고속 정보통신의 발달로 최근에는 가입자 선로 구간에도 많이 사용되고 있다.

광통신은 정보전달의 속도를 향상시키기 위한 유일한 유선통신 수단으로서 이제는 파장다중전송방식에 입각한 WDM(Wavelength Division Multiplexing)

전송시스템을 기간 전송망에 적용하기에 이르렀다. 가까운 미래에는 WDM과 OTDM(Optical Time Division Multiplexing)의 특징을 이용한 전광 전달망이 실용화될 전망이며, 앞으로는 광교환과 신호처리까지 광화되는 전광통신망이 도입될 전망이다^[1].

그 동안의 광전송 기술은 주로 1.3 μ m 파장대의 신호를 이용하였으나, 최근에는 1.5 μ m 파장대가 실리카 유리 광섬유의 가장 낮은 손실 파장이고 아울러 이 파장대에서 고속 대용량 광신호 증폭기로 용

* 부경대학교 대학원 전자공학과(bklee@kt.co.kr)

** 한국통신 김해연수원(ktpark@kt.co.kr)

*** 한국통신 부산전화국(hyodo@kt.co.kr)

**** 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부(msk@pknu.ac.kr)

논문번호 : 00324-0816, 접수일자 : 2000년 8월 16일

용성이 뛰어난 어븀이 첨가된 광섬유 증폭기(Erbium doped fiber amplifier) 기술이 급속히 발전하여 이 파장대를 이용한 광전송 기술이 많이 사용되고 있다^[2]. 요즘 가장 많이 사용하고 있는 광섬유는 석영계 광섬유를 기준으로 하는 장파장 단일모드(Single Mode)로서 파장은 1.5 μm 이며 빛이 전달되는 통로인 코어의 직경은 9~10 μm 이다. 광통신의 가장 큰 장점 중의 하나는 저손실, 광대역 전송으로 광케이블의 최저 손실치는 1.5 μm 파장을 사용하였을 경우 km당 약 0.18dB 이며, 현재 사용중인 2.5Gbps 광통신 시스템의 경우 1.5 μm 파장을 사용하고 있으며, 64kbps 음성채널로 약 30,000회선의 구성이 가능하다^[3].

광통신 시스템 구성에 있어서 가장 큰 제한요소는 광섬유의 고유손실과 광섬유간의 접속손실이며, 고유손실은 제조기술의 발달로 많이 감소하였으므로 접속손실이 시스템의 성능을 결정짓는 중요한 요소로 대두되었다.

본 연구에서는 광섬유 절단불량으로 인한 재접속의 어려움을 줄이기 위하여, 접속 전에 접속여부를 결정하기 위한 절단면의 손상 형태와 접속손실의 관계를 분석하고, 광섬유의 접속여부를 판가름할 수 있는 접속손실 기준과 판정방법을 제시하고자 한다. 절단 및 접속방법은 현재 광섬유간 접속에 가장 많이 사용하고 있는 용착 접속을 기준으로 하였으며, 접속손실 측정은 OTDR(Optical Time Domain Reflectometer)를 사용하였다.

본 논문의 2장에서는 광케이블의 접속손실 특성, 광섬유 절단면 손상의 종류, 3장에서는 실험을 통해 2장의 광섬유 절단면 손상의 형태를 분석비교하여, 실험결과를 모형별로 접속허용 판정기준을 제시하고, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

II. 광섬유의 접속손실 특성

1. 광섬유의 접속손실

광섬유를 접속하는 과정에서 접속작업에 의한 불량과 parameter의 차이에 의한 접속불량이 접속손실의 발생요인이 된다. 여기서 parameter의 차이에 기인한 접속불량은 광섬유 제작시 해결해야 하는 문제이나, 접속작업에 의한 손실이 대단히 중요한 문제이다. 그러므로 광섬유의 절단을 잘못하여 광섬유 절단면이 손상을 입었을 경우에 광섬유 상호 접속 모형은 그림 2-1과 같이 여러 가지 불안정한 접속 형태로 나타난다^[4].

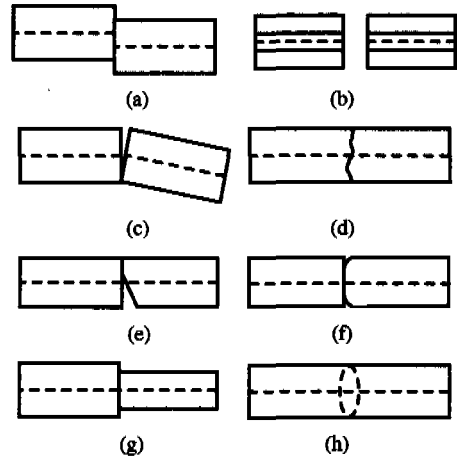


그림 2-1. 광섬유 절단면 파손형태에 따른 접속 모형

- (a) 축 어긋남 (b) 밀착정도 (c) 각 어긋남
- (d) 거친 절단면 (e) 절단면 기울기
- (f) 절단면 구면화 (g) 코어 직경 다름
- (h) 비굴절률차 다름

그림 2-1(a)의 경우 축이 어긋나서 양 코어의 면적비가 달라지므로 코어 직경이 큰 쪽의 접속손실이 작으며 축 어긋남이 클수록 접속손실이 증가하게 된다. 그림 2-1(b)는 심선 사이가 벌어져서 접속손실을 초래하는 것으로 광 코어, 클래드 및 공기의 굴절률이 n_1, n_2, n_3 로 각각 다르기 때문에 경계면에서 Fresnel 반사손실이 발생한다. 축 어긋남에 비하여 영향은 적은 편이며 일반적으로 밀착정도에 따른 광손실이 나타난다. 그림 2-1(c)는 각 어긋남(angular misalignment)에 의하여 접속손실이 발생한 것으로, 광섬유간 접속에 있어 두 광섬유가 완전히 수평으로 접속되지 않고 약간의 접속 각도가 존재하는 경우 광손실이 발생하게 된다. 그림 2-1(d)는 절단면의 불안정성으로 절단면이 경사졌거나 절단면에 요철이 있거나 절단면에 흠 등이 있을 때이며 접속손실이 발생하게 된다.

그림 2-1(e)는 절단면의 기울기로서 접속손실은 커진다. 그림 2-1(f)는 절단면 구면화의 접속된 상태로 접속손실이 생긴다.

그림 2-1(g)와 그림 2-1(h)는 parameter의 차이로 발생하는데 코어의 직경이나 비굴절률차로 인하여 접속손실이 발생하게 된다.

광섬유 절단면 손상의 원인과 종류를 살펴보면 stripping에 의한 광섬유 절단면 손상과 cleaving에 의한 광섬유의 절단면 손상으로 나눌 수 있다.

광섬유 접속을 위한 단면 절단에 앞서 stripping이 광섬유 상호 접속점에 미치는 영향을 살펴보면

광섬유의 파손, 광섬유 절단면의 균열로 인한 강도 저하 그리고 광섬유 절단면의 이물질로 인한 광섬유 노화 현상 등이 있다. 더구나 이러한 광섬유 절단면의 결함들이 접속자(또는 보강제) 내부에 존재하게 될 때에는 광섬유 접속 지점의 수명 단축을 더욱 빨라지게 하는 원인이 된다.

2. cleaving에 의한 광섬유 절단면 손상의 원인
cleaving 공구를 사용하여 광섬유를 절단할 경우 cleaving cutter에 의해 광섬유 절단면의 손상은 필연적으로 발생하게 되며, 그림 2-2는 전형적으로 일어나는 광섬유 절단면 손상 형태를 나타낸 것이다.

cleaving할 경우 광섬유 절단면의 손상 발생은 cleaving cutter가 광섬유에 가하는 힘과 관계가 있다. 일반적으로 cutter의 속도가 빠를 때에는 광섬유에 가하여 주는 힘이 커져 cutter가 닿는 부근에서 발생하는 score 부분이 넓어져서 접속 손실에 영향을 줄 수 있다. 반대로 cutter의 속도가 늦을 때에는 광섬유에 힘이 약하게 가해져서 미절단이나 광섬유가 완벽하게 절단되지 않고 cutter가 닿는 반대 부분(hackle)으로 끝 부분이 휘어지거나 파손되는 경우가 발생한다. 이 부분에 발생하는 파손의 모양과 크기에 따라 광섬유 접속시 재절단 여부를 판단할 수 있다.

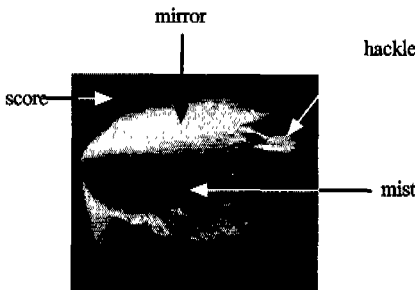


그림 2-2. 전형적인 광섬유 절단면

mirror 부분은 접속할 때 접속손실에 영향을 주는 부분이며, 이 부분의 크기에 따라 접속 손실이 좌우된다. 물론 좋은 성능의 cutter는 이 부분이 넓고 평평할 것이며, 최소한 코어 부분은 이러한 부분으로 존재하여야 한다. 따라서 광섬유 절단기의 선택이나 제조에 있어서 cleaving cutter의 적절한 속도, 강도 및 충격은 cleaving 공구의 핵심적 문제인 것이다.

3. 광섬유 절단면 손상(defect)의 종류

광섬유 절단 공구에 의하여 발생할 수 있는 절단

된 광섬유 절단면 손상의 모형을 여러 형태로 분류하였다¹⁾. 광학 현미경으로 측정된 광섬유 절단면 손상의 종류와 형태는 그림 2-3과 같다.

3.1. score 모형

광섬유 절단시 cutter가 광섬유에 닿는 부분에 발생하며, 보통 매우 작은 부분이지만 공구의 불량에 의하여 넓어질 경우 문제가 된다. 광학 현미경으로 본 절단면은 그림 2-3(a)와 같다. 화살표 부분이 cutter가 닿은 곳이며, 반대편 부분이 평평한 절단면이다.

3.2. lip 모형

보통 score의 반대 부분에서 발생하며, cutter의 힘이 작을 때 발생한다. 융착 접속일 경우 손상이 크면 광섬유 상호 뒤틀림의 원인이 될 수 있고 광섬유 사이의 간격이 존재할 수 있다. 광섬유의 끝 부분이 완벽하게 절단되지 않고 곡선 모양으로 휘어져 있다. 이러한 부분이 발생하면 접속이 어려우므로 재절단을 해야한다. 광학 현미경으로 본 절단면은 그림 2-3(b)와 같다. 화살표 부분이 위로 뾰족하게 올라간 곳이며, 반대편 무늬가 넓은 부분이 평평한 절단면이다.

3.3. roll off 모형

score의 반대 부분에서 발생하며, 절단시 cutter의 힘이 작을 때 발생한다. lip의 반대 모형으로 둥글게 절단된 형태이며, 이 결함 역시 뒤틀림의 원인 될 수 있다. 이러한 결함 상태 하에서 광섬유를 접속할 경우에 비록 초기의 광특성이 우수하더라도 시간의 경과에 따라 손실 증가나 파손의 원인이 될 수 있다. 따라서 손상이 큰 경우 재절단을 해야하며, 광학 현미경으로 본 절단면은 그림 2-3(c)와 같다. 화살표 부분이 둥글게 잘려간 부분이며, 반대편 무늬가 넓은 부분이 평평한 절단면이다.

3.4. chip 모형

roll off와 같은 원인으로 발생하며, roll off의 모형이 곡선이라면 chip은 부분적인 파손의 형태로 나타난다. roll off의 특성과 비슷하며, 광학 현미경으로 본 절단면은 그림 2-3(d)와 같다. 화살표 부분이 깨어져 나간 부분이며, 반대편 무늬가 넓은 부분이 평평한 절단면이다.

3.5. spiral 모형

cutter의 힘이 광섬유에 과다하게 가하여 진 경우,

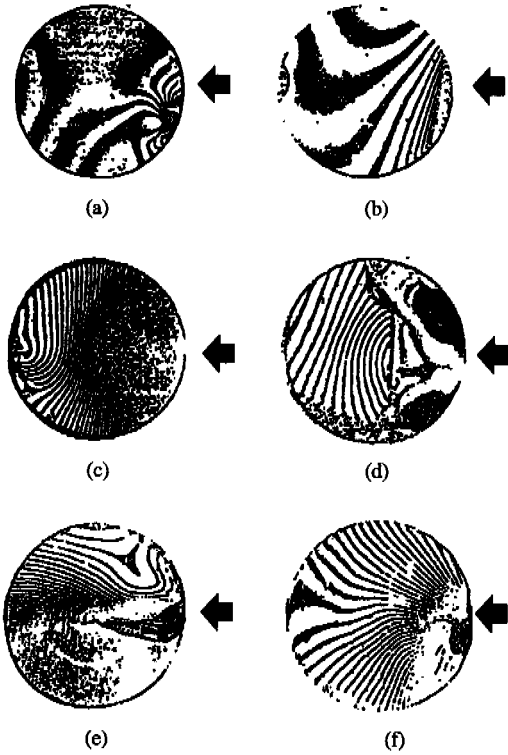


그림 2-3. 광섬유 절단면 손상 형태에 따른 종류
 (a) score (b) lip (c) roll off
 (d) chip (e) spiral (f) step

cutter의 날이 무딘 경우 또는 광섬유 자체에 결함이 있을 경우 발생하는 것으로 균열이 부채꼴 형태로 나타난다. 광학 현미경으로 본 절단면은 그림 2-3(e)와 같으며 화살표 부분이 cutter가 닿은 곳이다. 이러한 상태에서 접속을 하게 되면 노화가 급속하게 진행되어서 장기 신뢰성에서 크게 문제가 된다.

3.6. step 모형

cutter가 광섬유에 많은 충격을 줄 때, 광섬유의 절단면이 계단 모양의 형태를 갖는다. spiral이 일어나는 원인과 비슷하며, 광학 현미경으로 본 절단면은 그림 2-6(f)와 같다. 화살표 부분이 cutter가 닿은 곳이다.

3.7. end angle 모형

광섬유의 절단면이 경사지게 절단된 형태이며, 이 경우 접속하였을 때 커다란 손실을 줄 수 있다.

3.8. valley 모형

광섬유의 절단면이 계곡과 같이 우묵하게 절단된

형태이며, 손상이 많은 경우에 접속을 하면 접속지점에 공기방울(bubble)이 발생하여 접속손실이 많아진다.

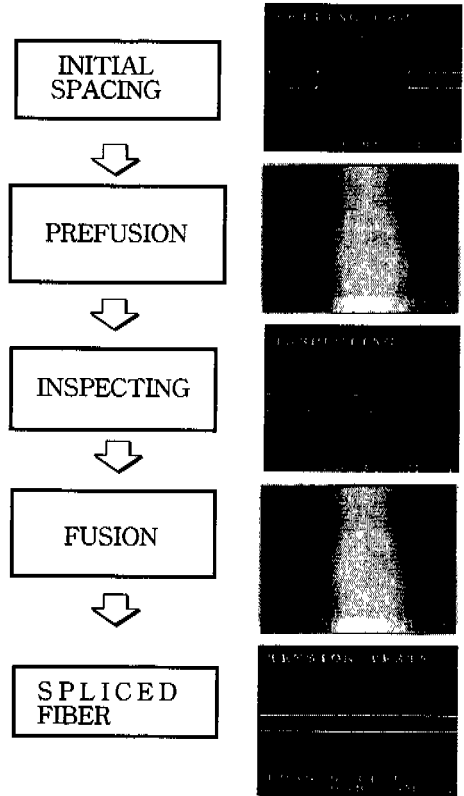


그림 2-4. 용착 접속의 접속순서

4. 광섬유 접속

용착 접속은 광섬유를 접속하는데 전기적 아크를 사용한다. 0.15dB 이하의 저손실을 유도하기 위하여 광섬유의 정렬에 컴퓨터를 이용하는 매우 복잡한 절차를 거쳐야 하며, 이로 인해 고가의 설비장비를 갖추어야 하는 단점을 지니고 있다. 하지만 광섬유를 융합함으로써 이론적으로 궤환손실이 발생되지 않는다는 이점이 있어 저손실이 요구되는 응용분야에 이용되고 있다. 현재 광선로 구간의 접속은 대부분은 용착 접속을 사용하고 있으므로 본 논문의 실험에서도 용착 접속을 기준으로 하였으며 그 접속 순서는 그림 2-4과 같다⁵⁾.

III. 실험 및 고찰

1. 실험 환경 분석

본 연구를 위하여 사용한 광섬유의 재료 및 장비는 그림 3-1과 같다.

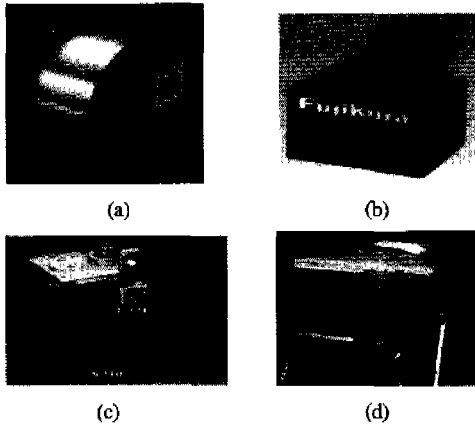


그림 3-1. 광섬유 장비 및 재료

- (a) 단일모드 의사 광선로(dummy fiber)
- (b) S174 용착 접속기
- (c) S310(수동), S321(반자동) cutter
- (d) OTDR 6500 광 접속손실 측정기

그림 3-2와 같이 광선로를 구성하였다. 또한 실험에 사용한 용착 접속기는 광섬유의 접속에서 많이 이용되는 S174(일본 FUJIKURA)를 사용하였으며, 광섬유의 절단을 위한 cutter로는 S310(수동 절단기)과 성능이 개선된 S321(반자동 절단기)을 많이 사용하며, 실험에서는 두 가지를 모두 사용하였다. 한편 광섬유의 접속상태를 측정하기 위한 측정장비인 OTDR은 우리나라의 광통신 시스템의 운영에서 많이 사용되는 MODEL6500을 사용하여 광섬유의 접속손실을 측정하였다.

이러한 실험 재료를 기반으로 그림 3-2와 같이 실험 환경을 구성하여 광섬유의 절단, 접속 및 측정 절차를 수행하였으며, 실험을 위하여 광선로 구성은 선로 현장과 동일한 형태로 구성되었다^[6].

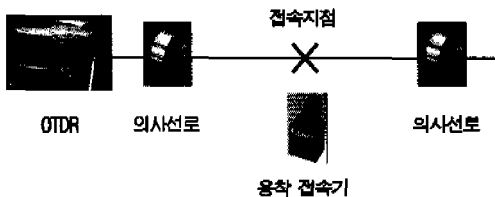


그림 3-2. 용착 접속손실 실험을 위한 광선로구성도

표 3-1. 절단면 형태에 따른 실험 표본

분류	score	lip	roll off	chip	end angle	valley	총계
개수	30	30	30	30	30	30	180

실험 표본은 수직으로 양호하게 절단된 표본은 제외하고 손상된 180개의 표본에 대하여 표 3-1과 같이 6개로 분류하여 분석하였다. 절단면의 형태에 따른 접속손실을 분석하기 위하여 그림 3-3과 같은 순서로 실험하였다.

2. 실험에 사용된 단일모드 의사 광선로의 광학적 특성

현재 우리나라에서 사용하고 있는 장파장 단일모드 광섬유 특성은 표 3-2과 같다^{[5][7]}.

표 3-2. 장파장 단일모드 광섬유의 광학적 특성

항 목		규 격 치
손실계수	1,310nm	0.40dB/km 이하
	1,550nm	0.25dB/km 이하
모드필드 직경		9.5 μ m \pm 8%
클래딩 직경		125 \pm 2 μ m
외 경	단일코팅형	245 \pm 20 μ m
	이중코팅형	900 \pm 100 μ m

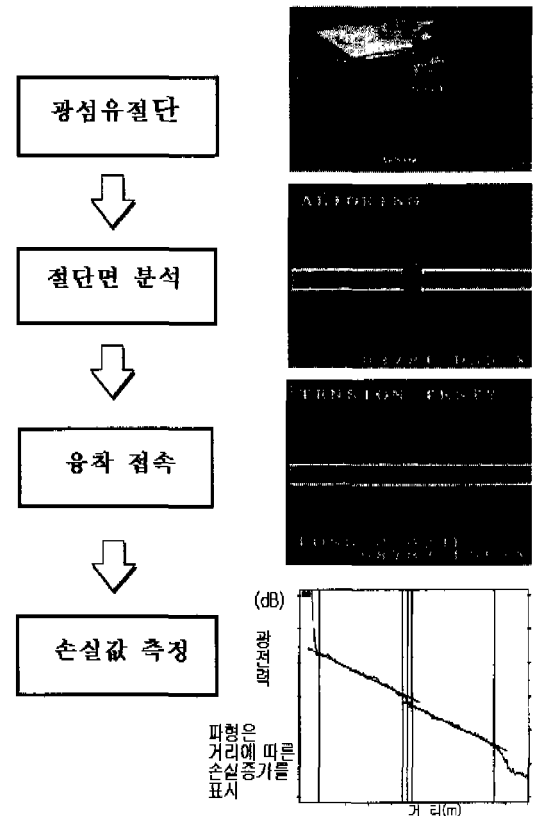


그림 3-3. 실험 진행 순서

2. 실험결과 분석

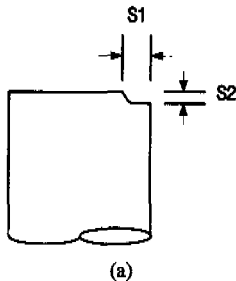
광섬유의 상호 접속에 있어서 광섬유 절단면의 형태는 광선로 구간의 접속손실과 접속점 강도에 중요한 영향을 미칠 수 있음을 실험을 통하여 알 수 있다. 이를 그림 3-4, 그림 3-6, 그림 3-8, 그림 3-10, 그림 3-12, 그림 3-14의 순서에 의한 광섬유 절단면과 접속손실의 관계를 비교, 분석하였다.

참고로 접속손실 분석시 그래프의 도출은 용착접속기의 액정표시판에 나타난 절단면 형태의 모형을 확대하여 간접측정함으로써 오차가 있음을 밝힌다.

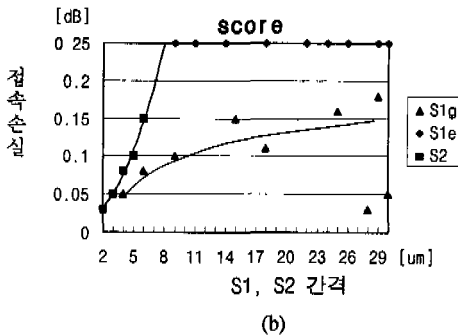
2.1. score 절단면 접속손실 분석

score 절단면인 경우 S1, S2 간격에 따른 접속손실의 분포는 그림 3-4와 같다. S1g는 S1 간격으로 접속된 경우(good)이며, S1 간격이 길어도 접속손실 한계치인 0.15dB를 넘지 않는 경우도 있다.

S1e는 S1 간격으로 접속되지 않은 경우(error)이며, S1 간격에 관계없이 용착 접속기에서 접속을 허용하지 않은 상태이다. 접속손실 0.25dB 이상은 splice error(접속 어려) 또는 cleave(재절단 요구)를 의미한다. S2는 간격이 6 μ m 이하인 경우에만 접속손실 한계치인 0.15dB를 만족한다. 따라서 score 절단면인 경우는 S1 간격보다 S2 간격에 따라서 영향을 많이 받으며, 접속손실 한계치는 S1은 20 μ m, S2는 6 μ m 이하임을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 3-4. score 절단면과 접속손실 분포
(a) score 모형 (b) S1, S2 간격과 접속손실

용착 접속기의 score 절단면 형태는 그림 3-5와 같다. (a)화면은 접속손실이 접속 허용 기준치 이내인 절단면이며, (b)화면은 접속손실이 접속 허용 기준치를 초과한 절단면이다. 왼쪽 허용 기준치 이내인 절단면인 경우 S1은 30 μ m이지만 그림 3-4와 같이 접속손실이 0.05dB를 나타낸 경우이며, S2는 3 μ m로서 허용 기준치보다 작은 경우이다. 오른쪽 허용 기준치를 초과한 절단면인 경우 S1, S2 모두 허용 기준치를 초과한 경우이다. 화면 하단에 표시된 CLEAVE(L)는 왼쪽 절단면이 불량하여 재절단을 요구하는 표시이다.

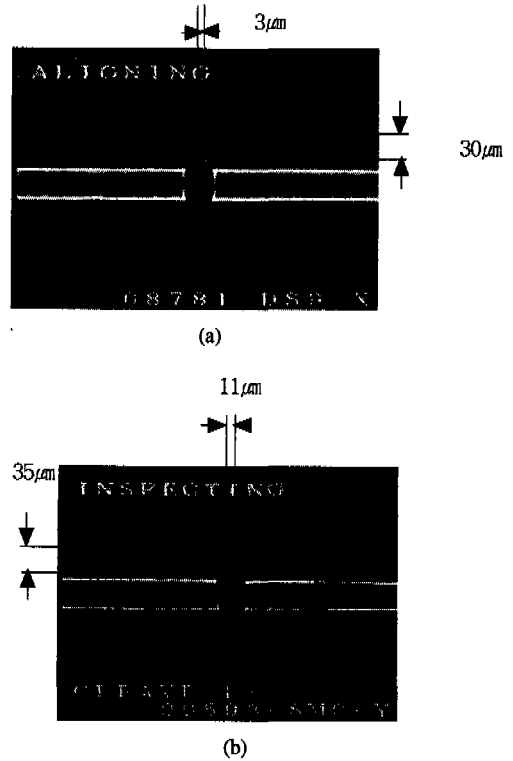


그림 3-5. score 절단면인 경우 용착 접속기 화면

- (a) 허용 기준치 이내 절단면
- (b) 허용 기준치 초과 절단면

2.2. lip 절단면 접속손실 분석

lip인 경우 그림 3-6과 같이 L1, L2의 길이에 관계없이 용착 접속기에서 모두 접속을 거부한 cleave 상태이므로 재 절단을 하여야 한다. 접속손실 0.25dB 이상은 용착 접속기에서 모두 접속을 거부한 상태를 의미한다. 용착 접속기의 lip 절단면 형태는 그림 3-7과 같으며, 양쪽 모두 불량인 상태이다.

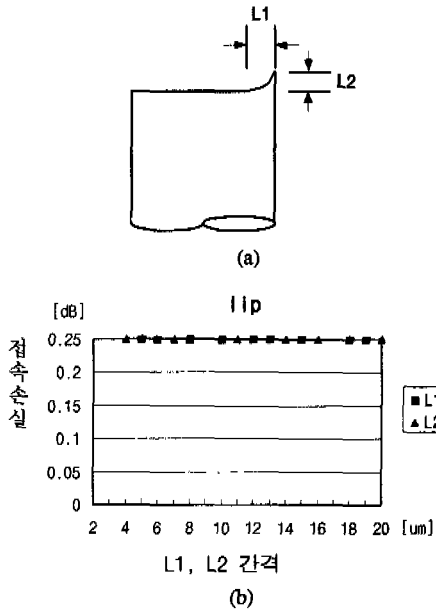


그림 3-6. lip 절단면과 접속손실 분포
(a) lip 모형 (b) L1, L2 간격과 접속손실

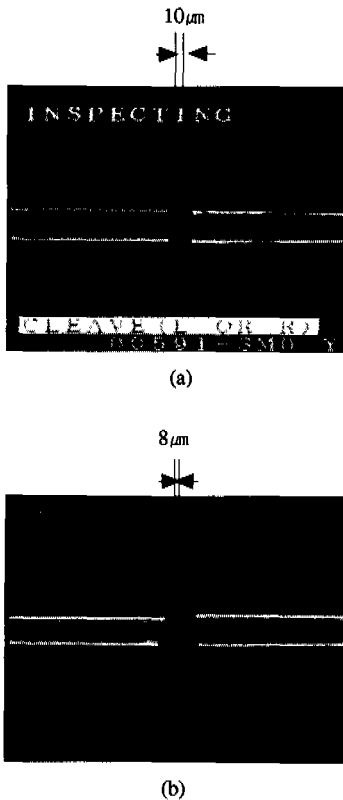


그림 3-7. lip 절단면인 경우 융착 접속기 화면
(a) L2 간격이 $10\mu m$ 인 절단면
(b) L2 간격이 $8\mu m$ 인 절단면

2.3. roll off 절단면 접속손실 분석
roll off인 경우는 그림 3-8과 같이 R의 길이에 따라서 접속손실이 결정되며, 접속손실 한계치인 0.15dB는 $15\mu m$ 이하임을 알 수 있다. 접속손실 0.25dB는 splice error 또는 cleave를 의미하며 재접속을 하여야 한다. 절단면 형태는 그림 3-9와 같다.

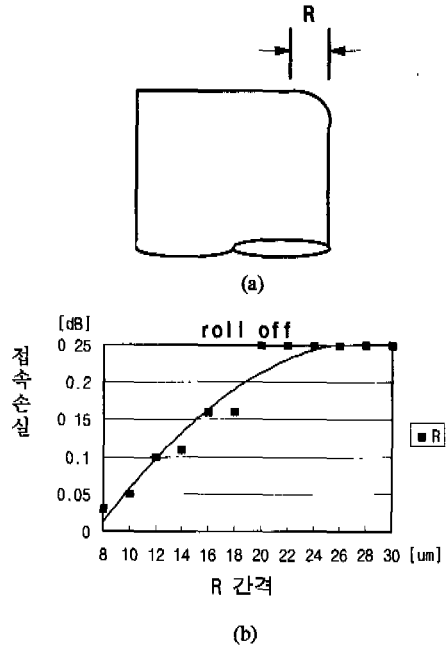
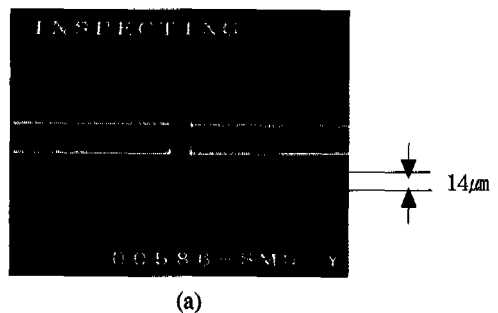
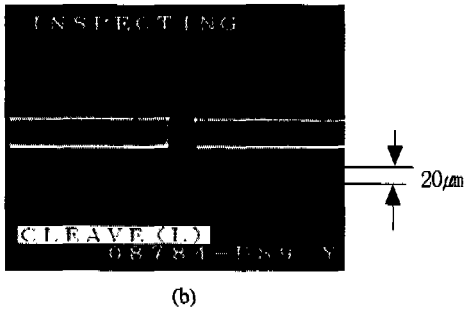


그림 3-8. roll off 절단면과 접속손실의 분포
(a) roll off 모형 (b) R 간격과 접속손실

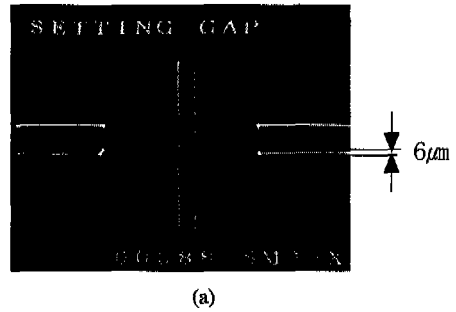
그림 3-9(a)는 허용 기준치 이내인 절단면으로 $14\mu m$ 이며, 접속손실은 그림 3-8에서처럼 0.11dB이다. 그림 3-9(b)는 허용 기준치를 초과한 절단면으로 기준치 $15\mu m$ 를 초과한 경우이며, 화면 하단에 표시된 CLEAVE(L)는 왼쪽 절단면의 재절단을 요구하는 표시이다.



(a)



(b)



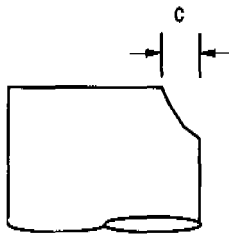
(a)

그림 3-9. roll off 절단면인 경우 용착 접속기 화면

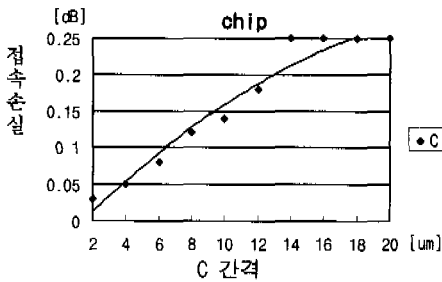
- (a) 허용 기준치 이내 절단면
- (b) 허용 기준치 초과 절단면

2.4. chip 절단면 접속손실 분석

chip인 경우 그림 3-10과 같이 C의 길이에 따라서 접속손실이 결정되며 10 μ m 이하가 접속손실 한계치임을 알 수 있다. 접속손실 0.25dB 이상은 splice error 또는 cleave를 의미하며 재절단을 하여야 한다. 절단면 형태는 그림 3-11과 같다.



(a)

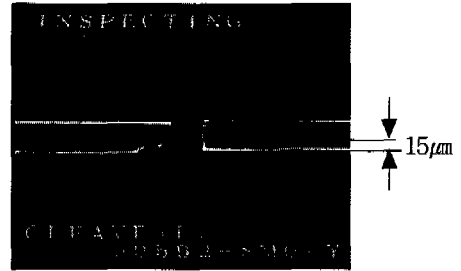


(b)

그림 3-10. chip 절단면과 접속손실의 분포

- (a) chip 모형 (b) C 간격과 접속손실

그림 3-11(a)는 허용 기준치 이내인 절단면으로 6 μ m이며, 접속손실은 그림 3-10에서처럼 0.08dB이다. 그림 3-11(b)는 허용 기준치를 초과한 절단면으로 기준치 10 μ m를 초과한 15 μ m인 경우로서, 화면 하단에 표시된 CLEAVE(L OR R)는 왼쪽, 오른쪽 절단면 모두 재절단을 요구하는 표시이다.



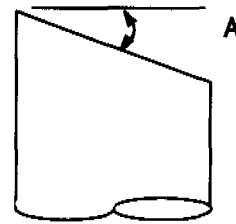
(b)

그림 3-11. chip 절단면인 경우 용착 접속기 화면

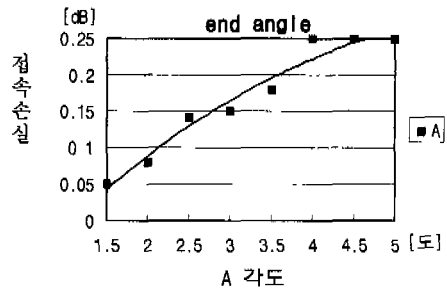
- (a) 허용 기준치 이내 절단면
- (b) 허용 기준치 초과 절단면

2.5. end angle 절단면 접속손실 분석

end angle인 경우 그림 3-12와 같이 A의 각도에 따라서 접속손실이 결정되며 3 $^{\circ}$ 이하가 접속손실 한계치임을 알 수 있다. 접속손실 0.25dB 이상은 splice error, cleave 또는 edge not found를 의미하며 재접속을 하여야 한다.



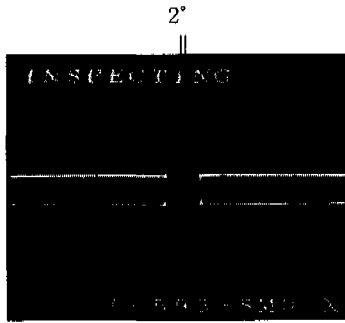
(a)



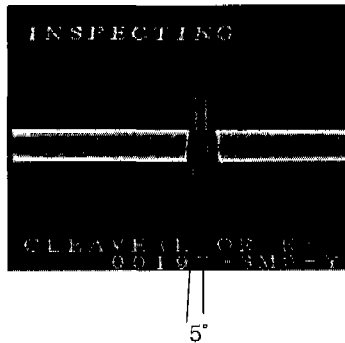
(b)

그림 3-12. end angle 절단면과 접속손실의 분포

- (a) end angle 모형 (b) A 각도와 접속손실



(a)



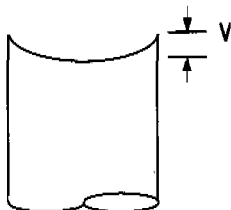
(b)

그림 3-13. end angle 절단면인 경우 융착 접속기 화면

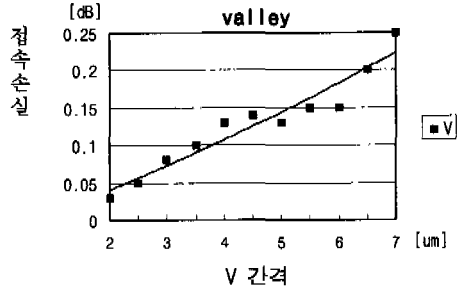
- (a) 허용 기준치 이내 절단면
- (b) 허용 기준치 초과 절단면

절단면 형태는 그림 3-13과 같다. 그림 3-13(a)는 허용 기준치 이내인 절단면으로 2°이며, 접속손실은 그림 3-12에서처럼 0.08dB이다. 그림 3-13(b)는 허용 기준치를 초과한 절단면으로 기준치 3°를 초과한 5°인 경우로서, 화면 하단에 표시된 CLEAVE(L OR R)는 왼쪽, 오른쪽 절단면 모두 재절단을 요구하는 표시이다.

EDGE NOT FOUND 표시가 나타날 경우는 융착 접속기가 접속하기 전에 광섬유를 정렬할 때 양쪽 절단면 끝 부분 중 하나 또는 두 개 모두를 발견하지 못한 경우이며, 절단면이 많이 손상된 경우로서 재절단을 하여야 한다.



(a)



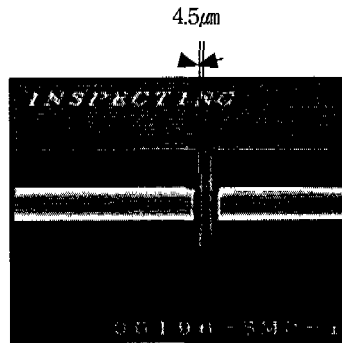
(b)

그림 3-14. valley 절단면과 접속손실의 분포

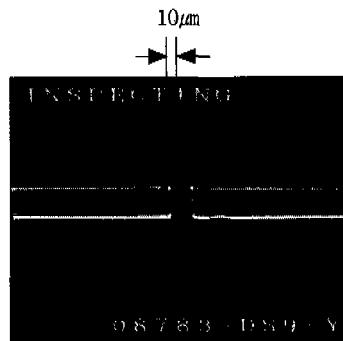
(a) valley 모형 (b) V 간격과 접속손실

2.6. valley 절단면과 접속손실 분석

valley인 경우 그림 3-14와 같이 V의 길이에 따라서 접속손실이 결정되며 6μm 이하가 접속손실 한계치 임을 알 수 있다. 접속손실 0.25dB 이상은 splice error, cleave 또는 edge not found를 의미하며 재절단을 하여야 한다. 절단면 형태는 그림 3-15와 같다. 그림 3-15(a)는 허용 기준치 이내인 절단



(a)



(b)

그림 3-15. valley 절단면인 경우 융착 접속기 화면

- (a) 허용 기준치 이내 절단면
- (b) 허용 기준치 초과 절단면

면으로 6 μ m이며, 접속손실은 그림 3-14에서처럼 0.14dB이다. 그림 3-15(b)는 허용 기준치 초과한 절단면으로 기준치 6 μ m를 초과한 10 μ m인 경우로서 재절단을 하여야 한다.

3. 고찰

접속손실은 0.15dB를 기준으로 하였고, 실험 결과를 통해서 고찰해 보면 다음과 같이 광섬유 접속을 위한 절단면의 기준치를 설정할 수 있다.

첫째 score인 경우 S1 보다 S2의 영향을 많이 받는다. S1은 30 μ m까지 접속은 허용되지만 접속 허용 기준치는 평균 20 μ m 이하이다. 또한 S2는 6 μ m 이상이면 용착 접속기에서 접속을 허용하지 않는다.

따라서 접속 허용 기준치는 S2를 기준으로 6 μ m 이하이다. 둘째로 lip이 생기면 용착 접속기는 접속을 허용하지 않는다. CLEAVE 또는 EDGE NOT FOUND 메시지가 나타나며 다시 절단하여야 한다.

다음으로 roll off가 생긴 경우에는 18 μ m까지 접속은 허용되지만 실험 결과를 통해 볼 때 접속허용 기준치는 15 μ m 이하이다. chip인 경우 용착 접속기에 의한 접속은 12 μ m 까지 허용되지만 접속허용 기준치는 10 μ m 이하이다. end angle인 경우 3.5° 까지 접속은 허용되지만 접속허용 기준치는 3° 이하이다. valley는 6.5 μ m까지 접속은 허용되지만 접속허용 기준치는 6 μ m 이하이다. 이러한 실험 결과를 종합하여 접속 허용을 위한 판정기준을 표 3-3에 나타내었다.

3.1. 접속 허용을 위한 판정기준

표 3-3의 실험 결과를 토대로 하여, 그림 3-16과 같이 절단면과 접속 판정 기준을 프로그램화하면 불량접속으로 인한 광섬유의 재절단을 방지할 수 있다.

그림 3-16은 용착 접속기 화면을 확대한 것으로 접게 보이는 125 μ m 부분이 클래딩이며, 중앙 9.5 μ m 부분이 코어를 나타낸다. 이 부분에 가로 10 μ m, 세로 6 μ m의 바둑판 모양의 간격을 구성한다. 이때 이 바둑판 모양의 간격은 오른쪽, 왼쪽 각 절단면에 독립적으로 움직이도록 하며, 반드시 절단면 끝 부분에 위치하도록 프로그램 되어야 한다.

이 간격의 가로는 score 1(20 μ m), roll off(15 μ m), chip(10 μ m)을 판정하는 기준이며, 세로는 score 2(6 μ m), lip(0 μ m), end angle(3°), valley(6 μ m)을 판정하는 기준이다. score인 경우 가로측으로 2칸(20 μ m), 세로측으로 1칸(6 μ m)을 벗어나면 접속을 하지 않아야 한다. lip인 경우는 용착 접속기에서 모두 접속을 허용하지 않으며, roll off는 가로측으로 1.5칸(15

μ m), chip인 경우 가로측으로 1칸(10 μ m)을 벗어나면 접속을 하지 않아야 한다. end angle인 경우는 절단면 끝 부분의 긴 사각형 제일 위 한쪽 모서리에서 가장 아래쪽 반대편 모서리의 대각선이 수직선을 기준으로 하여 약 3° 이므로 그 각도를 벗어나면 접속을 하지 않아야 한다.

표 3-3. 접속 허용을 위한 판정기준

손상 종류	판정 기준치	비고
score	20 μ m (S1) 이하	용착 접속손실 0.15[dB] 기준
	6 μ m (S2) 이하	
lip	0 μ m 이하	
roll off	15 μ m 이하	
chip	10 μ m 이하	
end angle	3° 이하	
valley	6 μ m 이하	

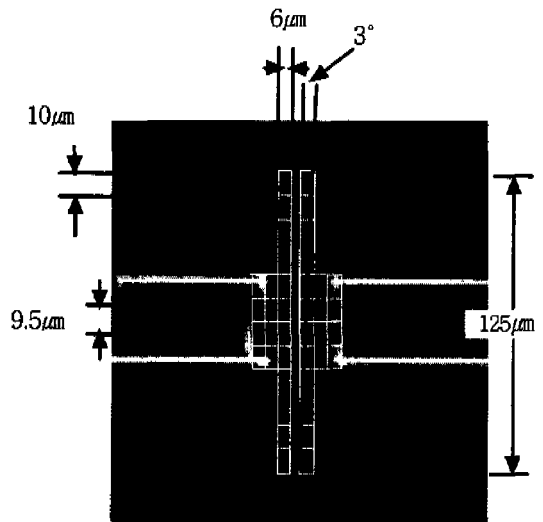


그림 3-16. 절단면과 접속 판정 기준

valley인 경우는 세로측으로 1칸(6 μ m)를 벗어나지 않아야 한다. 그림 3-16의 왼쪽 절단면은 valley 모형의 용착 접속기 화면이며, 세로측으로 1.5칸 정도 이므로 약 9 μ m 정도 오목하게 절단된 형태이다. 그 결과 valley 판정 기준치(6 μ m) 보다 손상이 많으므로 재절단을 하여야 한다. 오른쪽 절단면은 양쪽 모서리가 roll off 모형이지만 1칸 정도(10 μ m)이므로 기준치 15 μ m 이하이다. 따라서 오른쪽 절단면은 양호한 상태이다. 위와 같은 방법을 사용하면 광섬유를 접속하기 전에 접속 여부를 판정할 수 있기 때문에 절단면 불량으로 인한 재접속을 줄일 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 광섬유의 절단면 불량으로 인한 재접속을 줄이기 위하여 절단된 광섬유 끝단에서의 여러 가지 형태의 광섬유를 융착접속하여 접속손실을 비교분석하였다

실험 분석결과 클래딩 125 μ m, 코아 9.5 μ m에서 Score인 경우 접속허용기준치(S1) 20 μ m, (S2) 6 μ m, lip 0 μ m, roll off 15 μ m, chip 10 μ m, end angle 3 $^\circ$, valley 6 μ m 이하가 되어야 불량하게 절단된 광섬유들 때문에 발생하는 융착접속 오차를 줄일 수 있다.

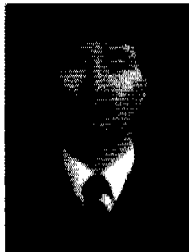
따라서 좌우간격이 절단면에 자동적으로 움직여 절단면 끝 부분에 위치하도록 접속허용 판정기준을 프로그램화하는 연구가 계속 되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 채창준, "WDM 전송기술의 현황과 전망," 경영과 기술, 통권98호, pp. 82~85, Sep. 1997.
- [2] 김경현, 이학규, "대용량 광전송방식 기술 연구 동향 및 발전방향(I)," 주간기술동향, TIS-94-23, pp. 16~19, 1994.
- [3] 강순영, 광통신 기술, 한국통신, pp. 107~120, Dec. 1998.
- [4] 손병태, 광통신 공학, 세진사, pp. 63~70, Aug. 1996.
- [5] 오성근, 광케이블 개요, 한국통신, pp. 42~44, 1999.
- [6] 조윤일, 광케이블 측정, 한국통신, pp. 11~24, 1999.
- [7] 한국통신 통신망구축단, 광가입자망 구축을 위한 광선로 설계, 대명문화사, pp. 43~44, 1999.

이 병 규(Byung-Gyoo Lee)

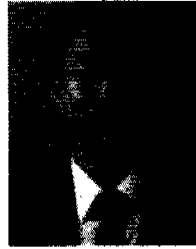
정회원



1977년 : 한국통신 입사
 1989년 : 부산공업대학교
 전자공학과 졸업
 1991년 : 경남대학교 산업대학원
 전자공학과 석사
 1997년~1999년 : 부경대학교
 대학원 전자공학과 박사
 과정 수료

1993년~현재 : 한국통신 연수원 전임교수
 <주관심 분야> 광통신, 초고속데이터통신

박 홍 석(Hong-Seok Park)



1986년 : 광운대학교
 전자통신공학과 졸업
 1999년 : 부경대학교 산업대학원
 정보통신공학과 석사
 1985년 : 한국통신 입사
 1994년~현재 : 한국통신 연수원
 전임교수

<주관심 분야> 초고속데이터통신, 광통신

최 병 도(Byung-Do Choi)



1993년 : 부산공업대학
 전자공학과 졸업
 1996년 : 부경대학교 산업대학원
 전자공학과 석사
 1998년~2000년 : 부경대학교
 대학원 전자공학과
 박사과정 수료

1999년~현재 : 한국통신 부산전화국

<주관심 분야> 전자회로설계, 광통신

김 문 수(Moon-soo Kim)

1979년~현재 : 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

<주관심 분야> 전자회로설계, 광통신