

# 광케이블 고장이 고객 불만에 미치는 영향 연구

정 소 기\*, 차 경 천<sup>o</sup>

## The Effects of Optical Cable Fault on Customer Complaints

So-Ki Jung\*, Kyoung Cheon Cha<sup>o</sup>

요 약

본 연구는 광케이블 고장이 발생하였을 때 예상 피해 고객과 고장 처리 지연시간이 고객 불만 증가에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 광케이블 고장을 복구시키는데 소요되는 시간, 근무 요일여부, 계절성을 함께 고려하였고, 작업자 부주의로 인한 고장, 외부 공사, 코어 단선 및 밴딩 등 관리 가능 항목 고장과 자연재해, 차량추돌, 화재 등 관리 불가능한 변수를 구분하였다. 광케이블 고장 증가의 실증 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 광케이블 고장에 의한 피해 고객수와 복구 시간에 대해서 생산 함수를 이용하였을 때 고객 불만이 무차별하게 증가 하는 것을 알 수 있었다. 둘째, 광케이블 고장처리 뿐만이 아니고 현장에서 관리 가능한 변수인 작업 장애, 외부 공사, 코어 단선이 발생하면 고객 불만을 증가 시켰다.

**Key Words** : optical cable fault, production function, indifferent relationship, number of expected victims, elapsed time

ABSTRACT

In this paper, we are aim to analysis the effects of optical cable fault on customer complaints. We considered several causes: the elapse time to allow repair from the optical cable fault, whether working day or not, seasonality and human error, external construction, optical cable cutting or core banding that is controllable causes and natural disasters, vehicle crash, fire that is uncontrollable causes. The results of analysis are as follows: First, customer complaints increase through indifferent relationship when using the production function for the number of expected victims and elapsed time due to the optical cable fault. Second, not only the elapsed time but also controllable variables, human error, external construction, the core cut occurs, increased customer complaints due to optical cable faults.

### I. 서 론

최근 최근 방송 통신 기술의 고속화와 광대역화에 따라 기업, 정부기관 및 관공서, 개인 서비스 등이 주로 인터넷 매체에 의존하고 있어 광케이블 통신망 고

장이 발생되면 정보획득 실패로 인해 경제적 손실의 문제를 가져올 수 있다<sup>1)</sup>. 특히, 국가 산업 전반에 매우 중요한 기간통신망에서 예상치 않은 고장이 발생하면 막대한 피해와 복구비용이 발생한다. 국가 기간 통신망은 국가 산업의 근간이 되며, 이러한 통신망에

※ 본 논문은 동아대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

• First Author : Seoul School of Integrated Sciences & Technologies, mkgg0107@naver.com, 정희원

<sup>o</sup> Corresponding Author : Dong-A University Department of Business Administration, kccha@dau.ac.kr, 정희원

논문번호 : KICS2014-11-467, Received November 21, 2014; Revised January 7, 2015; Accepted January 26, 2015

예상치 못한 고장이 발생하면 해당 서비스 제공 기업은 고장을 줄이기 위해 노력한다. 그리고 현재와 미래의 통신 환경까지도 고려하여 개선할 수 있는 많은 시스템을 개발하여 통신망 전체가 항상 안정적으로 운영되고 신뢰도를 갖추도록 노력하고 있다<sup>14)</sup>.

통신망에서 네트워크 생존성(Network Survivability)은 다양한 기술과 고장 발생을 대비하여 연속적인 유지관리를 하는 것을 의미하며, 네트워크 장애로부터 고객의 서비스 중단 시간을 최소화하는 것이다<sup>11)</sup>. 고객 서비스 중단은 통신망의 장비 고장, 광선로 절단, 화재와 작업자에 의한 오류, 파괴 등에 의해 발생할 수 있다<sup>11)</sup>. 고객 서비스 중단을 최소화하기 위해서는 네트워크 생존성을 보존하여야 한다. 생존성 보존을 위해서는 장비 설치가 된 통신국사와 지중과 가공에 설치된 광케이블, 가입망에 설치된 장비 등을 연속적인 유지보수를 해야 한다. 유지보수는 데이터 전송을 하는 전송장비와 음성통화를 전달해주는 교환기, 방송 신호 송출하는 방송 장비 등으로 구성되어 있다. 따라서 통신사에서 제공되는 인터넷 망은 시설용량과 데이터 전송량 증가로 인해 사람들의 소통할 수 있는 생명선과 같다<sup>11)</sup>. 이런 통신망의 장애는 장비와 전송선로 구간의 문제로 나눌 수 있다. 장비의 문제점은 제조사에서 원인규명을 통해 대다수 해결이 되고 있으나, 장비와 장비를 연결시켜 주는 광케이블로 연결된 전송로는 외부에 노출된 전주와 지중관로를 통해 구축되어 있어 유지보수 하는데 어려움이 많다. 외부로 노출된 광통신용 케이블은 1970년에 만들어졌고, 실용화된 것은 1980년 초반부터이다<sup>13)</sup>. 이러한 광통신용 케이블이 만들어지게 됨으로써 장거리 광통신을 할 수 있게 되었고, 기존 동축 케이블의 거리 제약을 해결 할 수 있었다. 또한 광케이블의 유리섬유는 빛을 활용하여 다량의 데이터 전송을 세계 각국으로 전달해 주고 있으며, 국가와 국가를 이어주는 해저 광케이블에도 사용되고 있다<sup>13)</sup>. 세계의 각 국가들을 연결해주는 광케이블이 자연재해, 불특정 다수의 작업들에 의해 고장이 발생하게 되면 상당히 많은 고장 복구 시간이 발생한다. 특히 광케이블 고장은 유지보수 인력들이 직접 현장에 나가서 케이블 포설, 접속 등을 해야만 고장이 복구되기 때문에 많은 시간과 인력들이 필요하다. 이러한 외부의 환경요인으로 인해 현장의 여건에 따라 고장처리 유형도 많아서 광케이블의 고장 발생 후 처리까지 상당한 시간이 소요되고 있다. 그리고 광케이블 시설물이 정상적으로 복구되기까지는 주요 회선들이 수용된 선로인 경우 빠른 복구가 요구된다. 특히, 국가 기간망 통신인 행정망, 교육, 의료,

군사 망 등을 사용할 수가 없어 경제적 파급 영향과 국가 재난으로까지 발생할 수 있어 빠른 시간 내에 복구를 해야 할 것이다<sup>15)</sup>.

광케이블은 유리섬유로 만들어진 코어 심선을 이용하여 장비들이 서비스되고 있고, 또한 이렇게 서비스된 장비들은 초고속 인터넷, 전화, IPTV 등의 통신회선을 전달하는 매개체 역할을 한다. 광케이블 고장 유형 또한 다양한 환경 요인과 유지보수 인력들의 실력 차이로 인해 복구 시간이 오래 걸린다. 통신망 복구시간은 최대한 빠른 시간에 고장 처리를 할 수 있는 상황별 처리 지침이 필요하다. 시설물의 안정적 유지보수를 하기 위해서는 경제성과 효율적인 측면을 고려해야 고객 불만이 증가하지 않을 것이다. 신속한 고객 불만족 처리는 고객과의 관계 형성을 유지하는데 중요한 역할을 한다<sup>6,14)</sup>. 광케이블 고장과 관련된 기존 연구는 고장 측정을 하여 신속하게 복구 할 수 있도록 기술적 시스템 개발 방법에 대한 내용들이 대부분이며, 생산함수 식을 이용하여 고객 불만의 영향 요인인 처리지연 시간과 예상피해 고객의 관련 변수와의 상관관계를 수학적으로 추정한 연구는 지금까지 없었다. 생산 함수는 두 변수가 무차별한 관계(indifferential relationship)를 갖는 모형의 함수이며, Douglas(1934)가 수학자 Cobb의 도움을 받아 수학적 모델 모형으로 구체화 하여 Cobb-Douglas라는 생산 모형 함수가 나오게 되었다. 광케이블 고장에 의한 피해가입자 규모와 고장처리 시간의 두 변수가 기술의 진보로 하나의 코어 심선에 다수의 고객을 수용하게 되면서 고장이 발생하면 그 피해규모도 많아지고 고객 불만도 증가한다.

통신 산업 분야의 기술 진보는 복잡한 시스템과 시설물로 거대화 되고 있다. 이는 설비 노후와 예상치 못한 고장 발생 시에 막대한 시설물에 영향을 미치게 된다. 따라서 시설물에 대해 유지보수는 많은 인력과 시간을 투입하는데 발생하는 비용을 고려해야한다<sup>7)</sup>. 현장에 투입된 광선로 유지보수 구성원들은 근무일 여부, 계절성, 작업 장애, 외부 공사, 코어 단선 등과 같은 관리 가능한 항목을 사전 점검을 해야 한다. 그리고 자연재해 등과 같은 관리 불가능한 항목들은 선로 고장이 발생하였을 때 최대한 빠른 복구를 할 수 있도록 유지보수를 해야 한다.

본 연구는 통신망의 전달 매체인 광케이블의 고장이 고객 불만에 미치는 영향에 대해서 생산함수의 연구모형을 인용하여 연구를 하고자 한다. 이는 광선로 고장으로 인한 예상 피해가입자와 선로 고장 복구 시간의 두 변수가 고객 불만에 미치는 영향에 대해서 서

로 무차별한 관계로 증가하는 Cobb-Douglas 생산함수 모델 식을 사용하여 실증 분석을 하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 외부 환경에 노출된 광선로 고장 요인과 이론적 배경에 대해 검토하고, III장에서는 이를 배경으로 연구의 가설 및 모형을 도출한다. IV장에서는 추정모형의 분석 검증 결과를 제시한다. 마지막으로 V장에서는 결론 및 토의와 시사점 그리고 향후 연구방향을 제시한다.

## II. 광선로 고장요인과 이론적 배경

통신망 고장은 가입자 단말과 스위치 장비의 문제로 인한 고장이 대부분이다. 이러한 유형의 고장은 장비의 리셋과 부품 교체 등으로 해결하거나 NMS 화면을 통해 몇 개의 명령어만으로 고장을 복구하는 경우가 많다<sup>19)</sup>. 하지만, 통신망 장비에 비해 외부로 노출되어 있는 광케이블은 유리 섬유에 광파장의 채널을 통해서 정보전송을 하는 구조로 되어있고 지중이나 가공인 외부에 노출되어 있다. 이러한 이유 때문에 자연 재해와 작업자에 의한 손상이 발생할 수 있는 취약점을 갖고 있다<sup>11)</sup>. 그리고 광케이블 고장은 기후의 악천후, 서비스 시간 지체, 작업 오류에 의한 인적과실 등으로 인해 기업의 고객 서비스에 심각한 영향을 미친다. 이에 기업 내부의 구성원 간 의사소통과 악천후에 대비하는 프로세스, 작업자의 사전 교육 등 지속적인 노력이 필요하다. 외부로 노출된 광케이블 손상은 작업자가 직접 현장 출동 해야만 고장 처리를 할 수 있다. 이때 노출된 광케이블 용량, 설치 위치, 출동 거리 등의 제약으로 인해 고장 처리 시간의 지연이 발생한다. 따라서 고장 복구 시간의 지연으로 인해 B2B, B2C 고객 불만은 지속적으로 발생한다. 고객 불만을 줄이기 위해서는 고장처리를 가능한 빨리해야 한다<sup>15)</sup>. 그리고 신속한 고장처리를 위해서는 유지보수 인력과 시간이 적기에 현장에 투입되어야 한다.

정보통신 기술의 발달은 생산량 증가와 시장의 상품과 서비스가 넘쳐나면서 소비자 입장에서는 선택의 대안이 날로 증가하고 있다. 따라서 기업은 고객만족 경영과 고객 불만을 최소화하기 위해 많은 인력과 시간을 투입 하여 서비스 판매 증대를 해야 한다<sup>16)</sup>. 고객 불만이 발생하는 고객은 경쟁사로 이탈이 생기며 이로 인해 신규로 고객을 유치하는 데 소요되는 비용은 기존의 고객을 유지하는 것보다 높은 비용이 발생한다<sup>9)</sup>. 따라서 기업은 고객 불만을 줄이기 위해 인력과 시간 투입을 통해 업무의 생산성과 효율화를 향상시켜서 학습효과를 통해 고객 불만을 줄일 수 있다<sup>15)</sup>.

업무의 생산성은 노동과 자본에 의해서 결정되며, 생산된 모든 제품의 가치와 구성원이 일하는 시간의 총수와 관련된 노동투입량, 장비, 기계 등의 실제 고정 자본량으로 정의 할 수 있다<sup>10)</sup>. 이러한 정의는 생산함수의 관점에서 접근한 것이며, 노동과 자본의 두 변수에 대해서 각각 광선로 고장으로 인한 예상 피해 고객과 고장처리 시간으로 변환하면, 두 변수가 고객 불만에 영향을 주게 되어서 무차별한 관계가 성립된다. 두 변수의 무차별한 관계에 대해서 비선형 함수를 선형 함수로 변형하기 위해서 생산함수의 수식에 로그를 취해서 변환 할 수 있다.

생산함수는 생산 요소 양과 시간의 관계에서 이 기간 동안 생산 되는 모든 제품의 가치인 총 산출량의 관계를 Cobb-Douglas 생산함수라고 정의 하였다<sup>10)</sup>. Cobb-Douglas 생산함수는 정태적으로써 전체소득에서 노동 소득과 자본 소득 비율이 거의 고정되어 있는 것으로 간주하였고, 소득 불평등이 심화 되고 있는 현재에 비교적 둔감하다. 그러나 최근 노동소득과 자본소득이 시대와 상황에 따라 달라질 수 있는 동태적 접근법으로 재해석 되고 있다<sup>20)</sup>. Douglas, P. H.(1934)는 수학자 Cobb, C.W.의 도움을 받아 미국 제조업의 1879년에서 1922년에 생산함수를 구체화 하여  $Q=BL^kK^{1-k}$  (단,  $k=0.75$ ,  $b=1$ )이라는 수학적 모델 식을 얻었다. 위 식을 변형하면  $\log Q = \log b + k \log L + (1-k) \log K$ 을 얻을 수 있고, 양변을 L에 관하여 편미분하여 k라는 산출량의 노동탄력성과 노동의 한계 생산성을 계속할 수 있다. 즉 노동자 일인당 생산량 k는 시계열자료에서 그 값이 추정되므로 노동의 한계생산성의 값을 구할 수 있다. 마찬가지로  $(1-k)$ 는 산출량의 자본탄력성이고 자본의 한계생산에 의하여 측정된다<sup>17,22)</sup>. 생산기술에 진보가 생기면 투입량과 산출량 사이에 변화가 존재한다. 이러한 변화에 대해서 수학적으로 변형시켜보면  $Q=A(t)f(L, K)$  여기서 A(t)는 기술의 진보에 의한 영향을 반영하고 있고 t는 시간 변수이다. 이는 시간의 경과에 따라서 기술 진보가 발생한다는 의미이다. 즉, 기술진보로 인해 A(t)의 값이 커지면 노동과 자본 투입량이 변화가 없어도 산출량의 증가가 일어나게 된다<sup>17,18)</sup>.

Cobb-Douglas(1928)는 시간과 생산요소의 양과의 관계에서 그 기간 동안 생산하는 최대한 산출량의 관계를 생산함수로 나타내었으며, Q는 총 산출량(년에 생산된 모든 제품의 가치), L은 노동투입량(년에 일한 사람-시간의 총수), K는 고정 자본량(모든 기계, 장비의 실제 값), B는 상수항, k, 1-k는 결정 상수로 정의 하였다<sup>10)</sup>. 등량곡선은 흔히 노동(L)과 자본(K)을 변

수로 하는 좌표평면 상에서 나타내어지며, 동일한 양의 재화를 생산할 수 있는 노동과 자본의 조합을 연결한 곡선을 의미한다<sup>18,22)</sup>. 무차별곡선이 소비자이론에서 효용의 극대화를 달성하는 점을 찾기 위해 필요한 개념이라면, 등량곡선은 생산자이론에서 산출량의 극대화를 이루는 점을 찾기 위한 개념이라고 할 수 있다<sup>18,22)</sup>. 그림1)에서 기술진보의 발생은 특정 산출량(Q<sub>0</sub>)을 가져다주는 등량곡선을 원점 쪽으로 끌어들이는 결과를 가져온다. 기술진보로 말미암아 예전보다 더 적은 생산요소 투입량을 가지고도 예전과 같은 산출량의 실현이 가능해지기 때문이다<sup>18)</sup>.

그림1 a)는 노동만이 가변 생산 요소이고 자본의 양은 고정되어 있는 경우인데 기술진보가 있기 전의 생산함수는 Q<sub>0</sub>이고 기술진보이후의 생산함수는 Q<sub>1</sub>이다. b)는 자본과 노동이 가변 요소인 경우 기술진보 이전 Q<sub>0</sub> 기술은 진보 이후에 Y재에 대한 등량 곡선이다. 기술이 진보할 경우 단기적 측면에서는 밖으로 이동, 장기적 측면에서는 안쪽으로 이동한 P점에는 자본량이 종전과 같지만, 노동량L<sub>1</sub>, L<sub>0</sub>만큼 절약된다. 적은 노동으로 생산할 수 있게 하는 기술 진보를 노동절약적 기술진보라고 한다. Q점에서는 노동량이 종전과 같지만, 자본량이 K<sub>0</sub>, K<sub>1</sub>만큼 절약된다<sup>18)</sup>.

그림 2는 함수의 단조성을 수학적 미분을 이용하여 판별한 것이며, 생산함수에 대해 세 가지 형태로 더 높은 효율성은 더 높은 확률 밀도 상황으로 나타난다. 즉, 이것을 단조 감소와 단조 증가로 정의 할 수 있다. 그리고 효율성 추정에 있어서 k는 0<λ<1, λ>1의 구간에서 증가하지 않으면 단조감소 또는 감소하지 않으면 단조증가 하고 있다. 만약 λ=1일 경우 k는 균일한 구간에 분포한다<sup>18)</sup>. 제조 산업에서 많이 적용되는 생산함수는 자본과 노동의 영향에 의해 산출량이 전체적으로 많은 영향을 미친다<sup>18)</sup>. 최근에는 생산기술의 진보가 투입량과 산출량 사이에 변화를 하게한다. 이러한 변화는 산업의 발전으로 인해 신기술이 도

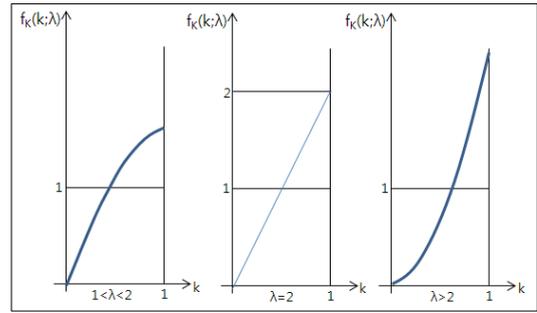


그림 2. 생산함수 세 가지 형태  
Fig. 2. Three Production Functions model<sup>18)</sup>

입이 되면서, 기술의 진보에 의한 영향이 시간으로 인해 발생된다<sup>18)</sup>. 기술의 진보가 증가하게 되면 노동과 자본 투입의 변화가 증가됨으로써 전체 산업의 산출량에도 영향을 미쳐서 증가하게 만든다<sup>18)</sup>. 기술의 진보는 정보통신 산업의 분야를 선도하고 있는 동축 매체를 이용한 서비스에서 광통신으로의 발전으로 설명한다. 이러한 광통신망의 발전은 기술 진보를 위해 노력한 기술자들로 인해 광파이버 통신망을 구축해 놓았기 때문이다<sup>13)</sup>. 광파이버 통신망은 가늘고 약하기 때문에 그대로 외부의 어려운 환경에서도 견디기 어렵지만 자연계에 사용할 수 있도록 하는 기술의 진보를 이루었다<sup>13)</sup>.

본 연구는 Cobb-Douglas의 수학적 산출식의 총 산출량, 자본소득, 노동소득 등의 변수들을 이용하여 고객 불만의 영향 요인으로 변환하여 생산함수를 추정하고자 한다. 그리고 총 산출량을 고객 불만으로 하고, 노동 소득은 예상 피해 고객, 자본소득은 고장을 처리하는데 필요한 시간으로 변형 시켜 생산함수에 대입했을 때의 무차별한 관계가 있는지를 추정해 보았다.

### III. 연구의 가설 및 모형

#### 3.1 연구모형

본 연구에서는 통신망 네트워크 생존성(Network Survivability)을 위해 고장 발생, 유지관리 하는 능력, 네트워크 고장으로 부터 서비스 중단 시간 최소화 등에 대해 Cobb-Douglas 생산함수를 이용하여 고객 불만의 생산함수를 추정하고자한다. 네트워크 고장 중에서도 외부에 노출되어 있는 광케이블의 피해가 발생하게 되면 고객 불만이 증가하는 요인에 대해 분석하고자 한다. 그리고 광케이블 고장은 통신 상품을 이용하는 고객 규모와 처리 지연 시간에 따라 고객 불만이 증가하는 요인이다. 또한 고장처리를 하는 유지보수

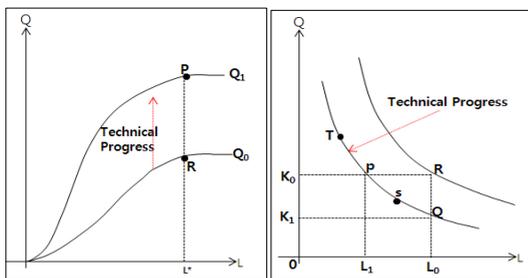


그림 1. 기술진보 함수  
Fig. 1. Technical Progress Function<sup>18)</sup>

구성원들의 근무 요일(Work day)과 계절에 따라 고객 불만 증가 요인이 다르기 때문에 이에 대한 검증도 필요하다. 추가로 작업자 부주의로 인한 고장, 외부공사, 코어 단선 및 밴딩 등과 자연재해, 차량추돌, 화재 등의 변수에 대해서도 포함하였다. 이러한 변수 항목의 고장은 피해규모와 처리 시간에 따라 차별이 없는 무차별한 관계(indifference relationship)로 고객 불만이 발생한다. 일명 Cobb-Douglas의 생산 함수 연구 모형과 같은 수학적 함수를 사용하여 검증하였다.

$$voc_i = e^{\alpha_i} \cdot victim_i^{\beta} \cdot elapsed\_time_i^{\gamma} \cdot e^{\epsilon_i}$$

where

$$\alpha_i = \alpha + \theta_{1,i} \cdot \text{근무일 여부} + \theta_{2,i} \cdot \text{봄} + \theta_{3,i} \cdot \text{여름} + \theta_{4,i} \cdot \text{가을} + \theta_{5,i} \cdot \text{관리가능여부} \quad (1)$$

$$\ln(voc_i) = \alpha_i + \beta \cdot \ln(victim_i) + \gamma \cdot \ln(elapsed\_time_i) + \epsilon_i \quad (2)$$

식(1)에서 총 산출량에 대해서는 전체 고객 불만(voc<sub>i</sub>)으로 정의를 하였고, 노동은 예상 피해 고객(victim<sub>r</sub>), 자본은 고장을 고치는데 걸리는 시간(elapsed\_time<sub>i</sub>)으로 정의 하였다. 예상피해 고객은 광케이블 고장이 발생하였을 때 수용된 고객으로 정의하였다. 고장이 발생한 계절별로 계절성을 고려하기 위해 3~5월을 봄으로 하는 가변수(Dummy variable), 6~8월을 여름, 9~11월을 가을로 하였다. 근무일 여부도 근무일이면 “1”인 가변수를 이용하였다. 근무일인 경우의 고장은 휴일에 비해 신속히 대처할 수 있어 고객 불만을 줄일 수 있을 가능성이 있어 분석에 포함하였다. 관리여부도 관리 가능한 고장이면 “1”, 관리 불가능한 고장이면 “0”으로 하는 가변수를 추가로 이용하였다. 고객 불만 생산함수는 각 생산요소인 예상 피해 고객, 고장처리 시간이 증가하면 고객 불만 건수 즉, 생산량도 동일하게 증가하고 이를 귀속의 원리로 정의 할 수 있다<sup>[8,10,18]</sup>. 식(2)는 Cobb-Douglas 생산 함수 식(1) 양변에 자연로그를 취한 함수이며 β는 예상 피해 고객의 투입량, γ는 고장처리 시간 변화율이며, 각각에 따라 전체 고객 불만 증가의 변화율을 의미한다. 즉, 고객 불만의 함수가 예상피해 고객의 투입량, 고장 처리 시간 변화율에 따라 고객 불만에 미치는 두 변수들의 관계는 무차별곡선(indifference curve) 형태를 알아 볼 수 있다.

### 3.2 자료 수집과 변수

광케이블의 고장은 6가지의 유형 중에 관리 가능한

항목과 관리 불가능한 항목으로 나누었다. 관리 가능, 불가능의 기준은 자연재해, 화재, 차량 추돌에 의한 건들만 관리 불가능한 요인이고 나머지, 작업자 장애, 외부공사, 코어 단선 등은 관리 가능한 기준으로 봤다. 광케이블 고장으로 인한 피해 가입자규모, 처리시간, 고객 불만, 광케이블 설치 위치, 장애 원인, 계절요일, Work day 유무, 발생 시간 등에 대해서 관리 가능 항목과 관리 불가능 항목을 구분하여 추가로 추정 하였다. 표 1은 국내 인터넷 통신망 공급업체인 A사의 최근 3년(2011년~2013년) 동안의 총 205건의 광케이블 고장 유형별 수집한 내용이다. 아래 항목들 중 작업 장애, 외부 공사, 코어단선 등은 관리 가능한 항목으로 전체 발생 비율이 70%이며 자연재해, 차량추돌, 화재 등은 관리 불가능 항목은 30%로 분리 될 수 있다. 각각의 고장유형들은 피해규모와 외부 환경에 따라 예상복구 시간 등이 다르다. 그 중에서도 외부 공사와 코어 단선에 의한 고장은 광케이블이 모두 절단 되었을 때 보다 일부만 손실이 발생하였을 때 복구하는 과정이 더 어렵다. 일부만 손실 되었을 때 고장처리는 기존 서비스 중인 고객에게 추가 고장이 발생하지 않도록 처리를 해야 하기 때문에 작업이 어렵다. 이러한 광케이블 고장은 관리 가능, 불가능 항목에 대해서도 예상 피해가입자와 고장 처리 시간, 계절요일에 따른 고객 불만에 대해서도 추정을 할 수 있다.

표 1. 광선로 고장 원인별 유형  
Table 1. Optical line Fault reason by Type

Type	Cause Fault	Rate (%)
Barrier work	B2B, B2C Cable Fault of Human error	16
Outside Construction	Road Construction, Housing site development, Construction of water supply, Move of Telegraph Pole	33
Core fault	Facilities for Retirement, Human error etc	21
Natural Disaster	Typhoon, Heavy Snow, Rainy Season etc.	4
Car Accident	Optical cable cut because of Car accident	24
Fire	Fire in Housing, Damage by a Optical cable in the fire	2

#### IV. 추정 모형의 분석 검증 결과

##### 4.1 생산 함수 추정 방법

본 연구에서는 네트워크 생존성 측면에서 고객 불만을 일으키는 변수들을 생산함수 식을 이용하여 다중선형회귀분석으로 추정하였다. 생산함수는 투입물과 산출물 간의 관계를 나타내고 있으며, 생산함수의 형태는 생산기술에 의존하고 있다. 즉,  $Q=f(L, K)$ ,  $Q$ 는 생산량,  $L$ 은 노동,  $K$ 는 자본으로 정의할 수 있다. 위 식의 구체화된 생산함수는 Cobb-Douglas의  $f(L, K)=ALK$ 의 함수 형태로써 계량 경제학적인 추정이 용이하다<sup>[12]</sup>. 생산기술의 진보는 투입량과 산출량 사이에 변화가 있으며, 이러한 변화에 대해 생산함수 식을 변형시켜보면  $Q=A(t)f(L, K)$ 이다.  $A(t)$ 는 기술의 진보에 의한 영향이고  $t$ 는 시간 변수이다. 이는 기술 진보는 시간의 경과에 따라서 발생하는 것을 의미한다. 즉, 기술진보로 인해  $A(t)$ 의 값이 커지면 노동과 자본 투입량이 변화가 없어도 산출량의 증가가 일어나게 된다<sup>[17,18]</sup>.

네트워크 생존성 강화하기 위해서는 광케이블 피해 중 코어 수, 처리 시간, 고객 불만 건수, 광케이블 설치 위치, 고장 관리 기준, 유지보수 투입 인력, 계절, 요일, 시간, Work day 유무 등의 자료를 수집하여 생산함수로 추정하였다. 그리고 이중 고객 불만을 종속 변수로 하였고, 예상피해 처리 시간, 예상피해 규모를 생산요소로 독립변수로 구분하였다. 여기에서 Cobb-Douglas의 생산함수의 수학적 모델인  $Q=BL^kK^{1-k}$  수식으로 추정하여 보면 다음과 같다.  $Q$ 는 광케이블 고장에 의한 고객 불만인 독립변수이고,  $L$ 은 예상 피해 고객수,  $K$ 는 고장처리 시간들로 변형하여 표현할 수 있고 이것을 종속변수로 정의하였다.  $Q=BL^kK^{1-k}$ (단,  $k=0.75$ ,  $b=1$ )이라는 수학적 모델 식에서 선형회귀분석을 위해 로그 함수로 변형하면  $\log Q = \log b + k \log L + (1-k) \log K$ 를 얻을 수 있고, 양변을  $L$ 에 관하여 편미분하여  $k$ 라는 산출량의 노동탄력성과 노동의 한계 생산성을 계측할 수 있다.

그림 3에서 a)는 광케이블 고장으로 인해 발생하는 예상 피해 가입자 규모의 추정 내용이며, b)는 고장처리 시간을 나타냈다. 그림에서 X축은 고객불만(VOC) 건수이다. 그림 3에서 고객 불만의 함수가 식(2)의 수학적 방법을 통해 예상피해 고객의 투입량, 고장 처리 시간 변화율에 의해 두 변수들의 관계는 무차별곡선(indifference curve) 형태를 나타낸다.

##### 4.2 모형 분석 결과

본 연구는 Cobb-Douglas 생산 함수에 양변에 자연 로그를 취한 함수이며, 예상 피해 고객(victim<sub>t</sub>), 고장을 고치는데 걸리는 시간(elapsed\_time<sub>t</sub>) 각각에 따라 전체 고객 불만 증가의 변화율을 의미한다. 이러한 변수들에 대한 추정 계수의 유의성을 판별하는 척도에 대해 \*\*\*는 p-value가 0.01보다 작은 경우이며, \*\*는 0.05, \*는 0.1보다 작은 경우 통계적으로 유의하다고 정의하였다. 표 2에서 추정계수의 통계적 유의성의 결정은 통계학과 사회과학에서 일반적으로 사용하고 있는 p-value가 0.01, 0.05, 0.1보다 작은 경우를 통계적으로 유의하다고 판단하였다. 표2의 Cobb-Douglas 생산모형으로 추정한 결과 조정결정계수(Adjusted R<sup>2</sup>)의 적합도(goodness of fit)는 0.502로 나타났다. 그리고 예상 피해 고객(victim<sub>t</sub>), 고장을 고치는데 걸리는 시간(elapsed\_time<sub>t</sub>), 계절요인 중 봄은 정(+의 방향으로 통계적으로 유의 하였으며, 반면 여름, 가을과 근무일 여부는 유의하지 않았다. 관리 가능한 고장일 경우의 고객 불만이 증가하는 것으로 유의하게 추정되었다. 이는 고객들이 관리 불가능한 고장의 경우 고객 불만을 자제하여 고객 불만이 덜 발생하는 것으로 판단된다.

관리 가능한 요인으로는 작업 장애, 외부공사, 코어 단선이며 이때 고장이 발생하면 고객 불만을 증가시켰으며 유의미하였다. 광케이블은 일반적으로 전주나 지하에 매설하여 구축된다. 통신 전주에 가설된 케이블은 많은 비, 바람과 적설의 무게에도 견딜 수 있어야 한다. 그리고 지하에 매설된 케이블은 도로공사와 재개발 등의 외부 환경 요인으로 인해 고장 사례 등도

표 2. 생산함수 추정 결과  
Table 2. Production Functions estimation result.

Variable	Coefficient
C	-3.372***
LOG(Victim)	0.613***
LOG(Elapse_Time)	0.514***
Work day	-0.238
Spring	0.427**
Summer	0.288
Fall	0.362
Control	0.322*
Adj-R2	0.502
Included observations	205

빈번하다. 또 광케이블의 온도는 한겨울에  $-40^{\circ}\text{C}$ , 한겨울에 직사광선을 받아  $60^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 에 이를 수도 있다. 이러한 자연적인 악조건에서도 10년 정도 유지되어야 한다<sup>13)</sup>. 광케이블 고장의 유형들은 많은 변수들에 영향으로 인해 고객 불만을 증가시킬 수 있어서 다양한 방법으로 사전 관리를 해야 한다. 예상 피해 가입자가 많은데 빨리 고장 처리된 시간, 예상 피해 가입자가 적은데 늦게 처리된 시간 모두 유의하게 나타났다. 즉, 피해가입자가 많을 때 빨리 처리된 경우와 피해 가입자가 적은데 시간이 늦게 처리된 경우 고객 불만은 같이 증가한다. 두 개의 관련 변수가 무차별한 관계(indifference relationship)인 Cobb-Douglas의 생산함수 모형을 추정한 결과, 예상 피해 가입자와 고장 처리 시간과의 관계는 유의하게 나타났다.

## V. 결 론

본 연구에서는 광케이블 고장이 발생하였을 때 고객 불만과 각각의 변수들이 생산함수에 유의함을 설명하였다. 광케이블 고장은 Cobb-Douglas의 생산함수 모형의 관련 변수인 예상 피해 가입자와 고장 처리 시간이 증가함에 따라 고객 불만이 증가하는 것에서 유의함을 보였다. 광케이블 고장이 발생을 하였을 때에 고객 불만을 최소화시키기 위해 예상되는 피해고객의 수도 중요하지만 복구 지연 시간도 중요하게 영향을 미친다. 또한 유지보수 근무일 여부, 계절 변수, 관리 가능한 작업인 외부 공사와 코어 단선 등도 고객 불만 증가에 영향을 미치는데에 대해 연구하였다. 예상 피해 가입자와 장애처리 시간, 계절요인 중 봄철은 통계적으로 유의하다. 즉 봄철은 해빙기를 맞이 하여 건설사나 관공서에서 진행되는 많은 외부 환경공사가 진행되기 때문이기도 하다. 외부환경 공사는 가공이나 지중에 설치된 통신 시설물들이 공사 차량과 작업자 등으로 인해 고장이 발생한다. 통신 시설물 고장은 많은 외부 환경적 요인과 복구 시간 지연 등에 의해 고객 불만이 증가한다. 통신 기업은 고객 불만 증가 요인을 최소화시키기 위해서는 외부 공사 정보 획득과 작업자들을 감시할 수 있는 시스템 구현이 필요하다. 본 연구의 이론적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 고객 불만의 영향 요인인 광케이블 고장은 예상 피해 고객수와 예상 복구 시간에 대해서 선형모형을 통해 실증적으로 검증하였으며, 네트워크 생존성 측면에서는 고객 불만을 일으키는 변수들을 생산함수 모형에 적용하여 고객 불만이 무차별하게 증가 하는 것을 알 수 있었다. 둘째, 광케이블 고장처리 뿐만이 아니고 현장

에서 관리 가능한 변수인 작업 고장과 외부 공사, 코어 단선이 발생하면 고객 불만이 증가하였다. 셋째, 예상 피해 고객수와 예상 복구 시간을 줄이기 위해서 광케이블에 수용된 회선을 분산 시키고, 시간을 줄여서 고장처리를 할 수 있는 다양한 위해개소 점검 방법이 필요하다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 통신서비스 전달매체인 광케이블의 고장에 대해 설명하였으며, 이로 인해 발생한 피해 가입자 규모와 복구 시간이 고객 불만과의 상관관계를 생산함수의 모형을 사용하여 객관화 하도록 연구하였다. 그리고 생산함수의 수학적 정의에 의해서 시간의 경과에 따라 기술 진보가 발생한다고 정의하였다<sup>17),18)</sup>. 즉, 생산함수 측면에서 기술의 진보로 인해 시간이 지나감에 따라 예상 피해 가입자와 처리 시간의 변화가 없어도 산출량인 고객 불만이 증가한다. 이러한 현상은 다양한 서비스를 제공 받는 고객의 생명선과 같은 인터넷 망이 고장으로 인한 고객 불만이 존재하는 것만 있는 것이 아니다. 즉, 통신 선로 고장 복구 이후에 발생하는 피해보상 및 서비스 해지 신청 등으로 이어지는 고객 불만이 추가로 인입되기 때문이기도 하다. 이러한 이유 때문에 기업은 Happy Call, 인터넷 홈페이지, SMS 등 다양화 된 채널을 통해서 고객 불만을 최소화 하도록 노력해야 한다<sup>16)</sup>.

본 연구의 한계점은 광케이블 고장은 시설 용량과 유지보수의 이동 시간, 예상 피해 고객수를 초고속 인터넷 사용자만 전체 가입자 규모로 선택하였다. 최근의 통신 서비스는 초고속인터넷, 인터넷 전화, IPTV, 무선전화 등 다양한 조합들로 구성되며, 광케이블 고장이 발생하면 케이블에 수용된 다양한 서비스 유형 고객 규모에 따라 고객 불만 건수도 다를 수 있다. 본 연구는 모든 가입자에 대한 고객 불만을 다루고 있지 않고 초고속 인터넷 고객 불만 가입자만 다루고 있다는 한계점을 갖고 있다.

광케이블 고장으로 인터넷이 끊어진다면 주식시장, 신용카드, 인터넷뱅킹, 온라인 쇼핑, SNS서비스 중단, 전자행정 시스템, 병원 전산, 발전소, 상하수도 관리 시스템 등 사회전체가 마비되어 예측할 수 없는 혼란으로 전개된다. 광전송 장비 등은 24시간 감시 관리할 수 있는 안정된 환경에 설치되어 관리가 수월한 반면, 광선로 시설들은 옥외 열악한 환경에 노출되어 있어, 유지보수 경험과 구축, 운용 환경을 고려한 대처 능력 등이 어려움이 많다. 또한 자가망 광선로 유지보수업체 또는 전문 인력의 수시변경에 따른 구성원별 역량차이가 발생하여 선로고장 처리 이장시간 증가하게 한다<sup>21)</sup>. 그리고 최근에는 통신 사업자 이외 행정

전용망, U-City, 국방부 자가 통신망 등 산업계, 지자체 등에서도 광통신망 구축이 증가하고 있으며, 도로 공사, 가로수 정비 등의 환경 공사 등을 사전에 순시 등 유지보수 구성원들의 예방 활동으로 광케이블 시설물의 안전도를 확보할 수 있다<sup>[21]</sup>. 이러한 시설물 점검 활동은 광선로를 관리하는 GIS(Geographic Information System) 시스템에 입력을 하여 현장 상태 등을 관리함으로써 고장으로 인한 고객 불만을 줄일 수 있다. 또한 고객 불만은 광케이블 고장이 발생하였을 때 초기 대응이 미흡하여 고장처리 시간이 지연될 경우에 증가한다. 고장 처리 시간 지연은 계속적으로 축적을 하여 확인을 하지만 현장과 GIS 시스템에 등록된 자료와의 오차로 인해 실제 현장으로 유지보수 구성원들이 직접 출동해서 확인하는데 걸리는 시간 때문이다. 광케이블 고장에 의한 고객 불만의 증가는 피해 규모와 처리 시간 등 고장 후속 처리 절차의 신속성도 있지만, 고장이 발생하지 않도록 순시 점검 및 작업 관리 등 사전 점검 활동 강화를 해야만 광케이블 고장으로 인한 고객 불만이 발생하지 않는다.

본 연구의 제안을 바탕으로 광케이블 고장에 의한 고객 불만 증가를 줄이기 위한 방법으로 고장 발생 시간 단축을 위해 정확한 고장 위치를 추적할 수 있는 시스템 구현에 관한 사례 발굴을 진행해야 하며, 수많은 외부 공사 환경에서 고장 발생을 못하도록 할 수 있는 근본적인 관리 및 관계 방법도 향후에 지속적으로 연구되어야 할 것이다.

### References

- [1] J. C. Kim, T. M. Ann, J. S. Lee, and Y. G. O, "A study on service connection maintenance for network fault," *ETRI*, pp. 10-83, 1999.
- [2] L. N. Cassel and C. Partridge, "Network management architectures and Protocols: problems and approaches," *IEEE J. Sel. Areas in Commun.*, vol. 7, no. 7, pp. 1104-1114, Sept. 1989.
- [3] F. RK. Chung, "Reliable software and communication. I: An overview," *IEEE J. Sel. Areas in Commun.*, vol. 12, no. 1, pp. 23-32, Jan. 1994.
- [4] Y. Yemini, "A critical survey of network management protocol standards," *Telecommun. Network, Management into the 21st Century*(S. Aidarous and T. Plevyak, Eds), IEEE Press, 1994.
- [5] S. K. Jung and K. C. Cha, "A study on the learning curve and VOC factors affecting of telecommunication services," *J. KICS*, vol. 38B, no. 8, pp. 518-525, Aug. 2014.
- [6] F. R. Dwyer, H. S. Paul, and S. Oh, "Developing buyer-seller relationship," *The J. Marketing*, vol. 51, pp. 11-27, Apr. 1987.
- [7] P. Carer, "Probabilistic method used in asset management for MV electrical equipment as EDF," *9<sup>th</sup> Int. Conf. Probabilistic Methods Appl. to Power Syst. (PMAPS 2006)*, Stockholm, Sweden, pp. 1-5, 2006.
- [8] B. W. Meeusen and J. van den Broeck, "Efficiency estimation from cobb-douglas production functions with composed error," *Int. Economic Rev.*, vol. 18, no. 2, pp. 435-443, Jun. 1977.
- [9] E. W. Anderson, C. Fornell, and D. R. Lehmann, "Customer satisfaction, market share, and profitability: Findings from sweden," *The J. Marketing*, vol. 58, no. 3, pp. 53-66, Jul. 1994.
- [10] C. W. Cobb and P. H. Douglas, "A theory of production," *Am. Econ. Rev.*, vol. 18, no. 1, pp. 139-165, 1928.
- [11] Y. G. Lu, X. P. Zhang, Y. M. Dong, F. Wang, and Y. H. Liu, "Optical cable fault locating using brillouin optical time domain reflectometer and cable localized heating method," *J. Physics: Conf. Series*, vol. 48, no. 1, pp. 1387-1394, 2006.
- [12] S. K. Kim, "Cost-Savings in mergers between piano manufacturers," *Korea Econ. Res. Inst.*, vol. 17, no. 2, pp. 83-95, Dec. 2008.
- [13] A. N. Hirojiji and H. S. Jung, *New element&industrial 10 : Fiber •Optical Cable Carrying a dream of multimedia*, Iljinsa, Jun. 2010.
- [14] L. L. Berry and A. Parasuraman, *Marketing services: Competing through quality*, New York: the Free Press, 1991.
- [15] S. O. Kim, S. C. Kim, H. T. Kim, and B. S. Sung, *Service Operation Management*,

Hangyeongsa, pp. 182-186, 2004.

- [16] VOC Management Research Society, *Voice of The Customer*, KMAC, pp. 4-140, Apr. 2013.
- [17] J. M. Henderson and R. E. Quandt, *Microeconomic theory: A mathematical approach*, NY: McGraw-Hill, pp. 67-70, 1971.
- [18] G. S. Shim, C. S. Park, Y. H. Lee, T. H. Lee, J. P. Chu, J. G. Cha, and H. J. Hwang, *Microeconomics*, Beomhansojeok, pp. 260-270, Sept. 2011.
- [19] J. W. Kim, K. H. Kim, D. Y. Jeon, G. B. Lee, S. H. Seok, and B. D. Chung, "A study on SOP for efficient resolution of trouble tickets," in *Proc. KICS Summer. Conf.*, pp. 1279-1280, Jun. 2009.
- [20] I. C. Kim, *China • The West let out a big burp of innovation(2013)*, Retrieved Dec., 1, from <http://news.mk.co.kr/column/view.php?year=2013&no=1214418>.
- [21] S. W. Chang, *Fiber Line Monitoring and Management System(2010)*, Retrieved Oct., 18, from <http://www.koit.co.kr/news/articleView.html?idxno=35931>.
- [22] [http://en.wikipedia.org/wiki/Learning\\_curve](http://en.wikipedia.org/wiki/Learning_curve).

정 소 기 (So-Ki Jung)



1998년 2월 : 목포대학교 전자공학과 졸업  
 2011년 2월 : 한국기술교육대학교 기술경영학과 석사  
 2012년 3월~현재 : 서울과학종합대학원 경영학과 박사과정  
 <관심분야> 광통신 공학, 기술경영, 기술사업화

차 경 천 (Kyoung Cheon Cha)



2004년 2월 : 한국과학기술원 경영공학 박사졸업  
 2009년 3월~2012년 2월 : 서울과학종합대학원대학교 조교수  
 2012년 3월~현재 : 동아대학교 경영학과 조교수

<관심분야> Marketing Dynamics, Demand Forecasting, Pricing