

## 공동주택 금속기와지붕 수뢰시스템의 자재 및 시공기법 개발

(Development of Components and Installation Techniques of Air-termination System on the Metal Roof in Apartments)

이기홍\*

(Kihong Lee)

### Abstract

Apartments covered with a metal roof made from galvalume steel are prevailing due to their economic and technical advantages. The metal roof, however, has disadvantages in terms of the installation of air-termination system on it because of the slip thickness of the metal roof.

In this paper, the impacts of the lightning current to a metal roof were verified experimentally with a short lightning impulse current (10/350[ $\mu$ s]). Also, we developed various supporters of air-termination conductor for the metal roof and verified their excellent workability and economical strength through field application test.

Key Words : Metal Roof, Air-termination System, Lightning Current, Lighting Protection System

### 1. 서 론

최근 공동주택은 다양한 첨단설비의 적용과 디자인 설계로 주거생활에서의 편리성과 건축적 미관을 향상시키고 있다. 이러한 안전 및 심미적 욕구는 주거환경에서 기본적으로 충족되어야 하는 조건들이다. 따라서 신 기술도입에 의해 건축적 미관을 제고하고자 할 때에는 안전에 대한 고려도 동시에 이루어져야 한다. 최근 공동주택 지붕은 미관성을 제고하기 위해 평지붕보다는 경사지붕이 적용되고 있고, 경사지붕은 지

붕에 경량철골을 설치하고 그 위에는 금속기와가 일반적으로 적용되고 있다. 금속기와는 경제성 및 시공성이 탁월하며 건축미관으로도 우수하다. 하지만 두께가 얇아 그 위에 피뢰설비를 견고하게 시공하기가 곤란하다는 어려움이 있다. 건축물의 지붕은 낙뢰피해 발생이 가장 많은 부분임을 고려할 때, 부적절한 피뢰시스템은 그림 1과 같이 낙뢰에 의한 구조물의 기계적 파손이나 화재 등의 위험을 초래할 수도 있다.

공동주택 경사지붕의 마감재는 주로 유리섬유매트에 아스팔트를 칩투시켜 만든 아스팔트 싱글이라는 제품이 그동안 많이 사용되어 왔다. 그러나 아스팔트 싱글은 재료 특성상 잘 찢어지고 강풍에 의해 쉽게 탈락되며 시공이 어렵다는 단점이 있다. 최근에는 이러한 문제점을 해소하고 시공성 향상 및 공기단축, 원가 절감까지 얻을 수 있는 방법으로 금속기와가 널리 보

\* 주저자 : 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원  
Tel : 042-866-8449, Fax : 042-866-8472  
E-mail : lkh21@lh.or.kr  
접수일자 : 2011년 9월 20일  
1차심사 : 2011년 9월 23일  
심사완료 : 2011년 9월 30일

급되고 있다. 금속기와는 얇은 강판위에 모래 등을 도포한 것이며 경량철골의 윗면에 직접 부착 시공된다. 이러한 금속기와는 재질상 두께가 얇아 직격뢰가 발생되면 용융으로 인한 천공이 발생되어 누수가 발생할 우려가 있어 이에 대한 실험적 연구가 일부 수행되어 왔다[1-2]. 그러나 금속기와는 각국의 건축문화 특성에 따라 재질과 형상이 다르므로 이러한 연구결과들이 국내 금속기와의 그대로 적용될 수 있는 것은 아니다. 따라서 본 연구에서는 국내 공동주택 금속기와 지붕의 낙뢰에 대한 특성을 실험적으로 고찰하고 이들 결과를 반영하여 금속기와 지붕에 적합한 수리시스템의 시공기술을 개발하고자 한다. 특히 금속기와의 피뢰도선을 견고하게 지지할 수 있는 자재들을 개발하고 이들의 시공기술들을 개발하고자 한다.



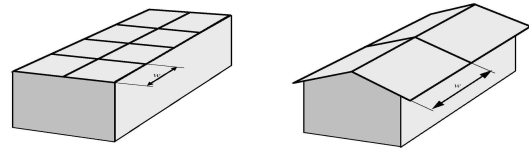
그림 1. 공동주택 지붕의 낙뢰피해 사례  
Fig. 1. Lightning damage occurred at the apartment roof

## 2. 수리시스템 관련 기술 기준 및 금속기와의 수리시스템 시공 문제점

### 2.1 수리시스템에 대한 설계 및 시공 기준

건축물 구조체를 낙뢰로부터 보호하기 위한 외부 피뢰시스템은 수뢰부, 인하도선, 접지 등으로 구성되며 이들의 설계 및 시공에 관해서는 국제표준(IEC 62305-3)과 한국산업표준(IEC KSC 62305-3)에서 규정하고 있다. 이들 규정들은 수리시스템을 돌침, 수평도체, 메쉬 등으로 구성할 수 있도록 규정하고 있으며, 특히 고층 건축물에서는 그림 2와 같이 돌침보다는 메쉬형태의 수리시스템을 권장하고 있다[3]. 이때 지붕

의 돌출부분이나 모서리부분은 보조피뢰침을 설치하여 보호하도록 하고 있다.



※  $w$  : 메시치수  
(a) 평지붕 (b) 경사지붕

그림 2. 국제표준에서 권장하는 수리시스템(메쉬형)  
Fig. 2. Mesh air-termination system based on IEC

또한 건축물에 시공되는 금속성 건축자재는 용융이나 천공의 위험 등이 없으면 수뢰부의 일부로 활용될 수 있도록 규정하고 있다. 따라서 금속성의 난간이나 경량철골 등은 수뢰부의 일부로 활용될 수 있다. 수뢰부로 사용되는 자재들은 구리, 알루미늄, 스테인레스강 등을 재료들을 사용할 수 있으며 형상은 원형 단선, 테이프형 단선, 연선 등이 사용될 수 있다. 또한 이들 재료의 굵기는 재질의 종류 및 형상에 따라 다르게 규정하고 있으며 원형단선의 경우 구리나 알루미늄의 최소 단면적은 50[mm<sup>2</sup>](직경 8[mm])로 동일하게 규정하고 있다.

### 2.2 금속기와의 수리시스템 시공 문제점

금속기와는 알루미늄과 아연함금으로 도금된 갈바륨 강판(Galvalume steel)을 이용한 지붕재로서 기본 강판의 두께는 0.4[mm]정도이다. 구조는 55[%] 알루미늄-아연도금강판과 보호피막 등으로 이루어져있다.

기존의 아스팔트싱글지붕은 경량철골위에 베니어합판을 설치하고 그 위에 아스팔트싱글이라는 자재를 설치하였지만 금속기와는 표 1과 같이 베니어합판과 같은 보조자재를 설치하지 않고 경량철골 위에 그대로 금속기위를 설치한다. 따라서 금속기와 위에 피뢰도선을 지지하기 위한 지지대를 견고하게 설치하는 것이 곤란하게 된다. 또한 피뢰도선 지지대를 설치하더라도 장기간의 시간이 경과하면 부식 등에 의해 누수의 우려가 크게 증가된다. 따라서 이러한 금속기와의 특성이나 형

상에 적합한 피뢰자재들이 요구되지만 아직 개발되지 못하고 있는 것이 현실이다. 그 결과 그림 3과 같이 기존의 아스팔트싱글 지붕에 적용하던 피뢰도선을 금속기와 지붕에 적용하고 있어 미관상의 저하, 누수의 우려, 시공성의 저하 등의 문제점이 제기되고 있다.

표 1. 아스팔트싱글과 금속기와지붕의 시공기술 비교  
Table 1. Construction techniques of asphalt-Single roofing and metal roofing

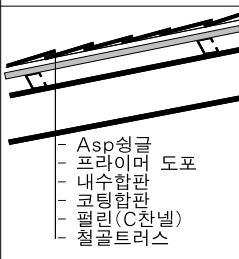
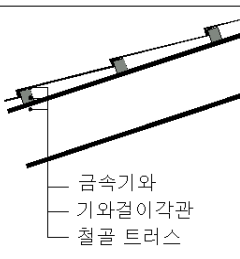


	아스팔트싱글 (기준)	금속기와 (현재)
(a) 설계	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asp싱글</li> <li>- 프라이머 도포</li> <li>- 내수합판</li> <li>- 코팅합판</li> <li>- فل린 (C찬널)</li> <li>- 철판 트러스</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 금속기와</li> <li>- 기와결이각판</li> <li>- 철판 트러스</li> </ul>
(b) 시공		



그림 3. 금속기와에 설치된 기존 수평도체지지대  
Fig. 3. Conventional of air-termination conductor supports installed on the metal roof

### 3. 금속기와 및 알루미늄 피뢰도선의 낙뢰임펄스에 대한 특성 고찰

#### 3.1 금속기와의 낙뢰임펄스 내구성 고찰

금속기와에 직격뢰가 발생되면 금속기와의 재질이 나 두께에 따라 용융에 의한 천공이 발생되어 누수가 될 수 있다[1]. 본 연구에서는 국내의 공동주택에 주로

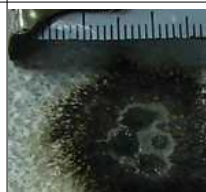



사용되고 있는 금속기와에 단시간 낙뢰임펄스전류를 부과하고 금속기와의 용융 특성을 관찰하였다.

실험에 사용된 금속기와는 기본장판 두께가 0.4[mm]이며 알루미늄과 아연합금으로 도금된 갈바륨 강판으로서 한쪽 면에는 모래가 도포되어 있다. 그림 4와 같이 낙뢰임펄스전류 발생기를 가지고 전선을 알루미늄과 아연합금이 도금된 면에 갖다 대고 다양한 크기의 임펄스전류(10/350[μs] 과형)를 부과하였다. 실험결과 금속기와는 부과된 단시간 임펄스전류에 대하여 표 2와 같이 그을음과 용융현상만 발생되었고 천공은 발생되지 않았다.



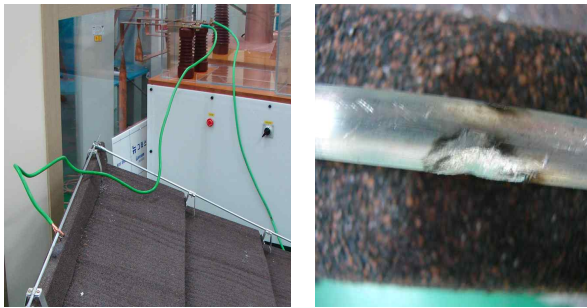
그림 4. 금속기와의 임펄스 내구성 실험  
Fig. 4. Experiment of capability to withstand impulsive current of metal roof

표 2. 금속기와의 임펄스 내구성 실험 결과  
Table 2. Experiment results of capability to withstand impulsive current of metal roof

임펄스전류	30[kA]	50[kA]
용융부분크기	지름 약 1[cm]	지름 약 1.5[cm]
용융 상태		
임펄스전류	70[kA]	100[kA]
용융부분크기	지름 약 2[cm]	지름 약 2.5[cm]
용융 상태		

### 3.2 알루미늄도선의 낙뢰임펄스 내구성 고찰

금속기와 지붕에 알루미늄도선(지름 8[mm])을 피뢰도선으로 사용하기 위해서 알루미늄 피뢰도선의 직격뢰에 대한 내구성을 실험하였다. 실험은 피뢰등급 3등급의 최대 낙뢰전류인 100[kA]의 크기(10/350[ $\mu$ s] 파형)를 갖는 임펄스전류를 그림 5 (a)와 같이 전선을 통하여 알루미늄 도선에 직접 부과하였다. 그 결과 그림 5 (b)와 같이 알루미늄 도선은 단선되지 않고 단지 부분적인 용융현상만 나타났으며 이는 알루미늄 도선(지름 8[mm])이 단시간 뇌격전류에 대하여 충분한 내구성이 있음을 보여준다.



(a) 임펄스 실험 전경 (b) 임펄스 실험 결과  
(a) Overview of experiment (b) Result of Experiment

그림 5. 알루미늄 피뢰도선에 대한 임펄스전류(100[kA], 10/350[ $\mu$ s]) 내구성 실험 및 결과  
Fig. 5. Overview of impulse(100[kA], 10/350[ $\mu$ s]) experiment testing durability of aluminium conductor and the result of experiment

또한 그림 6 (b)와 같이 알루미늄 도선에 직접 나사홈을 만들어 접속하는 방식에 대하여 단시간 임펄스전류 내구성을 평가하였다.

나사홈을 만들어 접속한 알루미늄 피뢰도선의 양단에 100[kA] (10/350[ $\mu$ s])의 임펄스전류를 그림 6 (a)와 같이 부과한 결과 접속부는 그림 6 (b)와 같이 접속 상태가 해체되었다. 따라서 알루미늄 피뢰도선에 직접 나사홈을 만들어 서로 접속하는 방식은 낙뢰전류에 충분한 내구성을 갖지 못하므로 전용의 접속자재를 사용하여 접속하여야 되는 것으로 나타났다.



(a) 임펄스 실험 전경 (b) 임펄스 실험 결과  
(a) Overview of experiment (b) Result of Experiment

그림 6. 알루미늄 피뢰도선의 나사 접속방식에 대한 임펄스전류(100[kA], 10/350[ $\mu$ s]) 내구성 실험 및 결과  
Fig. 6. Overview of impulse(100[kA], 10/350[ $\mu$ s]) experiment and experiment results of capability to withstand impulsive current of screw connection

### 3.3 금속기와지붕의 전기적 연속성 고찰

금속기와는 바깥쪽 면이 모래로 도포되어 있고 안쪽은 알루미늄과 아연합금이 도금된 면이다. 금속기와 지붕은 다수의 금속기위를 경량철골 위에 부분적으로 겹쳐가면서 설치하여 완성된다. 이때 금속기위에 낙뢰가 발생되면 금속기와 끼리의 이음매 부분에서는 전기적 불완전접속으로 방전현상이 나타날 수 있다. 이와 같이 금속기와 지붕에 낙뢰가 발생되었을 경우의 현상을 파악하기 위하여 그림 7과 같이 금속기와 지붕을 축소한 시험체를 제작하여 임펄스 전류를 부과하는 실험을 하였다.

시험체의 우측하단에 접지선을 연결하고 좌측상단에 임펄스전류(100[kA], 10/350[ $\mu$ s])를 공급하였다.

실험결과 그림 7과 같이 시험체의 임펄스전류 공급점(좌측 상단)과 접지선 연결부분(우측 하단)에서만 섬락이 발생되고 금속기와들끼리 겹치는 이음부분에서는 섬락이 발생되지 않았다. 이는 금속기와들이 지붕철골조에 접촉되어 있으므로 임펄스 전류가 금속기와보다는 경량철골조를 통하여 흐르고 있음을 나타낸다. 이러한 실험결과는 금속기와 지붕에 낙뢰가 발생되면 낙뢰전류는 대부분 경량철골 구조물을 통하여 흐르게 된다는 사실을 입증한다. 따라서 금속기와 지붕에서 경량철골 구조물을 인화도선과 확실하게 접속하여야 한다.





그림 7. 금속기와지붕의 낙뢰 모의 실험 전경  
Fig. 7. Overview of impulse experiment of metal roof

#### 4. 금속기와 지붕용 피뢰용 자재개발 및 시공 사례

##### 4.1 금속기와 지붕용 피뢰자재 개발

금속기와 지붕에 피뢰도선을 견고하게 장착하고 누수를 방지하며 편리하게 시공할 수 있는 각종 피뢰도선 자재들을 개발하였다. 피뢰도선 자재의 개발에서 가장 중요하게 다루었던 점은 견고한 지지대의 고정 및 누수 우려의 해소이다. 이러한 목적을 위하여 그림 8과 같이 금속기와들이 서로 연결되는 경량철골 기와걸이 각관의 수직면에 설치할 수 있는 피뢰도선 지지대들을 개발 하였다. 그림 9와 같이 금속기와 지붕에 설치할 수 있는 다양한 수뢰시스템 자재들을 개발하였으며 이들 자재들은 경량철골 기와걸이 각관의 수직면에 부식을 방지하기 위한 방식용 나사못을 이용하여 고정할 수 있도록 하였다.

경사면에 설치되는 피뢰도선 지지대들은 지붕의 경사면에 따라 대응할 수 있도록 상부 지지면의 경사각도를 지붕의 경사각도와 일치시켰다(그림 9 (b)).

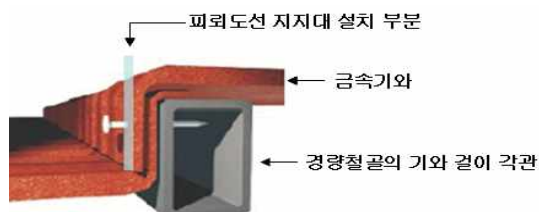


그림 8. 피뢰도선 지지대의 시공 방법에 대한 개요  
Fig. 8. Overview of installation method of conductor supporter

또한 지붕위의 금속 장비들을 보호하기 위한 보조피뢰침도 함께 개발하였다(그림 9 (c)). 보조피뢰침의 설치도 기와걸이 각관의 수직면을 활용토록 하였으며 지지선의 설치가 필요 없도록 제품 자체에 지지대를 내장시켰다.

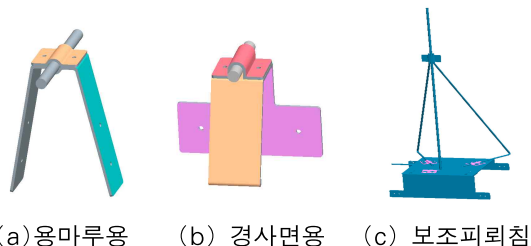


그림 9. 개발된 금속기와용 수뢰시스템 자재들  
Fig. 9. Overview of air-termination components developed for metal roof

##### 4.2 금속기와지붕의 수뢰부 시공 사례

금속기와에 설치되는 피뢰도선은 알루미늄 도선(지름 8[mm])을 사용하였다. 알루미늄 도선은 독일 등 유럽국가에서 일반적으로 사용되는 피뢰도선 재료이며 금속기와가 알루미늄과 아연합금으로 도금된 강판이므로 이종금속 부식에 대해서도 강점을 갖게 된다. 또한 경제성과 시공성에서도 탁월한 강점을 갖고 있다.

###### ① 용마루부분 피뢰도선 시공

부식을 방지하기 위해 방식용 나사못을 사용하여 전동드릴로 용마루 부분의 각관 측면에 피뢰도선 지지대를 1m 간격으로 설치하였다(그림 9).

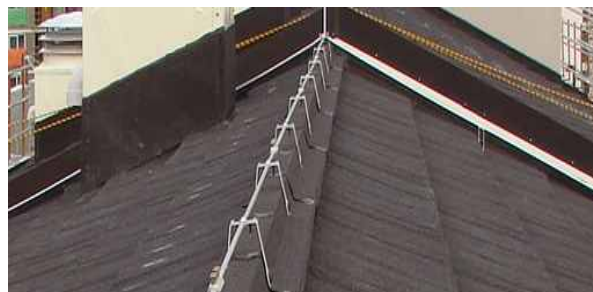


그림 10. 용마루 부분의 피뢰도선 시공 사례  
Fig. 10. Picture of air-termination system installed at the ridge of a roof

② 경사면 피뢰도선 시공

금속기와의 경사면에도 동일하게 기와결이 각판의 수직면을 활용하여 방식용 나사못을 이용하여 지지대를 약 1[m] 간격으로 설치하고 피뢰도선을 설치하였다. 그림 11은 금속기와의 경사면에 피뢰도선을 설치한 사례를 보여주고 있다.



그림 11. 금속기와지붕 경사면에서의 피뢰도선 시공 사례  
Fig. 11. Picture of air-termination system installed at the slop of roof

③ 모서리부분 피뢰도선 시공

건축물 구조체의 낙뢰피해가 대부분 모서리나 돌출부에서 발생되고 있으므로 지붕의 각 모서리에는 피뢰도선을 약 30[cm] 정도 돌출되도록 시공하였다. 그림 12는 모서리부분에 설치된 피뢰도선을 보여주고 있다.



그림 12. 모서리 부분에서의 피뢰도선 시공 사례  
Fig. 12. Picture of air-termination system installed at the corner

④ 피뢰도선 접속

피뢰도선은 접속부분을 최소화하기 위해 롤 형태로 길이가 길게 판매되는 알루미늄 도선을 사용하는 것이 바람직하다. 접속부분에서는 기계적 강도 및 전기적 연속성이 만족되는 전용의 접속자재를 사용하였다. 그림 13은 피뢰도선의 시공 및 접속 상태를 보여주고 있다.



그림 13. 피뢰도선의 시공 및 접속 상태  
Fig. 13. Picture of air-termination system installation and connection of conductors

⑤ 보조피뢰침 시공

배기팬들과 같이 지붕면으로부터 돌출된 금속체들은 보조피뢰침을 설치하여 이들 금속체들이 보조피뢰침의 보호범위 안에 들도록 시공하였다. 또한 보조피뢰침은 근접한 피뢰도선과 연결되도록 하였다.

그림 14는 설치된 보조피뢰침을 보여주고 있다.



그림 14. 보조피뢰침의 시공 사례  
Fig. 14. Picture of auxiliary air-termination system installed on the metal roof

⑥ 피뢰도선과 인하도선 및 금속체와의 접속

인하도선이 구리도선으로 사용되고 있을 경우 알루미늄의 피뢰도선을 인하도선과 연결할 때에는 이중금속 부식에 대한 고려를 하여야 한다. 따라서 알루미늄 피뢰도선과 구리의 인하도선을 접속하기 위해서는 그림 15 (a)와 같이 전용의 접속자재를 사용하여야 한다. 또한 지붕위에 돌출되어 있는 금속배관들은 그림 15 (b)와 같이 전기적으로 연결하여 수뢰부로도 활용될 수 있도록 하였다.



(a) 수뢰부와 인하도선 접속 (b) 금속체들의 접속

그림 15. 각종 피뢰도선 및 금속체와의 접속 사례  
Fig. 15. Pictures of connection for the lightning protection system

⑦ 경량철골과 인하도선의 본딩

금속기와지붕에 직격뢰가 발생되면 대부분의 낙뢰전류는 피뢰도선이나 경량철골을 통하여 흐르는 것이 실험으로 확인되었다. 따라서 금속기와 지붕의 피뢰도선을 설치할 때에는 경량철골을 인하도선과 접속하는 것이 중요하다. 그림 16은 지붕의 내부에서 경량철골과 인하도선을 연결한 사례이다.



그림 16. 각종 피뢰도선 및 금속체와의 접속 사례  
Fig. 16. Pictures of connection between roof steel frame and down-conductor

5. 결 론

본 연구는 공동주택에 널리 보급되고 있는 금속기와 지붕에 적합한 수뢰시스템의 자재개발과 현장시공에 대하여 고찰하였다.

금속기와지붕 위에 피뢰도선을 설치하기 위한 방법으로 본 연구에서는 기와결이 각대의 수직면을 활용하는 방법을 제시하였다. 또한 편리하게 시공할 수 있는 다양한 피뢰도선 지지대를 개발하고 현장 시공을 통하여 이들의 시공성 및 경제성에 대한 우수성도 확인하였다.

그러나 보급되고 있는 금속기와는 형태가 다양하므

로 이들의 형상에 적합한 다양한 피뢰설비 자재의 개발이 계속되어야 할 것이다. 또한 국제전기기술표준위원회(IEC)에서 피뢰설비 자재들에 대하여 현재 제정하고 있는 새로운 국제표준과의 적합성에 대해서도 지속적인 검토가 요구된다.

본 연구는 지식경제부 에너지기술평가원의 지원을 받아 토지주택연구원에서 수행 하였습니다(과제번호. 2010 1020 300 230).

References

- [1] Jan Meppelink, Michael Benzin, "Lightning Protection of metal roofs", 28th International Conference on Lightning Portection, 2006. Conference proceedings, pp.1298-1303, 2006.
- [2] Sueta,Helio Eiji, Leite, Duilio Moreira, "Experimental verifications of the use of natural components of structures as part of a LPS", 28th International Conference on Lightning Portection, 2006. Conference proceedings, pp.634-639, 2006.
- [3] IEC 62305-4, Protection against lightning-Part 4: Electrical and electronic systems within structures, 2010.12.
- [4] IEC 62305-1, Protection against lightning-Part 1: General principle, 2010.12.

◇ 저자소개 ◇



이기홍 (李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대 공대 전기공학교육과 졸업. 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원. 한국조명전기설비학회 편수이사. IEC TC 81 MT 8 국제전문위원(Member). IEC TC 37/SC 37A WG 3.4.5 국제전문위원(Member). IEC TC 37 국내 전문위원회 위원장. IEC TC 64 & 81 국내 전문위원. APL(아시아태평양 낙뢰컨퍼런스) 한국위원장. APEI(아시아태평양 전기설비컨퍼런스) 한국위원장.

E-mail : lkh21@lh.or.kr