

RF Connector

김희서

요 약

본고에서는 RF Connector 에 대해서 알아본다. 연구실에 존재하는 여러 RF Connector 가 연결된 Cable 은 주로 CANARE 사의 L-5D2W 동축 케이블을 사용하고 있고, 길이는 50cm, 1m, 3m 등이 있다.

특정 정해진 조건에서 insertion loss 를 1) Compugen & Compuscope 측정 실험에서 Local Oscillator 로 사용된 ‘ESG - D4000A: signal generator’ 와 ‘E4405B: Spectrum analyzer’ , 2) VNA (Vector Network Analyzer)로 측정하였다.

I. 서 론

RF Connector 는 통신 실험에서 매우 중요한 역할을 한다. 이는 고주파 신호를 전송하고 수신하기 위해 안테나, 케이블 또는 다른 RF 장치에 연결하는데 사용되는 연결장치로, RF Connector 는 안정적인 신호전달과 최소한의 신호 감쇄를 보장하며, 측정 및 실험에 필요한 정확한 데이터를 얻는 데 도움을 준다. 즉, RF Connector 는 신호의 무결성을 보장하고, 미세 조정 및 연결 편의성, 다양한 형태로 호환성이 좋기에, 통신실험에서 안정적이고 정확한 신호 전달을 보장하여, RF 신호의 품질과 성능을 평가하고 최적화하는 데 있어서 핵심적인 역할을 한다. 이런 RF Connector 가 연결된 케이블은 케이블 자체에서 신호 손실이 발생하거나, 반사와 임피던스 불일치 등의 여러 이유로 insertion loss 가 발생하여, RF 신호의 품질에 악영향을 주기에, 연구실에 존재하는 cable 의 insertion loss 을 측정할 것이다.

본문에서는 자주 사용하는 케이블인 지난 달(2023.06)에 진행된 장거리 측정 실험에서 사용한 RF Connector 인 동축 케이블의 insertion loss 와 RF connector 의 종류에 대해서 알아본다.

II. 본 론

2.1 Connector

2.1.1 Female vs Male

Connector 는 사용목적에 따라 크게 3 가지로 분류되는 데, 상세히 분류하면 SMA, BNC 등이 있다. 주로 케이블 및 Connector 는 사용자가 측정 장비와 DUT (Device Under Test)를 전기적으로 연결할 때

사용한다. 물리적인 위치는 케이블의 길이를 결정하고, 측정 장비 및 DUT 의 주파수 범위 및 주파수 대역폭에 따라 특별한 Connector 의 사용을 결정한다.

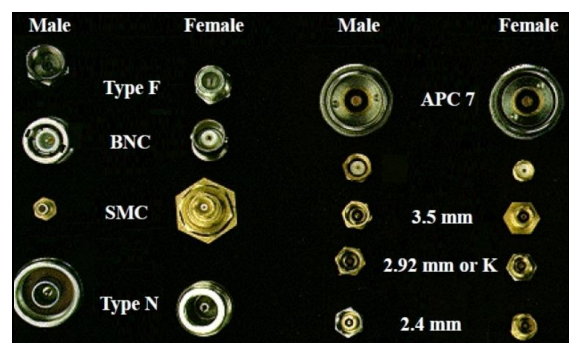


Figure 1 RF Connector

주파수별 Connector 크기가 다른 이유는 Connector 의 사용 가능한 주파수는 동축 케이블 구조에서 원형 웨이브 가이드의 도파 가능한 모드의 여기에 따라 제한되는 데, 외곽 도체의 지름을 줄일수록 사용 가능한 최고 주파수는 커진다. 그리고 두 개의 Connector 를 연결할 경우에는, 다른 연결면 및 임피던스의 영향으로 임피던스 및 손실의 변화가 발생한다.

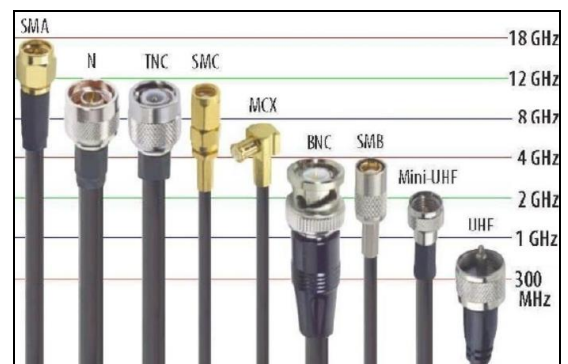


Figure 2 RF Connector - Frequency

이때, Connector 는 Female, Male 형태로 나뉘는데, 이것은 Connector 의 물리적, 외형적 형태와 연결방법을 나타낸다. Female 의 경우, 일반적으로 “구멍 형태” 로 설계되어 있으며, 다른 장치나 케이블의 Male Connector 와 연결된다. 반면, Male 의

경우, 일반적으로 편이 있는 형태로, Female Connector 의 구멍에 삽입된다. 이 Connector 들을 구별하는 방법은 물리적, 외형적 형태와 편, 구멍의 존재로 파악할 수 있으며, “Female Connector” 는 “구멍” 이 있고, “Male Connector” 는 “편” 을 가지고 있는 형태이다. [1]

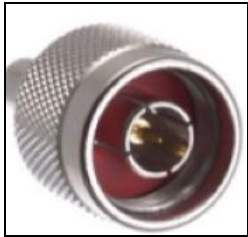


Figure 3 Male Connector [2]



Figure 4 Female Connector

2.1.2 N-type Connector

50 옴 N-type Connector 는 1940 년경, 5 GHz 이하의 군용 시스템에 사용하기 위해 고안된, RF (Radio Frequency) Connector 의 한 종류이다.



Figure 5 N-type Connector

N-type Connector 는 대형이며, 고주파 신호 전달에 사용되는 RF Connector 로, Coaxial 형태로 설계되어 있고, 외부에 나사 모양의 커플링 매커니즘을 가지고 있다. 그리고 50 옴 또는 75 옴의 임피던스를 가지고 있고, 다양한 주파수 범위에 사용된다.

특히, 높은 주파수 신호 전달과 우수한 신호 간섭 방지 기능을 제공하기에, RF 애플리케이션에서 뛰어난 성능을 발휘하여, 무선통신, 위성통신, 기지국, 마이크로파 시스템 등 다양한 분야에서 사용된다.

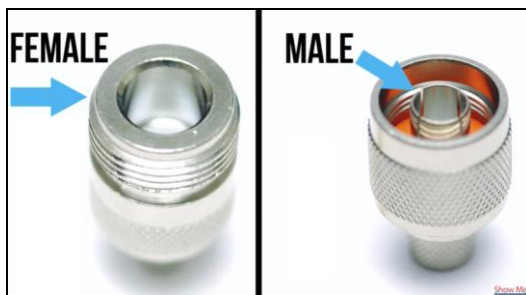


Figure 6 N-type Connector (Male, Female)

N-type Connector 는 Female, Male 형태로 제공되는데, 위의 사진과 같이 Female, Male N-type Connector 가 구성되어 있다.



Figure 7 SMA Male to N (Male, Female)

2.1.3 BNC/TNC

BNC (Bayonet Neil-Concelman Connector)는 처음에는 2GHz 까지 사용을 목적으로 군용으로 제작되었다가, 비디오 및 RF 장비 등으로 사용범위를 확장하였다.



Figure 8 BNC

BNC 는 외부 도체에 슬롯을 가지고 있으며, 플라스틱 유전체를 사용한다. 특히 50 옴 또는 75 옴의 임피던스를 가지며, 주로 비디오, 오디오, 데이터 및 통신 애플리케이션 등에서 사용된다.



Figure 9 BNC (Male, Female)

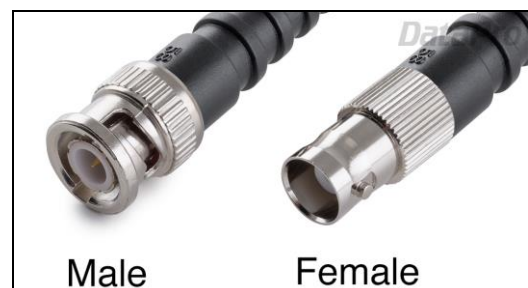


Figure 10 BNC (Male, Female)

TNC (Threaded version of BNC, Threaded Neill-Concelman)는 BNC 가 가지고 있는 단점인, 누설 신호 및 기구적인 안정성의 문제를 해결하여 12GHz 까지 사용 가능하다.



Figure 11 TNC

TNC 는 BNC 와 비슷하지만, 나사로 돌리는 형태의 커플링을 사용하여 개선된 성능을 제공한다. 이러한 나사 커플링은 마이크로파 스펙트럼에서 더 좋은 성능과 더 안전한 연결을 제공하여, 마이크로파 주파수 범위에서 신호의 손실을 최소화하고, 높은 주파수에서도 안정성을 유지하는 데 도움이 된다. 따라서, TNC 는 BNC 에 비해 더 높은 주파수에서 작동하며, 고주파 신호의 전송에 효과적이다.



Figure 12 TNC (Male, Female)

2.1.4 SMA Connector

SMA(Subminiature A) Connector 는 Bendix Scintilla 사 및 Omni-Spectra 사에 의해 개발되어, RF/고주파 영역에서 가장 많이 사용되는 작고 경량화된 디자인을 가진 Connector 로, 공기 겹 없이 케이블의 유전체와 바로 연결되는 구조를 가지고 있다.



Figure 13 SMA Connector (Female, Male)

SMA Connector 는 Male, Female 형태로 구성되며, Male Connector 는 플러그 형태로, Female Connector 는 구멍 형태로 설계되어 있으며, 이들은 스레드형 커플링을 사용하여 연결되며, 나사를 돌려 안정성을 제공한다. 주로 무선 통신, 안테나, 통신 장비 등 다양한 고주파 애플리케이션에서 사용되는 경량화된 디자인을 가진 Connector 이다.





	SMA	RPSMA
Male		
Female		

Figure 14 SMA, RPSMA (Male, Female)

위의 표에서 볼 수 있는 RPSMA (Reverse Polarity SMA)는 SMA Connector 와 비슷한 RF Connector 로, 극성 반전 특성을 가지고 있다.

RPSMA 는 SMA 와 동일한 물리적 크기와 형태를 가지며, 외관적으로는 구별하기 어렵지만 극성이 “반대로” 연결되어 있다. 따라서, RPSMA 는 SMA 와 반대로, Male 이 구멍 형태이고, Female 는 플러그 형태이다. 이러한 극성 반전은 무선 통신 장비 및 안테나에서 특정한 규제 요구사항을 충족하기 위해 사용된다.



Figure 15 SMA Connector (Male/Female)

뿐만 아니라, 앞선 극성 반전 외에도 다른 차이점은 SMA 와 RPSMA 간의 호환성이다. 즉, SMA 와 PRSMA 는 서로 호환되지 않고, SMA 는 SMA 와만 연결이 가능하고, RPSMA 는 RPSMA 와만 연결이 가능하여, 사용 시 정확하게 구분하여 호환성을 확인해야 한다. [3]

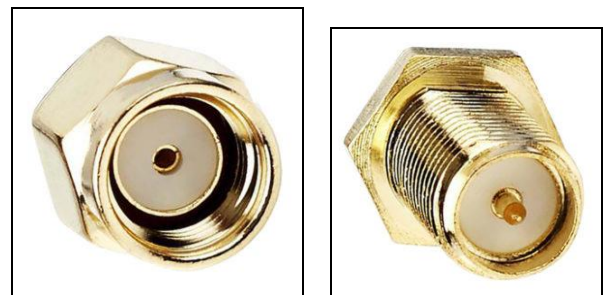


Figure 16 RPSMA Connector (Male/Female)

정리하면, RPSMA 는 SMA 와 극성이 반대로 연결된 RF Connector 로, 물리적으로 유사하지만, 극성 반전과 호환성의 차이가 있다. [4]

2.1.5 DIN



Figure 17 8-PIN MINI DIN

DIN Connector 는 독일 산업 표준인 DIN 에 기반한 Connector 시스템으로, 주로 오디오, 비디오, 전원 및 데이터 전송에 사용된다.



Figure 18 4-PIN MINI DIN (S-Video)

DIN Connector 는 2 개 이상의 핀을 가지며, 핀의 수는 커넥터의 유형에 따라 다를 수 있고, 일반적으로 3, 5, 7, 8 핀 등의 구성이 있다.



Figure 19 DIN Connector

DIN Connector 는 원형 또는 다각형 형태로 설계되어 있으며, 원형 DIN Connector 는 일반적으로 오디오 및 비디오 신호 전송에 사용되며, 다각형 DIN Connector 는 전원 및 데이터 전송에 사용될 수 있다.

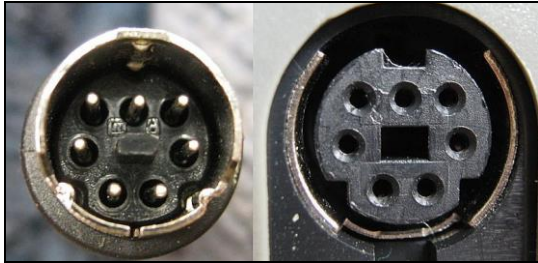


Figure 20 DIN Connector (Male, Female)

DIN Connector 는 다른 Connector 와 같이 Female, Male 로 구성되어 있는데, 위의 사진처럼 구별할 수 있다.

2.1.6 GR874



Figure 21 GR874

“G874” , ” GR874” 또는 “874” Connector 는 Female, Male 구별이 없다. 즉, 일반적으로 Female, Male 구별없이 동일한 성별의 Connector 간에 연결이 이루어진다. 주로 마이크로파 통신, 신호 발생기, 신호 측정장비 등 고주파 애플리케이션에서 사용되고, 안정적인 신호 전달과 내구성이 요구되는 환경에서 주로 사용되며, 고주파 전자 장비에서 신호의 정확한 전송을 보장한다.

2.1.7 SMC

SMC (Subminiature C)는 1960 년경에 개발되었고, SMA 보다 작은 크기 때문에 소형 장비의 측정에 적합하다. 일반적으로 50 옴 또는 75 옴의 임피던스를 가지며, 주로 낮은 주파수 범위에서 사용되며, 작은 크기와 간단한 연결방식으로 인해 장치 간 연결이 용이하며, RF 신호 전송에 안정성과 신뢰성을 제공한다.



Figure 22 SMC Connector (3-way Female, Male-to-Male)

SMC 도 Male, Female 형태로 제공되며, 이들은 스테드형 커플링을 사용하여 연결되며, 나사를 돌려 안전하고 견고한 연결을 제공한다.

2.1.8 SSMA, SSMB

SSMA (Sub SMA)는 SMA 크기의 70%정도이며, 40 GHZ 까지 가능하고, SSMB 는 SMB 크기의 70% 정도이다. SSMA, SSMB 는 작은 크기와 고주파 성능을 갖고 있기에, 주로 미세 전자 기기 및 고주파 애플리케이션에서 사용된다.

2.1.9 FME



Figure 23 FME Connector (Male, Female)

FME (For Mobile Equipment)는 이동통신 장비에서 사용되는 RF Connector 로, 휴대전화, 무선 통신장비, 차량용 안테나 등과 같은 이동 통신 시스템에서 안테나와 기기 간의 RF 신호 전송을 위해 사용된다.

특히 FME Connector 는 작은 크기를 가지고 있어, 이동 통신 장비의 크기와 디자인에 적합하며, 간단한 설치 방식을 가지고 있어 사용자가 손쉽게 연결하고 해제할 수 있기에, 이동 통신 장비의 안테나 연결에 필요한 안정성과 신뢰성을 제공하는 Connector 로 사용한다.



Figure 24 FME Connector (Male, Female)

즉, 강력하고 낮은 프로파일의 RF Connector 로 최대 2.4 GHz 주파수 범위까지 우수한 성능을 제공하여, 이동통신 애플리케이션에서 사용되는 Connector 이다.

2.2 Insertion Loss

연구실에는 다양한 Cable 이 존재한다. 그 중 2023 년 6 월에 진행한 장거리 통신 측정 실험에서 사용한 RF Connector 가 연결된 cable 과 다른 측정 실험에서 자주 사용했던 cable 을 중심으로 insertion loss 를 측정하였다. 이때 “insertion

loss” 는 신호가 Connector, 케이블, 스위치 등의 장치를 통과할 때 발생하는 신호 감쇠를 의미하며, 이 감쇠는 일부 신호 에너지가 장치 내부에서 소비되거나 산란되어 발생할 수 있다. 따라서, insertion loss 는 이런 신호 감쇠를 측정하고 설명하는 데 사용되는 지표로 주로 dB 단위로 표현되며, RF 시스템에서 신호 전달의 효율성과 신호 감쇠를 최소화하는 데 중요하다.



Figure 25 ESG – D400A

2.2.1 insertion loss 측정 조건

Insertion loss 측정은 1) 전자전기공학과 사무실에서 대여할 수 있는 Vector Network Analyzer (N5230A)만으로 측정하거나 2) Compugen & Compuscope 측정 실험에서 Local Oscillator 로 사용된 ‘ESG - D4000A: signal generator’ 와 ‘E4405B: Spectrum analyzer’ 로 측정할 수 있다.

1) VNA: Center Frequency 는 1 GHz, Span 는 20MHz, Average 는 100, Sweep time 은 21.867 msec, Number of Points 는 801 로 설정하여 측정하였고, port 1, 2 의 Back-to-Back 연결 시 insertion loss 는 0.772 dB 이다.

2) Spectrum Analyzer: 측정 조건은 Res BW 는 1MHz, Center Frequency 는 1GHz, VBW 는 1MHz, Sweep 은 4ms (401pts), Span 는 160MHz 로 설정하였고, signal Generator 는 Frequency: 1GHz, Amplitude: -10 dBm 으로 설정했다.

Spectrum analyzer 용어:

1) VBW (Video Bandwidth)

- VBW 는 Spectrum Analyzer 에서 사용되는 “압축 및 이동 평균 필터의 대역폭” 을 나타내며, 스펙 트럼 표시의 부드러움과 잡음 레벨 감소에 영향을 미친다. 작은 VBW 값은 스펙트럼 표시를 더 정확하게 나타내지만, 대역폭이 줄어들어 낮은 레벨의 신호를 놓칠 수 있다. 큰 VBW 값은 부드러운 표시를 제공하지만, 세부 정보를 희석시킬 수 있다.

2) Sweep

- Sweep 은 Spectrum Analyzer 가 주파수 스펙트럼을 캡처하는 데 사용되는 “시간 간격” 을 의미하며, 스펙트럼 표시의 갱신속도와 관련 있다. 짧은 Sweep 시간은 빠른 갱신을 제공하지만, 각 Sweep 에서

수집되는 데이터 포인트의 수가 줄어들어 세부 정보를 잃을 수 있는 반면, 긴 Sweep 시간은 더 많은 데이터 포인트를 수집하지만, 갱신 속도가 느려질 수 있다.

3) Span

- Span은 Spectrum Analyzer에서 표시되는 “주파수 범위”를 나타내며, 주파수 축의 시작과 끝 값 사이의 차이로 표현된다. Span 값을 조정하면 분석하려는 주파수 범위를 확장하거나 축소할 수 있다. 작은 Span 값은 좁은 주파수 범위를 분석할 때 유용하며, 큰 Span 값은 넓은 주파수 범위를 분석할 때 사용된다.

4) Res BW (Resolution Bandwidth)

- Res BW는 주파수 도메인에서 인접한 주파수 구성 요소와의 “간격”을 나타내며, 더 작은 Res BW 값은 더 좋은 주파수 분해능을 제공하지만, 계산 및 처리 시간이 증가한다. Res BW 값은 주로 스펙트럼 분석의 세부성과 주파수 해상도에 영향을 준다.

2.2.2 측정 결과

2.2.2.1 CANARE L-5D2W N형-SMA 동축 케이블(3m)



Figure 26 CANARE L-5D2W N형-SMA 동축 케이블(3m)

해당 Cable은 CANARE (카나레)가 만든 케이블로, 50cm, 1m, 3m 등이 연구실에 존재하며, 장거리 측정 실험에서 GPS 안테나와 송, 수신기를 연결할 때 사용하였다. 이 제품은 양쪽의 Connector의 종류와 길이에 따라 여러 제품들이 존재한다.

1-1	1.02911 dB	1GHz
1-2	1.076316 dB	1GHz

결과는 다음과 같은 표로 나타냅니다. 1 번째 열은 측정 후 기록된 이름으로 해당 제품을 차후 다른 케이블과 식별하는 용도로 사용했다. 2 번째 열은

VNA의 결과로 나온 값을 나타내며, 3 번째 열은 Center Frequency 값인 1GHz를 나타낸다.

CANARE L-5D2W N형-SMA 동축 케이블 (3m)의 평균 dB 값은 “1.0527135dB”이다.

2.2.2.2 CANARE L-5D2W N형-SMA 동축케이블 (1m)

2-1	0.471985 dB	1GHz
2-2	0.422784 dB	1GHz
2-3	0.446326 dB	1GHz

CANARE L-5D2W N형-SMA 동축 케이블 (1m)의 평균 dB 값은 “0.447032 dB”이다. 1m, 3m의 결과를 통해 길이에 따라 성능이 다른 것과 길이가 길어질수록 성능이 안 좋은 것을 확인할 수 있다.

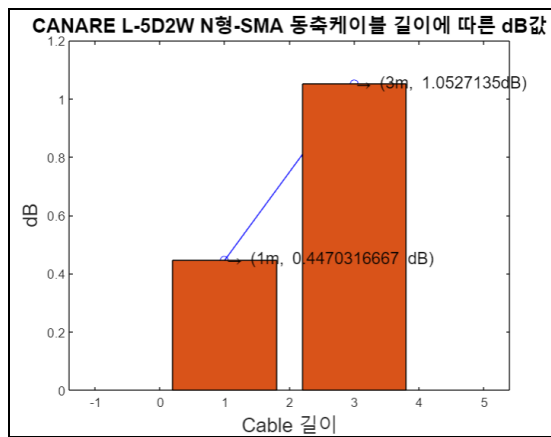


Figure 27 Connector 길이에 따른 insertion loss

위의 사진을 보면, Connector 길이에 따른 insertion loss를 측정한 결과이다. 1m 일 때 평균 0.4470316667 dB, 3m 일 때 1.0527135 dB이다. 즉, 길이가 길어짐에 따라 insertion loss가 커진다는 것을 확인할 수 있다.

2.2.2.3 CANARE L-5D2W N형-N형 동축케이블 (50cm)



Figure 28 CANARE L-5D2W N형-N형 동축케이블 (50cm)

3-1	0.473225 dB	1GHz
-----	-------------	------

3-2	0.486291 dB	1GHz
3-3	0.482168 dB	1GHz

CANARE L-5D2W N 형-SMA 동축 케이블 (50 cm)의 평균 dB 값은 “0.48056133dB” 이다.

2.2.2.4 CANARE L-5D2W SMA - SMA 동축케이블 (50cm)

4-1	0.255387 dB	1GHz
4-2	0.274485 dB	1GHz
4-3	0.263058 dB	1GHz
4-4	0.272038 dB	1GHz
4-5	0.280524 dB	1GHz
4-6	1.347741 dB	1GHz
4-7	0.26491 dB	1GHz
4-8	0.265397 dB	1GHz
4-9	0.256089 dB	1GHz
4-10	0.263256 dB	1GHz

CANARE L-5D2W SMA - SMA 동축케이블 (50cm)의 평균 dB 값은 “0.26612711 (4-6 제외) dB” 이다.

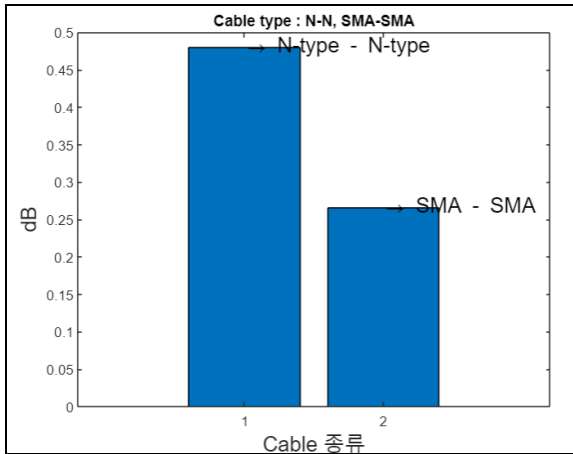


Figure 29 Connector type 에 따른 insertion loss

해당 결과는 동일한 길이의 케이블을 Connector type 에 따른 insertion loss 를 측정한 것으로, SMA-SMA 의 경우, 0.26612711 dB, N type-N type 의 경우, 0.48056133 dB 이다. 즉, 동일한 길이의 케이블일 때, Connector 의 경우, SMA-SMA 이 더 좋은 insertion loss 를 가지는 것을 확인할 수 있다.

그 이유는 일반적으로 SMA Connector 는 N-type Connector 보다 insertion loss 가 더 작는데, SMA Connector 는 작은 크기와 높은 주파수 성능을 가지며, 주로 상대적으로 낮은 주파수 범위에서

사용되지만, 더 높은 주파수 범위에서 insertion loss 는 증가할 수 있다.

반면, N-type Connector 는 SMA Connector 보다 크고 더 넓은 주파수 범위에서 사용되며, SMA Connector 보다는 더 크고 비싸고 튼튼한 구조를 가지고 있다.

정리하면, 일반적으로 SMA Connector 의 insertion loss 는 N-type Connector 보다 작지만, 실제로 사용되는 주파수 범위 및 애플리케이션에 따라 insertion loss 는 다를 수 있다.

2.2.2.5 SMA Male to SMA Male Cable with ‘2-3’

해당 측정 결과에는 50cm, 1m, 1.5m SMA cable 과 장거리 측정 실험에서 옥상의 안테나와 송신기를 연결할 때 사용한 매우 긴 검은색 Cable 을 측정하였다.



Figure 30 SMA Male to SMA Male Cable with ‘2-3’

장거리 측정 실험에서 사용한 cable 은 ‘5-13: long’ 으로 나타내었다. 그리고 ‘with 2-3’ 의 경우, Connector 가 SMA-SMA 이기에, ‘CANARE L-5D2W N 형-SMA 동축케이블 (1m)’ 을 함께 사용했다.

5-1 (50cm)	0.53669	1GHz
5-2 (50cm)	0.559958	1GHz
5-3 (1m)	0.9988415	1GHz
5-4 (50cm)	2.1218695	1GHz
5-5 (50cm)	0.55389	1GHz
5-6 (1.5m)	1.453497	1GHz
5.7 (1m)	1.007544	1GHz
5.8 (1m)	1.078705	1GHz
5.9 (1m)	1.024348	1GHz
5.10 (1m)	1.006321	1GHz
5.11 (1m)	1.022337	1GHz
5.12 (50cm)	0.433146	1GHz
5.13 (long)	8.876134	1GHz

SMA Male to SMA Male Cable 의 평균 dB 값은 50cm 는 “0.520921 dB” (5-4 제외), 1m 는 “1.023016083 dB” , 1.5m 는 “1.453497 dB” 이고, long cable 은 “8.876134 dB” 이다.



Figure 31 long cable

이때 long cable 의 정식 명칭은 “LMR400 Low Loss Coaxial Cable SMA male and SMA Male 20m” 이고, 임피던스는 50 옴, 케이블 유형은 LMR400 50-7 저 손실 RF 동축 케이블이며, 다양한 RF Connector 와 길이의 cable 을 필요에 따라 구입할 수 있다.

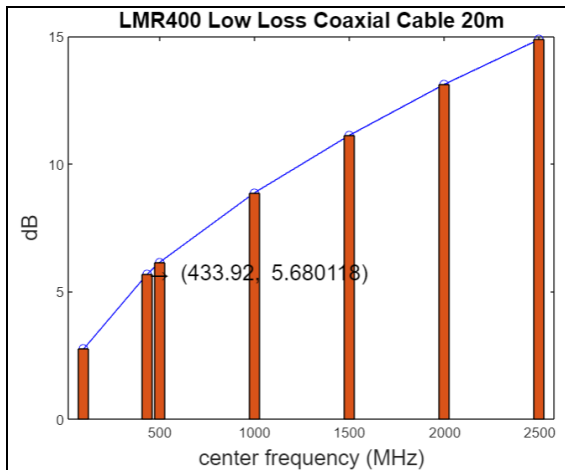


Figure 32 LMR400 Low Loss Coaxial Cable 20m

2.2.2.6 CANARE Lightning Arrester with 2-3



Figure 333 CA35RS Lightning Arrester

Lightning Arrester 는 장거리 측정 실험에서 차량과 GPS 안테나를 연결할 때 사용한 제품인 Lightning Arrester 이다. [5]

해당 제품은 전기 설비나 전기 장비를 번개로부터 보호하기 위한 장치로, 번개는 높은 전압과 전류를 동반한 강력한 전기 방전이기에 전기 설비나 전기 장비에 심각한 손상을 초래할 수 있다. Lightning Arrester 는 번개 에너지를 흡수하고 땅으로 안전하게 배출하여 전기 설비를 보호하는 역할을 한다. 장거리 측정 실험에서 사용한 것과 같이 안테나 시스템과 결합하여 사용되기도 하고, 옥상과 같은 높은 위치에 설치되어 번개의 전기 방전을 유도하고, 그로부터 보호되는 구조물을 안전하게 유지시키는 피뢰침과 함께 사용하기도 한다.

6-1	0.62 dB	1GHz
6-2	0.63 dB	1GHz
6-3	0.65 dB	1GHz
6-4	0.77 dB	1GHz

CA35RS Lightning Arrester with 2-3 의 평균 dB 값은 “0.6675 dB” 이다.



Figure 34 CA35RS Lightning Arrester

III. 결 론

본고에서는 RF Connector 의 다양한 종류와 연구실 내 존재하는 여러 Connector 가 연결된 cable 의 insertion loss 를 측정하여 성능을 파악하였다.

참 고 문 헌

- [1] LIG 넥스원, “RF Connector 의 발전과정 및 종류”
- [2] “Gender Terminology for Electrical Connectors and Fasteners”, digikey, June. 2020, <https://forum.digikey.com/t/gender-terminology-for-electrical-connectors-and-fasteners/7180>,

[3] “What Are SMA & RP-SMA Connectors and What’s the Difference? “, linitx , Sep. 2022,
<https://blog.linitx.com/what-are-sma-rp-sma-connectors-and-whats-the-difference/>

[4] “What are DIN connectors?” , cablestogo,
<https://www.cablestogo.com/learning/connector-guides/din>

[5] “Grounding of antenna / prizemňovanie antény – Nagoya BA-6200” , youtube,
https://www.youtube.com/watch?v=0bfUR7Z2_n4

[6] “Different Types of Screws Heads - That You Must Know” , Mechanical Booster,
<https://www.mechanicalbooster.com/2018/05/types-of-screws-heads.html>



Figure 34 SMA Male to SMA Male Cable

Appendix: 부록 1.

부록에는 측정 결과값의 일부를 첨부한다.



Figure 32 CANARE L-5D2W SMA – SMA 동축케이블 (50cm)

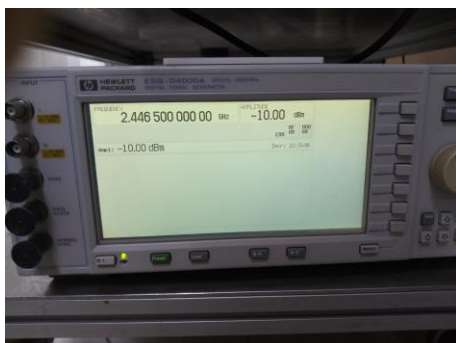


Figure 33 ESG – D400A signal generator



Figure 35 SMA Male to SMA Male Cable

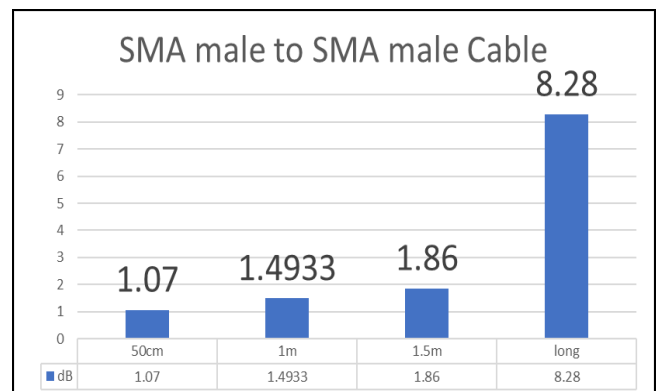


Figure 36 SMA male to SMA male cable 길이에 따른 결과값

Appendix: 부록 2. 볼트와 너트

다음은 2023년 7월 3일에 첨부한 내용으로, 나사의 구조와 볼트/너트에 대해서 알아본다.

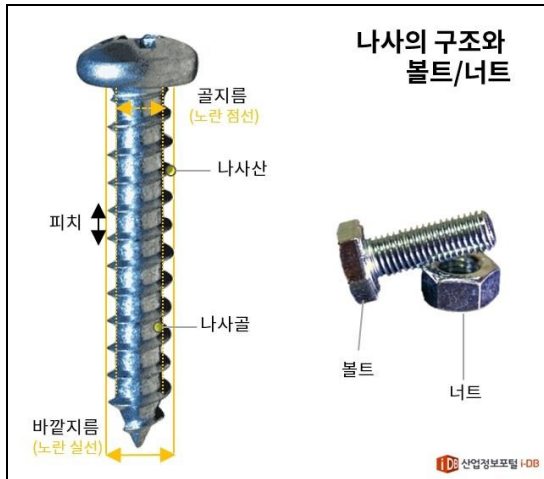


Figure 37 원 : 나사못, 오 : 볼트, 너트

볼트 (Bolt)는 수나사로, 원통면에 나선으로 표면이 파인 나사이고, 너트(Nut)는 암나사로, 구멍 안쪽에 나사산이 파여 있다. 이 나사산은 같은 규격의 볼트와 꼭 맞물린다.

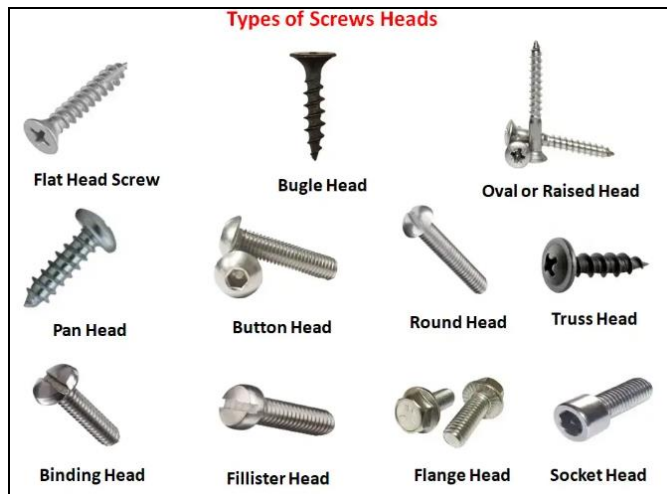


Figure 38 Types of Screws Heads

이때 나사못과 볼트를 흔히 혼용해서 쓰는 경우가 있는데, 별도의 너트 없이 재료에 박아 조일 수 있는 것은 스크류 (skew) 또는 나사못이라고 하고, 너트가 있어야만 체결할 수 있는 것은 볼트 (Bolt)로 분류한다.

2.1 볼트의 종류

볼트와 너트는 다양한 종류가 있고, 각 용도마다 서로 다른 볼트, 너트를 사용한다.

우선 볼트의 종류에 대해 나열하면 다음과 같다.

- 둥근 머리 볼트
- 접시 머리 볼트
- 트러스 머리볼트
- 아이볼트 (고리볼트)
- 유두머리볼트
- 무두머리볼트

- 샘플 볼트

이 중 자주 사용되는 4가지에 대해서 설명하겠다.

2.1.1 둥근 머리 볼트 (Round head bolt)

둥근 머리 볼트는 머리 부분이 둥그렇게 디자인된 볼트로, 다양한 사용처가 있습니다. 일반적인 기계 조립이나 목재 고정에 자주 사용된다. 즉, 가장 “일반적”으로 사용되는 볼트이다.



Figure 39 철 둥근 머리 십자볼트

2.1.2 접시 머리 볼트 (Countersunk head bolt)

접시 머리 볼트는 머리 부분이 완전히 평평하고 내려간 형태인 볼트로, 표면을 “평평하게” 유지해야 하는 경우에 주로 사용된다. 나사 구멍 안으로 많이 침입하지 않는 디자인으로, 목재, 금속, 플라스틱 등 다양한 재료에 사용할 수 있다. 즉, 볼트를 체결한 후, 볼트 머리가 밖으로 튀어나오지 않아야 하는 곳에 사용된다.

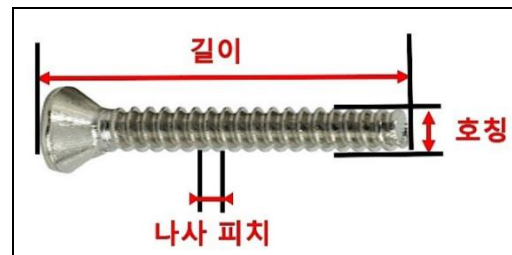


Figure 40 접시머리 십자볼트

2.1.3 트러스머리 볼트 (Thru head bolt)

트러스머리 볼트는 머리 부분이 넓고 둥근 형태인 볼트로, 특히 특정 재료를 강하게 고정해야 할 때 사용된다. 주로 금속 구조물이나 목재에 사용되며, 고정력과 견고성을 강조하는 경우에 많이 선택된다. 즉, 볼트의 머리가 둥글고 우산을 펼친 모양 같아서 우산 머리라고 불리며, 주로 보일러, 컨테이너 철판 외장 조립에 사용된다.



Figure 41 트러스 머리 십자볼트

2.1.4 아이볼트 (Eye bolt)

아이볼트는 머리 부분이 고리 형태로 되어 있어 다른 부품이나 선반, 철사 등을 연결하는 데 사용되는 볼트로, 고정 점이나 물체를 들어 올리기 위해 사용되는 경우가 많다. 특히 환경이나 산업에 따라 다양한 크기와 재질로 제공되며, 적재 중량 등에 따라 강도가 다르다.



Figure 42 스텐 아이볼트 (Eye bolt)

2.2 너트의 종류

너트의 종류는 다음과 같다.

- | | |
|---------|---------|
| - 일반너트 | - 나일론너트 |
| - 로크너트 | - 팝너트 |
| - 나비너트 | - 쌍구너트 |
| - 와리너트 | - 가시너트 |
| - 플랜지너트 | - 아이너트 |
| - 캡너트 | - 인서트너트 |

이 중 자주 사용되는 4 가지에 대해서 설명하겠다.

2.2.1 일반 너트 (Standard nut)

일반 너트는 일반적인 “육각형” 모양의 너트로, 다양한 기계 및 구조물에서 사용된다. 일반 너트는 다양한 크기와 재질로 제공되며, 가장 기본적인 그리고 널리 사용되는 유형의 너트이다.

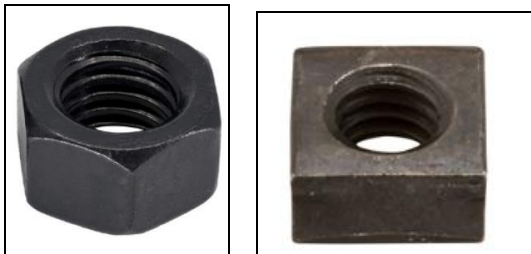


Figure 43 육각 너트, 사각 너트

2.2.2 나일론 너트 (Nylon lock nut)

나일론 너트는 일반 너트와 비슷한 모양을 가지지만, 내부에 나일론 잠금 링이 있는 너트이다. 이 링은 너트를 조이고 고정시킨 후에 추가적인 저항을 제공하여 너트가 느슨해지거나 풀리는 것을 방지한다. 보통 진동이나 충격이 발생하는 환경에서 사용되며, 안전한 고정이 필요한 곳에서 많이 사용된다.

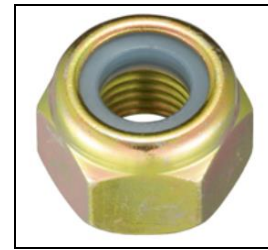


Figure 44 나일론 너트 (Nylon lock nut)

2.2.3 로크 너트 (Lock nut)

로크 너트는 너트의 머리 부분에 추가적인 잠금 장치를 가지고 있는 너트로, 일반 너트보다 더욱 견고한 고정을 제공한다. 주로 진동이나 충격이 발생하는 환경에서 사용되며, 자동차, 항공기, 기계 등의 분야에서 많이 사용된다.



Figure 45 로크 너트 (Lock Nut)

2.2.4 팝 너트 (Pop nut)

팝 너트는 원형 또는 화살표 모양의 너트로, 특수한 설치 도구를 사용하여 시트나 패널과 같은 얇은 재료에 고정되는 데 사용된다. 너트의 뒷면에 압착 부분이 있어 설치 중에 재료를 고정시키고 너트를 확실하게 고정하는 역할을 한다. 주로 차량, 가전제품, 가구 등의 분야에 사용된다.



Figure 46 팝 너트 (Pop Nut)

2.3 RF Connector & bolt, nut

일반적으로 RF Connector의 경우, “Female Connector”는 “Bolt”가 달린 부분을 가지고 있으며, “Male Connector”는 그 나사에 맞는 “Nut” 형태를 가지고 있고, Connector를 서로 연결할 때 사용되는 메커니즘이다. 이때 “Female Connector”는 내부에 구멍이 있고, 이 구멍은 “Male Connector”의 너트를 받아들일 수 있도록 설계되어 있다.

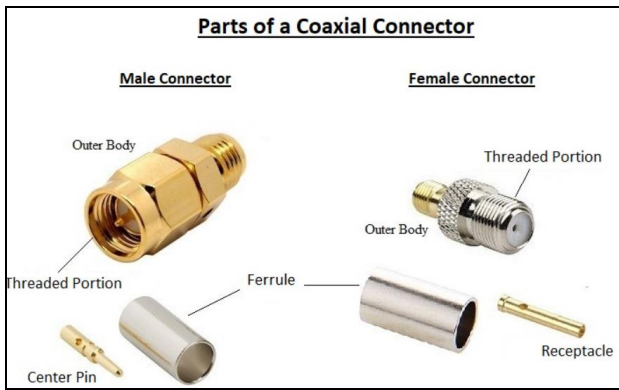


Figure 47 Parts of Coaxial Connector

2.3.1 Reverse Polarity

2.3 에서 언급한 것처럼, RF Connector 는 대체로 “Female Connector – Bolt”, “Male Connector – Nut”의 매커니즘으로 설계되어 있는데, 만일 RF Connector 가 “Female Connector”이지만 겉면에 “Nut”형태를 가지고 있다면, 일반적으로 이를 “Reverse Polarity” 또는 “Reverse Gender” Connector 라고 부른다.



Figure 48 SMA Male Connector

이는 기존의 RF Connector 와는 반대로 동작하며, 특별한 상황에서 사용되거나 특정 응용 프로그램에 맞게 설계된 Connector 이다.



Figure 49 SMA Female Connector

정리하면, “Reverse Polarity Type-N Connector”는 “Female Connector”인데, 겉면에 “Nut” 형태를 가지고 있다면, “Reverse Polarity Type-N Female” 또는 “Reverse Polarity Type-N(f) Connector”로 지칭할 있고, “Reverse Polarity” 또는 “Reverse Gender”로 명칭하여 구별하는 것이 일반적이다.

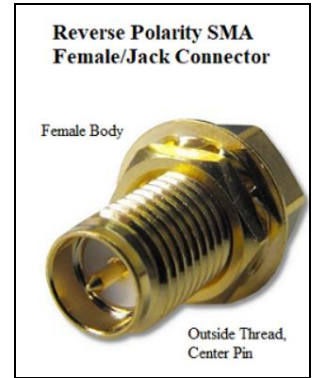
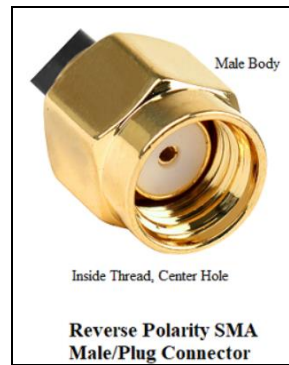


Figure 50 Reverse Polarity SMA Male/Female Connector

<summary>

“Female Connector – Bolt”, “Male Connector – Nut”:
standard

“Female Connector – Nut”, “Male Connector – Bolt”:
Reverse Gender