

RF Connector의 발전과정 및 종류



Table of Contents

1 개요

1.1 서론...	3
1.2 케이블 및 커넥터의 사용 목적...	3

2 내용

2.1 RF 케이블 발전 과정...	4
2.2 커넥트 종류 및 특성	6
2.2.1 기본 커넥터	7
2.2.1.1 N	7
2.2.1.2 BNC , TNC	8
2.2.1.3 SMA	9
2.2.1.4 7/16 DIN	10
2.2.2 특수 커넥터	11
2.2.2.1 SMB	11
2.2.2.2 SMC	11
2.2.2.3 SSMA , SSMB	12
2.2.2.4 MCX 계열	12
2.2.3 정밀 커넥터	13
2.2.3.1 APC-7 (7mm)	13
2.2.3.2 정밀 SMA	13
2.2.3.3 APC-3.5 (3.5mm)	14
2.2.3.4 K	15
2.2.3.5 2.4 / 1.85mm	15
2.2.3.6 1.0mm	16
2.2.4 커넥터간 연결 가능성	17
2.2.5 커넥터별 사용 주파수 및 토크량	18

1 개요

1.1 서론

본 교안은 현재 고주파 영역에서 사용하는 다양한 종류의 컨넥터, 컨넥터 발전 과정 및 특성을 간략하게 정리하였다. 컨넥터를 사용 목적에 따라 크게 3가지로 분류하였으며, 상세히 분류하면 SMA, K, BNC, N, APC-7 mm, SMB, SMC, W, V, 3.5 mm, 2.9 mm, 1.85 mm and 1.0 mm 등이 있다.

1.2 케이블 및 컨넥터 사용 목적

케이블 및 컨넥터는 사용자가 측정장비와 DUT를 전기적으로 연결할 때 사용한다. 물리적인 위치는 케이블의 길이를 결정하고, 측정장비 및 DUT의 주파수 범위 및 주파수 대역폭(Bandwidth)에 따라 특별한 컨넥터의 사용을 결정하게 된다.

2 내용

2.1 RF 케이블의 발전 과정

역사적으로 컨넥터의 물리적인 크기는 동작 주파수가 증가할수록 작아졌으며, 2차 세계대전 이전에는 RF 기술은 배나 해안 라디오 통신, 상업 방송, 장거리 통신 등에서 발전하기 시작하였다. 장거리, 협대역(30MHz) 통신은 높은 파워(100~1000 Watts) 송신기가 필요하다. 결과적으로, “UHF “ plug, jack이 개발되어 수 십년 동안 통신에 사용되었다.

위의 컨넥터는 신뢰성이 높으나, 사용 주파수가 낮다는 단점을 가지고 있다. 터미널의 스크류는 시험 장비 측정시 불편을 가지고 있다. 이런 불편을 없애기 위해, 즉 빠른 연결을 위해 여러 가지 형태를 가진 BNC 컨넥터가 개발 되었다.

UHF 이상 대역에서 BNC 컨넥터는 크기가 작고, 1/4 turn으로 고정할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 사용 주파수 대역은 DC ~ 4 GHz 에 주로 사용되며, 특별하게 제작된 것은 10 GHz까지 사용 가능하다.

UHF Jack



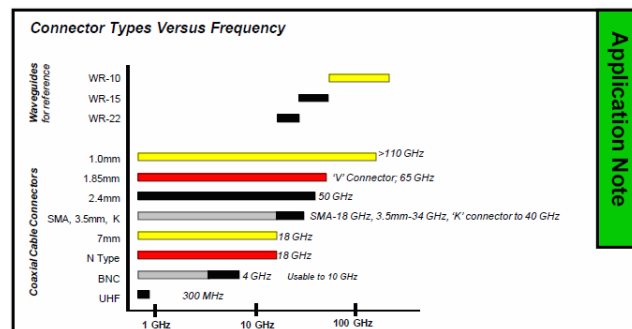
BNC Plug

2차 세계 대전 후 레이더의 비약적인 발전으로 RF 주파수 영역에서 초고주파 영역으로 이동하게 되었다.

레이더의 사용 영역에서는 높은 주파수 및 짧은 펄스폭을 가진 통신이 필요하게 되어, 기존UHF에 사용되던 컨넥터로는 좋은 성능을 제공하지 못하게 된다. N 형 컨넥터는 처음 미해군 함상용으로 개발되었으며, 사용 주파수가 12GHz까지 확대하였고, 낮은 삽입손실, 넓은 주파수 대역폭 및 안정성을 가지고 있다. 현재 18GHz까지 사용 가능하다.

동작 주파수를 증가하기 위해, SMA 컨넥터 및 APC-3.5가 개발되어 30GHz까지 사용 가능하다. 수정을 거친 K-컨넥터의 사용 주파수는 40GHz까지 확장되었으며, 기계적으로 3.5mm 컨넥터와 호환이 가능하다.

사용 주파수가 증가할수록, 컨넥터를 측정 장비에 빠르게 연결하는 편리함을 사라지게 되었다.



2.2 컨넥터 종류 및 특성

컨넥터는 특수한 목적에 따라 만들어 졌으며, RF 및 고주파 분야에 사용하고 있다. 컨넥터로 연결할 경우 필연적으로 발생하는 불연속에 대한 처리, 반복성 및 기구적인 안정성이 중요한 자이다.

사용 목적에 따라 3 가지로 분류하면 다음과 같다.

① 기본 컨넥터 : RF 장비 등에 가장 일반적으로 사용

② 특수 컨넥터 : 특수 용도에 사용

③ 정밀 컨넥터 : 정밀을 요구할 때 사용
(스펙트럼 및 네트워크 분석기 등)

● 주파수별 컨넥터 크기가 다른 이유

컨넥터의 사용 가능한 주파수는 동축 케이블 구조에서 원형 웨이브가이드의 도파 가능한 모드의 여기에 따라 제한된다. 외곽 도체의 지름을 줄일수록 사용 가능한 최고 주파수는 커진다. 유전체를 넣으면 사용 가능한 최고 주파수는 낮아지며, 손실은 증가한다.

두 개의 컨넥터를 연결 할 경우에는, 다른 연결 면 및 임피던스의 영향으로 임피던스 및 손실의 변화가 발생한다.

암(Female), 수(Male) 구별이 없는 컨넥터는 APC-7, GR874 등이 있다.

대부분의 컨넥터는 슬롯을 가지는 암컷(Female) 형태로 구성되어 있다. 이런 슬롯은 기구적인 오차의 변화에 적응하기 쉽지만, 반복성이 줄어들며 1000 번 이상으로 연결을 반복하면 결국에는 부러지게 된다. 슬롯이 없는 컨넥터는 청결을 유지하기가 매우 힘들며, 연결시 고도의 주의가 필요한 많은 단점 등으로 일반적으로 사용하지는 않는다.

2.2.1 기본 컨넥터

2.2.1.1 N



N 컨넥터 (Female, Male)

암컷(Female)은 4 개의 슬롯을 가지고 있으나, 수컷(male)의 외곽 도체에는 슬롯이 없다. 50 옴 N 컨넥터는 1940 경, 5 GHz 이하의 군용 시스템에 사용하기 위해 고안되었다.

N 형이라는 이름의 유래에 크게 2 가지이다.

하나는 “Navy” 의 첫 글자에서 왔다는 것이고, 다른 하나는 벨 연구소의 Mr. Paul Neil 을 기리기 위해 이름의 첫 글자를 사용한다는 것이다. 후자가 일반적으로 인정되는 가설이다.

N 형은 외부 환경과 차폐하기 위해 내부 가스킷을 사용하며, 내부 및 외부 도체 사이에는 틈이 존재한다. 1960 년경에 기술의 발전으로 12GHz 까지 사용 가능하게 되었으며, 추후 전달 모드에 제약을 받지 않는 18GHz 까지 발전하였다. HP 에 근무한 King, Amphenol 등에 의해 암수 구별없이 18GHz 까지 사용 가능한 컨넥터가 개발되었다. N 형 컨넥터는 MIL-C-39012 규격을 따른다. 최근에는 20GHz 까지 사용가능 할 수 있는 특수 N 형 컨넥터도 있다. 하지만 그 이상의 주파수에서는 신뢰할 만한 수준은 되지 못한다. CATV 산업에서는 중심 핀의 직경을 줄임으로써 75 옴 형으로도 제작된 컨넥터도 사용된다.

2.2.1.2 BNC / TNC



BNC connectors (Female and Male)

BNC 커넥터의 어원은 "Bayonet Neil-Concelman", "Bayonet Navy Connector", "Baby Neil Connector" 등이 있습니다.

BNC는 처음에는 2GHz까지 사용을 목적으로 군용으로 제작되었다가, 비디오 및 RF 장비 등으로 사용범위를 확장하였습니다. BNC는 외부 도체에 슬롯을 가지고 있으며, 플라스틱 유전체를 사용합니다. 4 GHz 이상의 영역에서는 슬롯을 통해 신호 방사의 발생 가능성이 있으므로, 측정시 측정주파수를 고려하여야 합니다. 50 옴 및 75 옴의 형태로 사용됩니다.

TNC(Threaded version of BNC) 커넥터는 BNC 커넥터가 가지고 있는 단점인, 누설신호 및 기구적인 안정성의 문제를 해결하여 12GHz까지 사용 가능하다. N, BNC 및 TNC 커넥터의 사양은 MIL-C-39012 규정에 따른다. TNC 커넥터는 이동통신 및 RF/안테나의 연결 등에 주로 사용되며, N 및 BNC 커넥터와 상호 사용이 가능하지만, 연결면에서의 임피던스 변화 및 기구적인 안정성 문제로 추천하는 방법은 아니다.

2.2.1.3 SMA

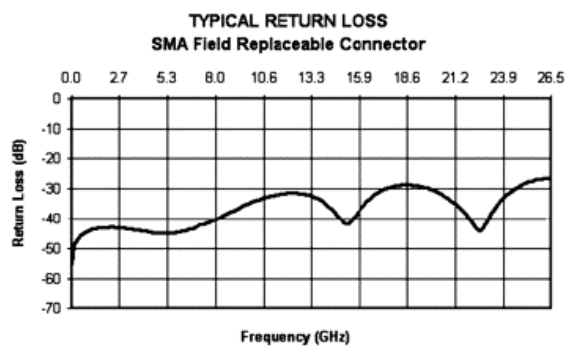


SMA connectors (Female and Male)

SMA (Subminiature A) 컨넥터는 Bendix Scintilla 사 및 Omni-Spectra 사에 의해 개발되어, RF/고주파 영역에서 가장 많이 사용되는 컨넥터 형태이다. 자주 연결하지 않는 곳에는 semi-rigid 형태로 사용하다. 공기 갭 없이 케이블의 유전체와 바로 연결되는 구조를 가지고 있다.

나사산은 0.250 x 36 이며, male 은 0.312 의 육각형 모양이고, 5/16 inch 렌치를 사용한다. 연결하기 전에 반드시 Female 의 끝을 확인하고, 핀이 휘거나 하는 것을 주의하여 연결하여야 한다.

일반적인 SMA 컨넥터는 12.4 GHz 까지 사용 가능하며, 성능이 좋은 SMA 는 26.5GHz 까지 사용 가능하다.



Return Loss (Johnson 사 Replaceable SMA 컨넥터)

2.2.1.4 7/16 DIN



7/16 컨넥터 (Female and Male)

주로 기지국등에 설치된 이동통신에서 많이 사용하는 컨넥터이다. 장점은 렌치를 이용하여 조임으로서 기구적으로 N 컨넥터보다 안정하다는 것이다. 7/16 컨넥터는 DIN 47223 규정을 따르며, 7.5 GHz 까지 사용가능하다.

2.2.1.5 GR874

"G874", "GR874" 또는 "874" 컨넥터는 암,수 구별이 없다. 주로 테스트용으로 안정하게 연결할 때 사용하며, Beryllium 구리와 니켈판을 연결하는 테플론으로 만들어진다. 주파수 사용범위는 8.5GHz 까지 이다.



GR874 (sexless)

2.2.2 특수 커넥터

2.2.2.1 SMB

SMB(Subminiature B) 커넥터 4GHz 까지 사용 가능하며, 손으로 올리는 구조를 가진다. MIL-STD-348 규격을 따른다. 일반적으로 삽입손실은 0.3dB 정도이며, 저잡음 RF 연결이 필요한 경우에는 사용이 어렵지만, 다른 신호전달을 위해 주로 사용된다. 500 번 정도의 연결이 가능하다.



SMB 커넥터 (Male and Female)

2.2.2.2 SMC



SMC 커넥터 (Female)

SMC (Subminiature C) 커넥터는 1960 경에 개발되었고, SMA 보다 작은 때문에 소형 장비의 측정에 적합하다. 10 GHz 까지 사용 가능하며, MIL STD-348 규격을 따른다. SMB 대체로 사용 가능하다.

2.2.2.3 SSMA , SSMB



SSMA 컨넥터 (Female and male)

SSMA(Sub SMA)는 SMA 컨넥터 크기의 70 % 정도이며, 40GHz 까지 사용 가능하다.

SSMB(Sub SMB)는 SMB 컨넥터 크기의 70 % 정도이다

2.2.2.4 MCX 계열



Female MCX / OSX

MCX 계열(MCX, MMCX)은 SMB 와 같이 손으로 올리는 구조를 가지고 있으며, European CECC 22220 규격을 따른다. 사용 주파수 범위는 6GHz 까지이다. MCX 컨넥터는 SMB 컨넥터 크기의 70% 정도이며, SSMB 와 혼용사용이 불가하다. 최고 동작가능 전압은 250 V 이다. MMCX 컨넥터는 SMB 컨넥터 크기의 50% 정도이며, 최고 동작가능 전압은 170V 이다. 적어도 500 회 이상의 연결이 가능하다.

2.2.3 정밀 컨넥터

2.2.3.1 APC-7 (7 mm)



APC-7 connector (sexless)

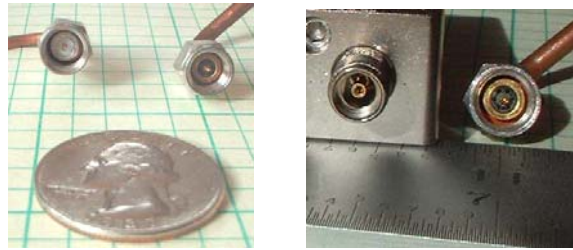
APC-7 (Amphenol Precision Connector - 7 mm) 컨넥터는 가장 작은 반사계수를 가지고 있으며, 18GHz 까지 사용 가능하다. HP 사와 Amphenol 사에 의해 1960 경 초에 개발되었으며, 가장 정밀을 요구하는 곳(예를 들면 측정, 교정 등)에 주로 사용된다. 표면상태가 깨끗하면 수천 번 이상의 연결 사용이 가능하며, 네트워크 분석기의 앞단에 주로 사용한다. 어댑터로는 SMA, N, 웨이브가이드 및 다른 정밀 컨넥터등이 사용된다.

2.2.3.2 정밀 SMA

"정밀 SMA" 컨넥터는 반사계수를 줄이기 위해 개발되었으며, 기본적인 구조는 2 가지 형태로, 3.5mm (Wiltron WSMA) 및 2.92mm (Wiltron K)가 있다. 위의 컨넥터는 상호 연결이 가능하다. 수컷(Male)은 0.312 의 6 각형태이며, 5/16 inch 렌치를 사용한다. SMA 와 연결시 성능의 악화는 별로 없다. 왜냐하면, 3.5mm 및 2.9mm 컨넥터의 연결 구조가 SMA 보다 우수하기 때문이다. 그러나, SMA 핀이 너무 길어 부적절하게 연결되면 3.5/2.9 컨넥터에 손상이 갈 수도 있으므로 주의하여야 한다.

2.2.3.3 3.5 mm or APC-3.5

3.5mm 컨넥터는 처음 HP 에 의해 개발되었다. SMA 컨넥터와 연결시 보다 안전하게 연결하기 위해서 개발되었으며, 34GHz 까지 사용 가능하다. 외곽 도체의 내부 지름이 3.5mm 이고, 외곽 도체의 외부 지름은 4.55mm 이다. SMA 컨넥터와 다른 정밀 SMA 컨넥터를 연결하면, 성능이 낮은 컨넥터의 영향을 받으므로 측정환경에 주의를 하여야 한다.



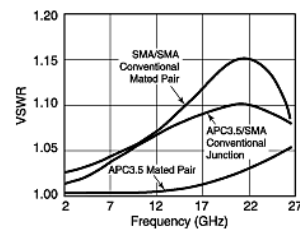
왼쪽 : SMA (Male on left), 3.5mm (Male on right)

오른쪽 : 3.5mm Female (왼쪽, 공기), 3.5mm Male (오른쪽, black dielectric)

아래 측정 그림은 3.5mm, SMA 단독, 3.5mm + SMA 로 연결했을 경우, 각각의 SWR 을 나타낸 것이다.



3.5 mm 컨넥터 (Male)



3.5 mm, SMA 연결시 SWR

2.2.3.4 K

K 컨넥터는 Wiltron 사(현재 Anritsu 사로 합병)에 의해 1983 년에 개발되었다. K 컨넥터는 SMA 및 3.5mm 컨넥터와 상호 연결이 가능하며, 46GHz 까지 사용 가능하다. 외곽 도체의 내부 지름이 2.92mm 이고, 외곽 도체의 외부 지름은 4.55mm 이다. K 및 2.92 컨넥터는 공기 유전체를 사용하며, SMA 및 3.5mm 컨넥터로 바로 연결이 가능하다.

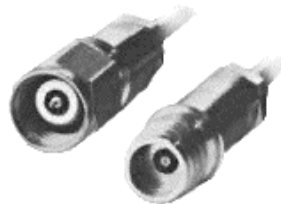
2.2.3.5 2.4 and 1.85 mm

2.4mm and 1.85 mm 컨넥터는 SMA 와 연결이 불가능하다.



Male 2.9 mm (SMA compatible) 컨넥터 (왼쪽),
Male 2.4 mm (NOT SMA compatible) 컨넥터 (오른쪽)

2.9 mm 및 2.4 mm 컨넥터가 서로 인접해 있으면, 구별하기가 매우 어렵기 때문에 주의를 하여야 한다.



2.4 mm 컨넥터 (Male, Female)

가. 2.4 mm : HP, Amphenol 및 M/A-COM 사에 의해 개발되었으며, 60GHz 까지 사용가능하다. 외곽 도체의 두께를 증가시키고, 암컷(female)의 핀을 강하게 함으로써 SMA 및 2.92mm 컨넥터의 단점을 제거하였다. 외곽 도체의 내부 지름이 2.4mm 이고, 외곽 도체의 외부 지름은 4.7mm 이다. SMA, 3.5mm 및 2.92mm 컨넥터와 혼용 사용이 불가하므로, 이런 형태의 컨넥터를 연결하기 위해 특별한 어댑터가 필요하며 여러 가지 등급이 존재하므로, 사용환경에 따라 신중한 선택이 필요하다.

나. 1.85 mm : 1980 경에 HP 에 의해 개발되어 65 GHz 까지 사용 가능하다. HP 사에서 1988 년에 컨넥터 표준화를 위해 일반인에게 공개하였다. 1 년 뒤에 Anritsu 사에서 1.85mm 컨넥터와 기구적 사양 및 성능이 유사한 “V” 컨넥터를 만들었다. 외곽 도체의 내부 지름이 1.85mm 이고, 외곽 도체의 외부 지름은 4.7mm 이다. SMA 컨넥터와는 직접 연결이 불가하지만, 2.4mm 컨넥터와는 직접 연결이 가능하다.

2.2.3.6 1.0 mm 컨넥터

W 밴드 (70~110 GHz)에서 사용하는 초고주파 및 RF MMIC 등의 사용을 목적으로, HP (현재의 Agilent)에서 DC ~110 GHz 까지 사용을 목적으로 개발한 것이다. 외부도체의 내부 지름이 1.0mm 입니다.



1.0 mm 컨넥터 (Male)

2.2.4. 컨넥터간 연결 가능성

컨넥터	N	BNC	TNC
N	11 GHz	연결 가능 추천 X	연결 가능 추천 X
BNC	연결 가능 추천 X	4 GHz (11GHz 가능)	연결 가능 추천 X
TNC	연결 가능 추천 X	연결 가능 추천 X	11 GHz

컨넥터	SMA	3.5 mm & WSMA	2.92 and K
SMA	12.4 GHz (26 GHz)	SMA 동일 (24 GHz) * 연결 주의	SMA 동일 (24 GHz) * 연결 주의
3.5 mm & WSMA	SMA 동일 (24 GHz) * 연결 주의	To 34 GHz	To 34 GHz
2.92 mm & K	SMA 동일 (24 GHz) * 연결 주의	To 34 GHz	To 46 GHz

2.2.5. 커넥터별 사용 주파수 및 토크

가. 사용 주파수 영역

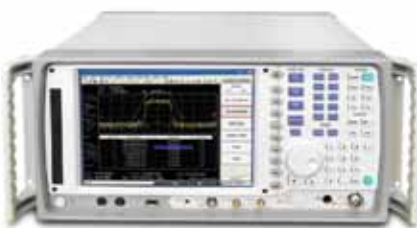
커넥터	V	2.4 mm	1.85 mm
V	65 GHz	50 GHz	65 GHz
2.4 mm	50 GHz	50 GHz	50 GHz
1.85 mm	65 GHz	50 GHz	65 GHz

나. 커넥터 고정을 위한 토크량

커넥터 형태	토크 lb-inch(N-cm)
Precision 7mm	12 (136)
Precision 3.5 mm 2.92 mm , "K"	8 (90)
SMA	5 (56)
SMC	3 (34)
Precision 2.4 mm	8 (90)
Precision 1.85 mm Anritsu "V"	8 (90)
Precision 1.0 mm	3 (34)
Type N	12 (136)
7/16	225 (2500)
TNC	12-15 (136 -170)

[Reference]

1. en.wikipedia.org
2. www.micromanipulator.com



Contact us : LIG 넥스원주식회사
서울특별시 강남구 역삼동 838번지
푸르덴셜 타워 11 ~ 12층
Phone : 02-2033-0495, 0491
Fax : 02-2033-0602
Email :
URL : www.lignex1.com