

# X밴드 고주파 채널용 로터리 조인트 천이구조의 대역확장 설계

## The Band-Broadening Design of the Rotary Joint Transition for the X-Band Microwave Channel

김 시 옥\* · 이 창 형\*\* · 한 다 정\*\* · 노 돈 석\*\*\* · 강 승 텍†  
(Siok Kim · Changhyeong Lee · Dajung Han · Donsuk Roh · Sungtek Kahng)

**Abstract** - In this paper, we show the design of a rotary joint transition for the X-band channel in a rotatable microwave communication system. The transition seems complicated to make a channel between two coaxial cables through a cylindrical waveguide. To make a broad-band performance in the X-band with low insertion loss and return loss given the constraint on the length and radius of this complicated-looking cylindrical structure, Genetic Algorithm optimization is adopted to check the validity of an intensive parametric study in the design. The structure is fabricated and tested to show how valid the design method is as well as good frequency responses.

**Key Words** : Rotary joint, Waveguide, Transition, X-Band, Microwave

### 1. 서 론

항공기의 거리와 방향을 탐지하거나, 함정에 탑재되어 사방을 살피는 고주파 탐색센서는 발전에 발전을 거듭하고 있다. 원거리에 위치하는 목표물을 감지하기 위해서는, 이동거리에 따른 감쇄 특성을 고려하여, 탐색센서는 고효율의 전자파 에너지를 방출해야만 한다. 금속 도파관(Metallic waveguide)은 고전력의 초고주파 신호를 주파수 발생기로부터 탐색센서의 안테나 급전부 까지 왜곡 없이 전달하는 최적의 구조로서, 다양한 응용품에서 엿보인다. 도파관 여파기, 편파 분리기, 이중 도파관 천이구조, 혼 안테나 급전부 등이 있다. 특히, 기계적으로 회전하며 목표물의 거리와 방향을 알아내는 초고주파 센서의 경우 로터리 조인트(Rotary joint)가 도파관 형태로 설치되어 있다[1].

로터리 조인트는 회전체와 고정체의 경계와 그 전후부분을 일컬으며, 한 영역에서 다른 영역으로 초고주파 신호의 채널을 형성한다. 통상, 한 방향으로 흐르는 초고주파 에너지는 개구면을 통해 수직방향으로 흐름이 이어지는 방식을 취한다. 직사각형과 90도 축상의 원통 도파관 또는 원통으로부터 90도에 위치한 원통 도파관으로 신호의 대역과 크기를 유지한 채 진행할 수 있도록 하는 것이 로터리 조인트의 설계목표라고 할 수 있다. 고주파 탐색센서에 대해 다양한 기능이 요구됨에 따라, 설계자들은 한정

된 공간에서 줄어든 위상변화범위를 가지고도 신호의 왜곡 없이 최대의 전달계수를 만족시켜야 하거나 복수의 고주파 채널들을 확보하기도 하고, 하나의 몸체로서 동작 주파수를 포함한 광대역 특성을 가져야 한다. Deng Bin의 2인은 5.45 GHz 영역의 신호를 직사각형 도파관으로부터 90도 꺾인 원형 도파관로 통과시켜야 하는 구조를 설계하였으며, 모드 변환과 불요 고조파 발생을 억제하는 천이구조를 제안하였다[2] 크기가 사무용 책상보다 더 크며, 모드 변환기 부적으로 인해 복잡도가 증가한다. Antonio Morini는 단일 시스템으로 X대역과 Ka 대역 두 개의 채널을 운용하기 위해, 저대역은 원형 도파관의 일종인 동축선으로, 고대역은 내심이 없는 원형 도파관으로 분리하여 다중대역 특성을 만족하였다[3]. 9.3 GHz와 33.9 GHz에 작은 삽입손실과 반사손실 특성이 얻어졌는데, 출력을 대역별로 나눌 때 다른 크기의 X대역과 Ka 대역용 직사각형 도파관과 이어야 하므로, 비대칭의 상부 공용판과 비대칭의 하부 공용판이 붙어, 회전 시 양측과 상하의 무게 불균형으로 인해 회전체의 수명이 단축될 가능성이 크다. Anatoliy Yevdokymov 외 3인은 다중대역 대신 Ka대역 한 개의 채널을 입출력 포트용 두 직사각형 도파관들 사이에 원형 도파관이 오는 천이구조를 설계하였다[4]. 고주파 탐지센서용 안테나의 급전부로 사용되는 33 GHz에서 나온 삽입손실을 가지며, 신호가 원통 도파관을 나와 직사각형 도파관을 지나갈 때 흡을 거치게 되면서 통과대역 근처로부터 불요 주파수를 멀리하는 장점을 제시하였다. Zhang Qiang은 17개의 채널을 회전체와 고정체 사이에서 형성하고자 직경이 250 mm, 길이 200 mm를 넘는 원통을 9층으로 쌓은 형식을 취했다[5]. 전신주의 일부와 유사한 크기와 무게를 가지는 것으로 관찰된다.

상기의 인용문헌에서 드러난 주파수 대역과 유사하게, 본 논문에서도 X밴드 고주파 신호 전송채널을 고려하면서, 그간의 단점

† Corresponding Author : Dept. of Information and Telecommunication Engineering, Incheon National University, Korea  
e-mail: s-kahng@incheon.ac.kr

\*\* Defense Agency for Technology and Quality

\*\*\*Eltronix Co.,Inc.

Received : November 16, 2016; Accepted : January 2, 2017

인 로터리 조인트 부피와 무게증가를 억제하는 방향으로 설계를 진행한다. 특히 한정된 공간에서 신호 통과 주파수 대역을 확장하기 위한 설계구조와 방법이 제시된다. 최신까지의 참고문헌과 달리, 90도로 꺾인 상태로 연결되는 모든 도파관들에 대해 원형 동축선 구조를 선택함으로써, 회로 모델이 물리적 구조와의 양립성을 얻고, 회로요소와 기하구조의 오차를 최소화 하며 설계변수 결정에서의 반복과정을 줄일 수 있는 장점을 가지게 된다. 이종의 전송구조들을 기구적으로 잇고 임피던스와 전자계들이 정합되는 [6, 7]과 같은 맥락의 천이구조로서, 전자기 CAD 프로그램에 원통 도파관 동축선 구조의 조합을 표현하고, 설계변수들을 지정하여 변화시키는 반복과정(Parametric sweep)을 통해 목표대역에서 최소의 손실을 가지게 하는 변수 값 들을 찾아낸다. [8, 9]와 같이, 유전자 알고리즘 최적화(Genetic Algorithm Optimization)를 적용하여, 앞에서 얻어진 변수들의 최적성을 확인한다. CAD에서 설계된 구조는 [10]과 같은 금속 도파관 형태로 제작된 후 산란계수(S-parameter)가 측정되어, 설계요구사항에 잘 맞으며 방법이 타당함을 보이게 된다.

## 2. X밴드 채널용 로터리 조인트의 설계

### 2.1 기본구조와 등가회로 모델링

본 논문에서는 세 개의 원통 도파관들이 X밴드 신호의 채널을 형성하는 천이구조가 선택된다. 그림 1에 기본구조가 도시되어 있다.

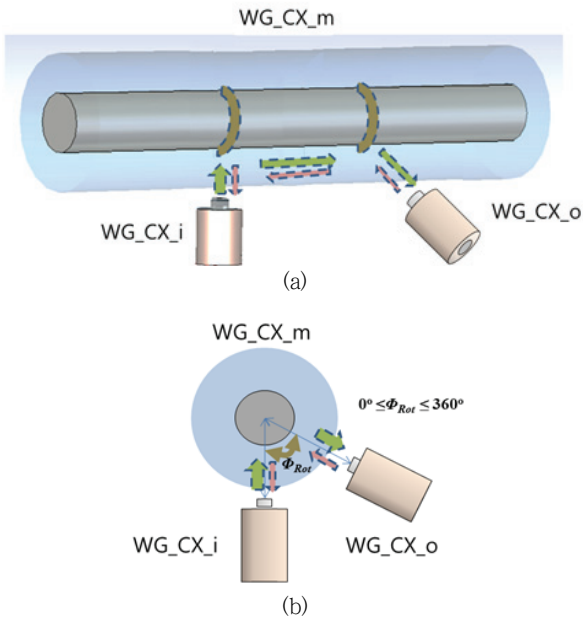


그림 1 로터리 조인트의 기본구조 (a) 세 개의 원통 동축선들이 결합될 3차원 구조 모습 (b) 종축으로 본 모습

Fig. 1 The basic shape of the rotary joint (a) 3D view of the three circular coaxial parts (b) Front view

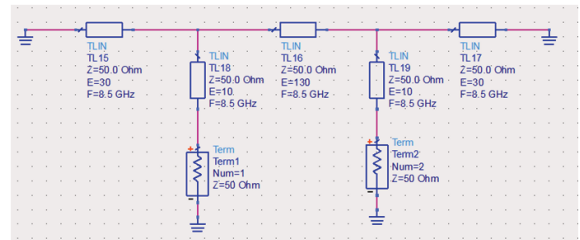
그림 1(a)에서 입력 포트 동축선(WG\_CX\_i)의 신호선이 매개용 동축형 원통 도파관(WG\_CX\_m)의 외경의 아래쪽으로부터 관통하여 신호선 으로 연결되고 종축으로 이동한 후  $\Phi_{Rot}$  각도에 관통된 출력 포트 동축선(WG\_CX\_o)으로 신호를 전달하는 것을 의미한다. 세 개의 도파관들이 구조적으로는 수직이면서, WG\_CX\_m 중심축이 회전하여  $\Phi_{Rot}$ 가 360°가 되거나 이를 넘어 몇 바퀴를 회전하더라도, WG\_CX\_i - WG\_CX\_m - WG\_CX\_o 순서나 그의 역방향으로 신호전달에 있어 불연속이 있을 수 없다. 그림 1(b)는 회전각  $\Phi_{Rot}$ 의 임의의 상태에 해당한다. 다음은 이 구조로서 달성하고자 하는 요구규격이다.

제시된 것과 같이 원통 동축선들의 결합구조로서 표 1의 목표를 달성하기 위해, 설계절차는 다음의 등가회로로서 시작된다. 특히, 광대역 성능은 뒷 절의 물리적 구조를 통해 얻을 것이므로,

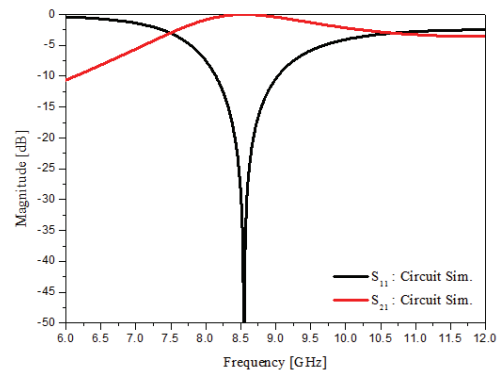
표 1 설계규격

Table 1 Design requirements

항목	값	비고
주파수 대역	7 GHz - 9 GHz	
$ S_{21} $ (1)	< -0.2 dB	삽입손실@ $f_0$
$ S_{21} $ (2)	< -2 dB	대역 내 평균 삽입손실
$ S_{11} $	< -20 dB	반사손실
총 길이	< 5 cm	
총 직경	< 2 cm	



(a)



(b)

그림 2 기본구조 등가회로 (a) 전송선로형 회로요소로 표현 (b) 요구규격 동작 주파수에서의 통과특성

Fig. 2 Equivalent circuit (a) TX-line-type parts (b) Band pass at the required operation frequency

등가회로 단계에서는 8.5 GHz를 동작 주파수로 선택하고 그 지점에서 통과특성이 나타나도록 한다.

원통 도파관형 동축선의 TEM 모드로서 신호를 전달하려는 경우이므로, 전송선(TX-line)의 조각(Segment)들로 등가회로를 표현할 수 있다. 그림 2(a)에서, WG\_CX\_i과 WG\_CX\_o는 각각 포트 1(Term. 1)과 포트 2(Term. 2)에 해당되며, 포트들은 WG\_CX\_m의 신호선(그림 1에서 회색 원통)의 두 T분기점(T-junction)의 수직 분기 TLN으로 결선 역할을 한다. 이 두 T분기점 사이의 WG\_CX\_m의 신호선(Gap)이 입력 포트와 출력 포트 사이의 신호전달 통로가 되며, WG\_CX\_m의 양쪽 끝은 금속 외경에 단락(Short-circuited)되어 있고, 그 역시 전송선의 조각들로 표시되어, 포트별 임피던스 정합에 사용된다. 회로요소들의

조정을 통해, 그림 2(b)와 같이 목표대역의 중심에 있는 주파수인 8.5 GHz에서 우수한 통과특성을 가지게 된다. 동축선은 등가회로의 요소들은 물리적 구조의 해당변수들에 작은 오차로서 옮길 수 있는 장점이 있어, 다음 절에서 무리 없이 적합한 기하구조를 설정할 수 있다.

### 2.2 기하구조의 설정과 최적화 설계

전 절에서 등가회로가 제대로 작동하는 것에 힘입어 그에 해당하는 기하구조를 다음과 같이 정할 수 있다.

그림 3(a)가 그림 1(a)와 그림 2(a)를 반영한 것으로, 입력 포트와 출력 포트 원통 동축선들은 간격(Gap)만큼 떨어져 있고, 금

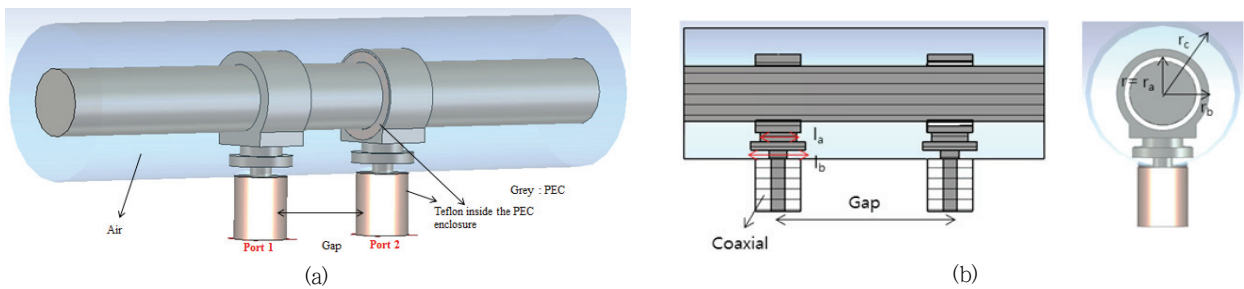


그림 3 구조의 모습 (a) 3차원 모습 (b) 측면도와 정면도  
 Fig. 3 Geometrical shape (a) 3D view (b) Side-view and front-view

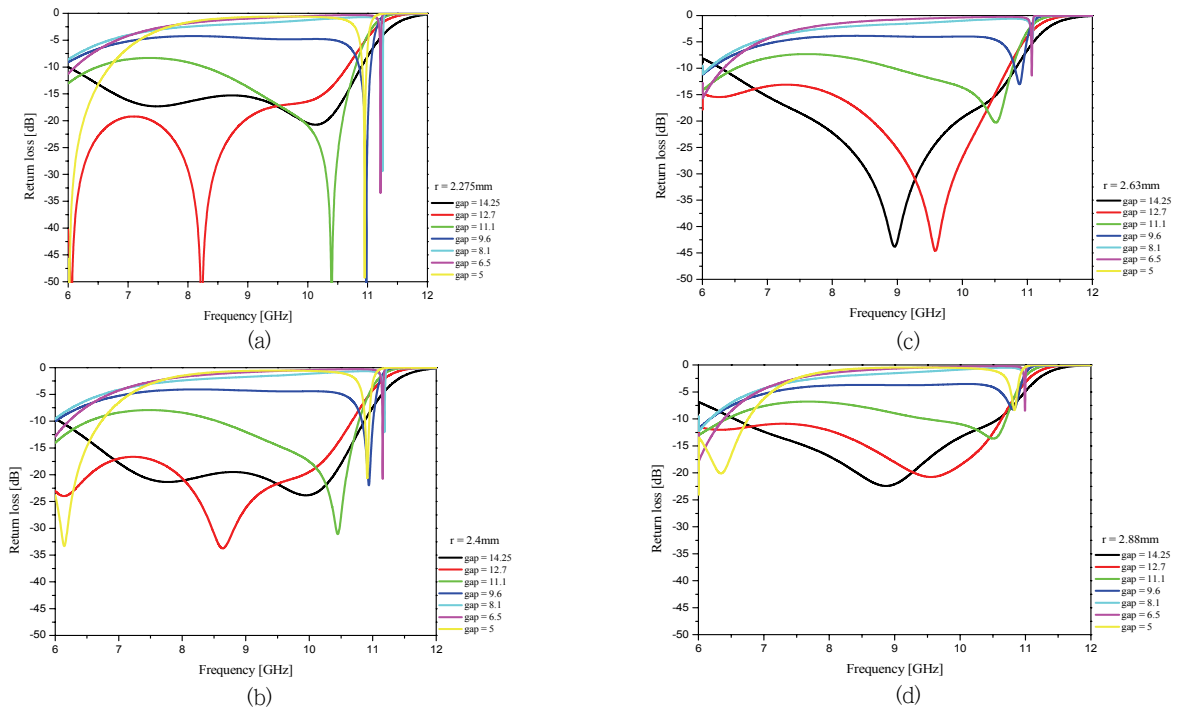
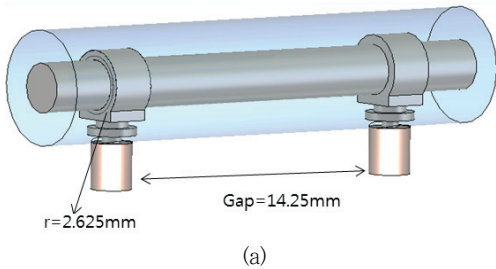


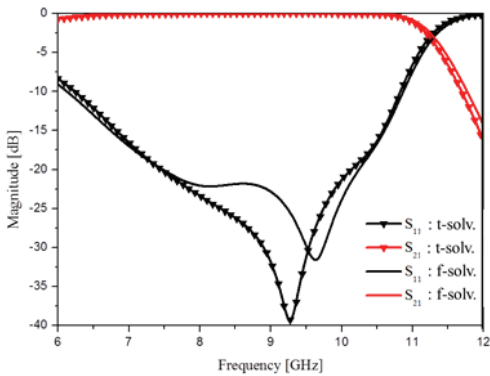
그림 4 설계변수 변화와 효과 (a)  $r=2.275$ 와 Gap변화 (b)  $r=2.4$ 와 Gap변화 (c)  $r=2.63$ 과 Gap변화(d)  $r=2.88$ 과 Gap변화  
 Fig. 4 Varied design parameters vs. responses (a) Varying Gap with  $r=2.275$  (b) Varying Gap with  $r=2.4$  (c) Varying Gap with  $r=2.63$ (d) Varying Gap with  $r=2.88$

속 외경들은 WG\_CX\_m의 금속 외경에 연결되어 있고, 내심들이 WG\_CX\_m의 내심으로 이어진다. 이 때, 포트의 내심은 그림 3(b)에서처럼,  $l_a$ ,  $l_b$ 와 같은 스텝구조를오아 거쳐  $r_a$ ,  $r_b$ 와의 동심원을 가지는 링으로 구성된 천이구조로서 제안된다. 재료의 관점에서  $r_a$ 와  $r_b$  사이와, 동축선 포트의 내심과 외경간은 테플론(Teflon)으로 채워져 있고, 그 외의 부분(Grey색)은 완전도체로 가정된다. 이 다음으로, 설계에 대해 논의가 된다.

대상 구조, 재료와 설계변수의 정의가 되었으므로, 요구구격의 성능을 갖기 위한 설계가 시작된다. 방법으로는 설계변수의 조합과 변화에 따른 주파수 응답특성 군으로부터 가장 적합한 경우를 선택하는 Parametric study가 수행되고, 유전자 알고리즘을 사용하여 최적 해에 대하여 확인을 할 것이다. 여러 개의 변수들 중 접합부 전자계 커플링에 관한 것과 전자파 전력의 최대지점이 입력 포트와 출력 포트에서 나타나게 하는 Gap을 주된 관찰 요소들로 선택한다. 대칭성을 고려하면 일곱 개의 설계변수들이 나오며, 모든 경우의 수를 고려하면 많은 응답특성들이 나오며, 모두 도시하는 것은 비효율적이므로 중요한 의미를 가지는 경우만 그림 4에 담는다. 긴 시간의 parametric study를 통해,  $l_a$ ,  $l_b$ ,  $r_a$ ,  $r_b$ ,  $r_c$ 는 각각 2.8, 4.2, 2.275, 3.15, 5.25 (모두 mm) 일 때, 주파수 응답특성이  $r$ 과 Gap에 크게 영향을 받음을 알 수 있었다.  $S_{11}$ 을 알면  $S_{21}$ 도 가능할 수 있어, 반사손실의 결과들을 나타내었다. 그림 4(a)에서는  $r$ 이 2.275 mm일 때, Gap이 5 mm~14.25 mm 범위에서 변화할 때  $S_{11}$ 을 관찰한 것이다. 요구 대역에서  $S_{11}$ 이 만족스러운 것이 없다. 그림 4(b)에서는  $r$ 이 2.4 mm일 때,



(a)



(b)

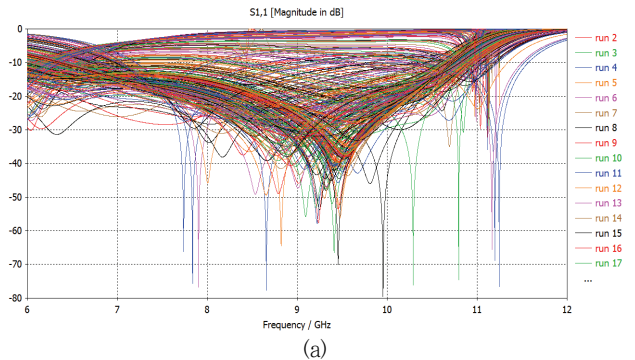
그림 5 설계변수 영향 관찰 결과 (a) 구조 (b)응답특성

Fig. 5 Results of the parametric study (a) Finalized structure (b) Frequency response

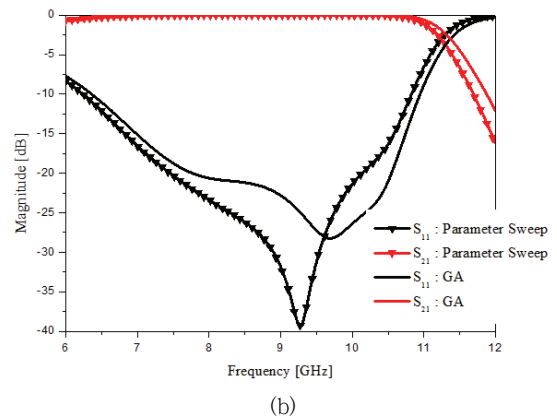
Gap을 전 사례와 같이 변화시키는데, Gap이 12.7 mm일 때 -20 dB 아래인  $S_{11}$ 이 협대역 에서 얻어진다. 그림 4(c)에서는  $r$ 이 2.63 mm일 때, Gap이 5 mm~14.25 mm 범위에서 변화할 때인데 두 개의  $S_{11}$  곡선들이 가능한 것으로 관찰된다. 그림 4(d)는  $r$ 이 2.88 mm의 경우로서, 부적합한 결과를 낳는다. 따라서 요구사항에 가장 가까운 것은 그림 4(c)로 판명되고,  $r$ 이 2.63 mm 근처와 Gap이 14.25 mm 부근에서 더 자세한 parametric study를 진행하면, 가장 적합한 결과가 얻어진다.

설계변수변화에 대한 영향 조사에서  $r$ 이 2.625 mm와 Gap이 14.25 mm인 구조로 최종화 하면 그림 5(a)와 같이 그릴 수 있다. 본 구조에 대한 주파수 응답특성은 그림 5(b)로서 광대역 로터리 조인트의 요구사항을 만족한다. 특히, 그림 5(b)에서는 시간 영역 모의시험기(t-solv.)로 얻은  $S_{21}$ 과  $S_{11}$ 이, 주파수 영역 모의 시험기(f-solv.) FEKO의 곡선들과 거의 일치함으로써, 설계 환경에 대한 정확도를 확인할 수 있다. 그런데, Parametric study의 타당성을 확인하기 위해, 유전자 알고리즘으로 설계를 수행하여 설계변수들이 최적화 요소들인지 확인한다.

앞서 수행한 설계변수변화에 대한 영향 조사에서와 같이, 같은 설계변수를 유전자 알고리즘의 적용으로 최적화 요소들을 찾는 과정이 그림 6(a)에 나타나있다. 유전자 알고리즘에서 필요한 비용함수는 다음과 같다.



(a)



(b)

그림 6 유전자 알고리즘의 적용 (a) 최적화 과정 화면 (b) 응답 특성

Fig. 6 Applying the GA optimization to the design (a) A view of the optimization process (b) Frequency response

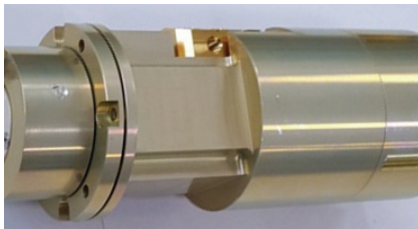
$$Cost = \sum_{i=1}^{N_{freq}} [|S_{11}(freq_i)| - (-20dB)] \quad (1)$$

단, 샘플 주파수는  $7.5 \text{ GHz} \leq freq_i \leq 10.5 \text{ GHz}$ 로 설정하여, 광대역 특성을 얻을 확률을 더 높인다. 그림 6(a)의 알고리즘을 450개 세대수로서 적용한 결과,  $r$ 은 2.409 mm와 Gap이 14.632 mm가 최적의 값으로 이전에 얻은  $r$ 과 Gap 값들과 약간의 차이만 있어 parametric study는 잘 동작했음을 알 수 있다. 이를 뒷받침하기 위해, 유전자 알고리즘에 의한 설계변수와 parametric study의 최종 변수가 만드는 로터리 조인트의 성능을 비교하였더니, 두 경우 모두 요구사항을 만족하고 동시에 오차가 매우 작음을 확인할 수 있다.

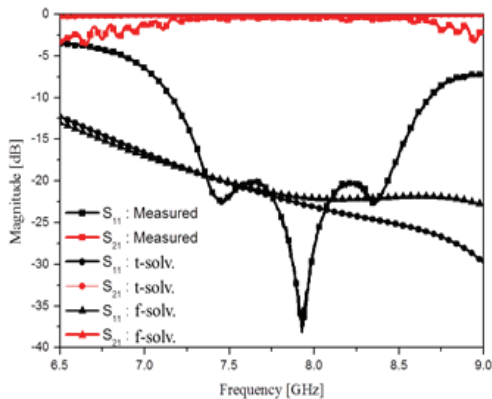
### 3. X밴드 채널용 로터리 조인트의 성능측정

전 절에서 두 가지 기법으로 얻어진 구조를 직접 제작하여 그 성능을 살펴본다.

전자기 CAD에 Parametric study에 의해 얻어진 치수들의  $10^{-2}$ mm까지만 구조의 초기치로 잡고 추가튜닝한 설계품을 브래스를 이용하여 실제로 구현하였다. 그림 7(a)는 제작품의 사진으로 로터리 조인트 전체구조의 모습을 보여준다. 본 구조가 [2]와 외양은 유사하지만, 다음의 차이를 가진다.



(a)



(b)

그림 7 제작 후 성능측정 (a) 설계한 천이구조를 내장한 로터리 조인트 전체구조 (b) 응답특성

Fig. 7 Performance test after fabrication (a) Entire rotary joint including the designed transition (b) Frequency response

표 2 본 구조와 기존구조의 차이점

Table 2 Differences between the proposed and conventional structures

	[2]	본 구조
중심 주파수	5.45 GHz	8 GHz
형식	직각도파관과 원형도파관	모두 동축선 도파관
Gap([2]의 L)	5.5 cm	1.4 cm

전체구조는 핵심구조의 포트들이 추가의 꺾인 동축선과 이어지면서 전체구조용 금속커버 밖으로 신호를 주고받을 수 있다. 이런 상황 속에서도, 측정된  $S_{21}$ 과  $S_{11}$ 은 그림 7(b)에서 관찰되듯이 시간 영역 및 주파수 영역 모의시험결과와 함께 요구사항을 만족한다. 대역의 중심에서 많이 벗어난 주파수에서는 손실이 증가하는데, 이는 전체구조화 되면서 추가된 전송선들의 이질적 특성에 의한 것으로 추정된다.

### 4. 결 론

본 논문에서는 X밴드 신호를 90도의 사잇각을 갖는 세 개의 도파로 구조형 불연속을 왜곡 없이 보낼 수 있는 로터리 조인트용 천이구조를 설계하였다. 설계를 위하여 기본구조를 정하고 등가회로로서 요구되는 전기적 특성을 만드는 회로요소들을 얻었다. 그리고, 이를 3차원 전자기 회로시험기에 반영하여, Parametric study와 유전자 알고리즘 최적화 기법을 활용하여 가장 적합한 설계변수들과 전기적 성능을 얻었다. 나아가, 제작과 측정을 통해, 제안된 기법이 타당함을 보였다. 개발된 광대역의 소형 로터리 조인트 구조는 고주파 탐지센서로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

「이 연구는 국방기술품질원 15-2차 핵심부품국산화개발 지원사업으로 연구되었음」

### References

- [1] Paul Wade, "Rectangular Waveguide to Coax Transition Design," QEX Articles, W1GHz Microwave Antenna Book, pp. 10-17, Nov/Dec 2006.
- [2] Deng Bin, Zhang Hua-lin, Ming-Chun Hu, "An analysis of circular waveguide Rotary Joint design with coupling TM01 mode," Proc. of 2011 IEEE CIE International Conference on Radar, pp. 1224-1227, Oct. 2011.
- [3] Antonio Morini, "Design of a Dual-Band Rotary Joint Operating in X- and Ka-Bands," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 59, Issue 6, pp. 1461-1467, June 2011.
- [4] Anatoliy Yevdokymov, Volodymyr Kryzhanovskiy, Vadim



Pazynin, Kostyantyn Sirenko, "Ka-band waveguide rotary joint," IET Microwaves, Antennas & Propagation, Vol. 7, Issue 5, pp. 365-369, 2013

- [5] Deng Bin and Zhang Qiang, "A novel multi-channel and high-power microwave rotary joint," Proc. of the 7th Asia Pacific International Symposium on Electro- magnetic Compatibility, Vol. 1, Issue 1, pp. 1071-1074, May 2016
- [6] Kyung-Seok Kahng, In-Kyu Yang, Sungtek Kahng,, Ho-Sub Lee, Hyoung-Jong Lee "Design of DNG-type Substrate-Integrated-Waveguide Resonators to Replace the Conventional Metallic Waveguide for the Military Satellite Transceiver", Transactions on KIEE, Vol. 62, No. 11, pp. 1584-1589 2013.11
- [7] Sungtek Kahng, Kyungseok Kahng, Inkyu Yang, Jinil Lee, Hosub Lee "Metamaterial-Based Planar Waveguide Filters and Components for Light-Weight Multi-Channel Vehicular Transceivers," 2013 Asia-Pacific Microwave Conference, Vol.1, No. 1, pp. 1-3, November 7, 2013
- [8] Sungtek Kahng, "GA-optimized decoupling capacitors damping the rectangular power-bus cavity-mode resonances," IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 16, no. 6, pp. 375-377, June 2006.
- [9] Jinsu Jeon, Sungtek Kahng, Hyeonsu Kim, "GA-Optimized Compact Broadband CRLH Band-Pass Filter Using Stub-Inserted Interdigital Coupled Lines," Journal Of Electromagnetic Engineering And Science, Vol. 15, No. 1, pp. 31-36, Jan. 2015
- [10] Sun-Ik Lee, Joong Pyo Kim, Won Gyu Lim, Sang Goo Kim, Eun Suk Choi, Pil Yong Lee, Duck Ki Baek, Jin Baek Jang, "Development of X-band Circular Waveguide Cavity Tunable Filter for Geostationary Satellite Applications," Proc. of 2016 Joint-Conference on Satellite Communication, Vol. 1, No. 1, pp. 76-78, Oct. 13-14, 2016

## 저 자 소 개



### 김 시 옥 (Siok Kim)

2006년 8월: 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (공학사). 2014년 8월: 경북대학교 산업대학원 산업공학과 회로 및 시스템전공(공학석사). 2012년 12월~현재 : 국방기술품질원 선임연구원.  
 ※ 관심분야 : 안테나 구조 설계 및 해석, AESA 레이더 시스템, RF 전력증폭기  
 e-mail : k3570@nate.com



### 이 창 형 (Changhyeong Lee)

2016년 2월 : 인천대학교 전자공학과(공학사). 2016년 3월~현재 : 인천대학교 정보통신공학과 석사과정.  
 ※ 관심분야 : 초고주파부품 및 안테나 설계, 메타재질구조  
 e-mail : Antman@inu.ac.kr



### 한 다 정 (Dajung Han)

2016년 2월 : 인천대학교 전자공학과(공학사). 2016년 3월~현재 : 인천대학교 정보통신공학과 석사과정.  
 ※ 관심분야 : 초고주파부품 및 안테나 설계, 메타재질구조  
 e-mail : dajung@inu.ac.kr



### 노 돈 석 (Donsuk Roh)

1986년 2월 : 경북대학교 전자공학과. 1986년 5월~2000년 10월 : (주)삼성 항공/전자, 탈레스 선임연구원 2000년 10월~2002년 9월 : ㈜텔레웨이브 무선사업 부장. 2002년 10월~현재 : (주)엘트로닉스 연구소장 및 사업 본부장.  
 ※ 관심분야 : 레이더 RF System, 통신/위성 송수신기, 차세대



### 강 승 텍 (Sungtek Kahng)

2000년 2월 : 한양대학교 전자통신공졸업(공학박사). 2000년 4월~2004년 2월 : 한국전자통신 연구원 위성탑재체 선임연구원. 2004년 3월~현재 : 인천대학교 정보통신공학과 교수. 2007년 3월~현재 : 한국통신학회 마이크로파 및 전파전파 연구회 위원장. 2015년 3월~현재 : 대한전기학회 학술이사, 기획이사, 영문논문지 부편집위원장. 2004년 9월~현재 : 한국전자파학회 연구위원, 이사, 영문논문지 부편집위원장.  
 ※ 관심분야 : 초고주파부품 및 안테나 설계, 메타재질구조  
 e-mail : s-kahng@inu.ac.kr