

# 광대역전력분배기의 설계 및 제작

강 상 기\*

## Design and Implementation of a Broadband Power Divider

Sanggee Kang\*

요 약

국내 이동통신 주파수를 모두 수용할 수 있는 광대역분배기를 설계 및 제작하였다. 제작한 20W급 광대역분배기는 810 ~ 2620MHz의 동작주파수에서 삽입손실은 최대 3.49dB, -18.48dB 이하의 입력반사계수, -20.2dB 이하의 출력반사계수, 24.7dB 이상의 격리도 그리고 3차 PIMD(Passive Intermodulation Distortion)는 -141.2dBc의 성능을 갖는다.

**Key Words** : Power Divider, Broadband, High Power, Low PIM

### ABSTRACT

Broadband power divider operating over the frequency band assigned for all domestic mobile communications is designed and implemented. The implemented power divider with 20Watts power rating has the maximum insertion loss of 3.49dB, input reflection coefficient of below -18.48dB and output reflection coefficient of below -20.2dB, above 24.7dB isolation and -141.2dBc of 3rd PIMD over the operating frequency of 810 ~ 2620MHz.

### I. 서 론

보다 빠른 데이터 서비스를 제공하고, 더 많은 가입자를 수용하기 위해서 이동통신 기술은 끊임 없이 발전하고 있다<sup>1)</sup>. 새롭게 출현하는 이동통신 시스템들은 새로운 주파수 대역을 할당받아서 서비스를 제공하는 경우가 일반적이다. 때문에 현재 서비스 중인 이동통신 시스템들은 여러 주파수 대역을 사용하고 있고, 그

에 따라서 이전에는 문제가 되지 않았던 것들이 해결해야할 새로운 문제로 대두 되고 있다<sup>2)</sup>. 예를 들면 가입자가 많지 않았던 시절에는 사업자 마다 자신들의 망을 구축하고 사용하는 것을 당연한 것으로 생각하였다. 그러나 다양한 통신기술들이 출현하고, 그때마다 사업자들이 새로운 통신 인프라를 구축하는 것이 비용 대 효과 측면에서 그다지 좋지 않으며, 건물 내의 통신망은 사업자들 사이에 공유가 가능하다고 인식하게 되었다. 건물 내의 통신망은 우리가 생각하는 것보다 훨씬 복잡하게 구성되어 있으며, 여러 사업자의 이동통신 서비스를 취급하기 위해서 광대역으로 설계되어야 한다. 더불어 건물 내의 통신망이 수동소자로 구성되었다더라도 PIMD 성능이 보장되어야 한다<sup>2,3)</sup>. 본 논문은 건물 내의 망 구성을 위해서 사용되는 광대역 전력분배기에 관한 것으로 우리나라 이동통신 대역을 모두 수용하며, 낮은 PIMD 성능을 갖는 광대역 전력분배기의 설계와 구현에 대해서 기술한다.

### II. 설계 및 구현

표 1에는 우리나라 이동통신의 주파수 분배현황을 나타내었다. 표 1로부터 우리나라의 이동통신 시스템은 대략 800 ~ 2600MHz를 사용하고 있음을 알 수 있다. 최근 통신사업자들은 PIMD에 대한 규격을 수동소자의 중요한 규격으로 다루고 있다<sup>3)</sup>. 수동소자의 상호변조 특성이 좋지 않은 경우 시스템 전체의 용량을 저하시키며, 심한 경우 전체 통신망의 장애를 유발하기도 한다.

본 논문에서 설계하고자 하는 광대역 전력분배기의 설계규격은 표 2와 같다. 광대역 전력분배기의 동작주파수는 우리나라 이동통신 주파수를 고려해서 810 ~ 2620MHz로 설정하였고, 최대 입력전력, 삽입손실, 격리도 등은 현재 이동통신 사업자의 요구규격을 반영해서 설정하였다.

표 2에 기술된 광대역 분배기의 비대역폭(fractional bandwidth)은 1.06으로 주파수 대역폭이 아주 넓다. 표 2의 요구 규격, 구현할 광대역분배기의 크기 그리고 구현의 용이성을 고려하면, 윌킨슨(Wilkinson) 전력분배기가 가장 적당하다. 윌킨슨 전력분배기의 동작주파수 범위를 넓히는 방법으로는 다단 트랜스포머를 구성하면 가능하며, 격리도 성능도 표 2의 규격을 만족할 만한 성능을 갖는다. 윌킨슨 전력분배기의 격리

\* First Author:Kunsan National University, Dept. of Information & Telecommunication Engineering, skkang@kunsan.ac.kr, 정회원 논문번호 : KICS2014-08-295, Received August 11, 2014; Revised September 1, 2014; Accepted September 1, 2014

표 1. 국내 이동통신 주파수 할당(NA: 미할당)  
Table 1. Frequency assignment for domestic mobile communications(NA: Not Assignment)

Freq. Band	대역(MHz)	Provider
800/ 900MHz	819~824/864~869	KT
	824~839/869~884	SKT
	839~849/884~894	LGU+
	905~915/950~960	KT
1.8GHz	1745~1755/1840~1850	KT
	1755~1765/1850~1860	SKT
	1770~1780/1860~1870	LGU+
2.1GHz	1885~1920	NA
	1920~1930/2110~2120	LGU+
	1930~1940/2120~2130	SKT
	1940~1960/2130~2150	SKT
	1960~1980/2150~2170	KT
2.3GHz	2010~2025	NA
	2300~2327	SKT
	2330~2360	KT
	2363~2390	NA
2.5GHz	2575~2615	NA

표 2. 광대역 전력분배기 규격  
Table 2. Specifications of broadband power divider

Items	Specifications	Remark
Freq. Range	810~2620MHz	
Input Power	43dBm	Maximum
Insertion Loss	3.5dB	
Flatness	0.2dB >	
Isolation	25dB <	
In/out VSWR	1.3:1	
PIM	140dBc <	@43dBm each Tone

저항(isolation resistor)의 값을 닫힌 형식(closed-form)의 계산식으로 구하는 방법이 아직까지 발표되지 않았으며, 우수모드(even mode)에서 마이크로스트립 선로의 임피던스를 계산하고, 기수모드(odd mode)에서 몇 가지 조건으로부터 격리저항의 초기값을 선정한 다음에 반복 계산을 통해서 최적의 반사계수를 갖는 값을 찾는 방법을 사용해서 격리저항의 값을 구한다. 표 3에는 참고문헌[4]의 계산된 결과를 요약해서 나타내었으며, 표 3에서 N은 단수, FBW는 비대역폭이다.

표 2에 기술된 주파수 대역과 격리도를 만족하기 위해서는 표 3의 설계 데이터 중에서 4단 윌킨슨 전력

분배기의 설계 데이터를 사용해야 한다. 실제구현에 있어서 정규화된 마이크로스트립 선로의 임피던스는 표 3에 기술된 값을 적용할 수 있다. 그러나 정규화된 격리저항의 값은 표 3에 기술된 값을 적용하지 못하는 경우가 일반적이며, 표 3에 기술된 격리저항의 값에 가장 가까운 저항값을 이용한다.

윌킨슨 전력분배기를 구현하기 위해서는 마이크로스트립 선로로 구성된 윌킨슨 전력분배기의 레이아웃(layout)이 원하는 성능을 갖는지 시뮬레이션을 통해서 성능을 확인해야 한다. 윌킨슨 전력분배기의 레이아웃에는 격리저항의 부착과 전체적인 크기를 줄이기 위해서 마이크로스트립 선로를 적당하게 구부린 구조를 적용해야 한다. 이 경우 주의할 사항은 마이크로스트립 선로를 구부리게 되면, 기생성분에 의해서 선로의 전기적인 길이가 변화된다는 점이다.

그림 1에는 설계한 윌킨슨 전력분배기의 시뮬레이션 결과와 제작한 전력분배기의 측정결과를 함께 나타내었다. 시뮬레이션 결과는 대부분의 동작주파수 범위에서 임출력 반사계수와 격리도의 시뮬레이션 값을 -30dB 이하가 되도록 계산되었기 때문에 구현시 선로의 폭, 격리저항의 값과 부착 위치에 대한 민감도가 크다. 때문에 시뮬레이션 결과와 측정 결과 사이에 차이가 많은 것처럼 보이지만, 그림 1의 측정결과와 시뮬레이션 결과는 유사한 추세의 특성을 가지고 있음을 알 수 있다. 측정결과 삽입손실은 동작주파수 범위의 최고주파수에서 가장 악화되는 경향을 보였으며, 2620MHz에서 3.49dB로 측정되었고, S11은 -18.48dB 이하, S22는 -20.2dB 이하, 격리도는 최소 24.7dB로 측정되었다. 전체 동작주파수 대역에서 PIMD를 측정할 수 있는 장비를 구성하기는 어렵기 때문에 일반적으로 PIMD를 많이 측정하고 있는 주파수인 1800MHz 대역에서 PIMD를 측정하였으며, PIMD 측정의 일례는 그림 2와 같고, 3차 PIMD는

표 3. 참고문헌[4]의 윌킨슨 전력분배기 설계 데이터  
Table 3. Summary of design parameters for Wilkinson power divider described in reference[4]

N	FBW	Normalized transmission line impedance(Z), isolation resistance(R)		Min. Isolation
		Z	R	
2	0.67	Z	1.2197, 1.6398	27.3dB
		R	4.8204, 1.9602	
3	0.67	Z	1.1124, 1.4142, 1.7979	38.7dB
		R	10, 3.746, 1.9048	
3	1	Z	1.1497, 1.4142, 1.7396	27.9dB
		R	8, 4.2292, 2.1436	
4	1.2	Z	1.1157, 1.2957, 1.5435, 1.7926	26.8dB
		R	9.6432, 5.8326, 3.4524, 2.0633	

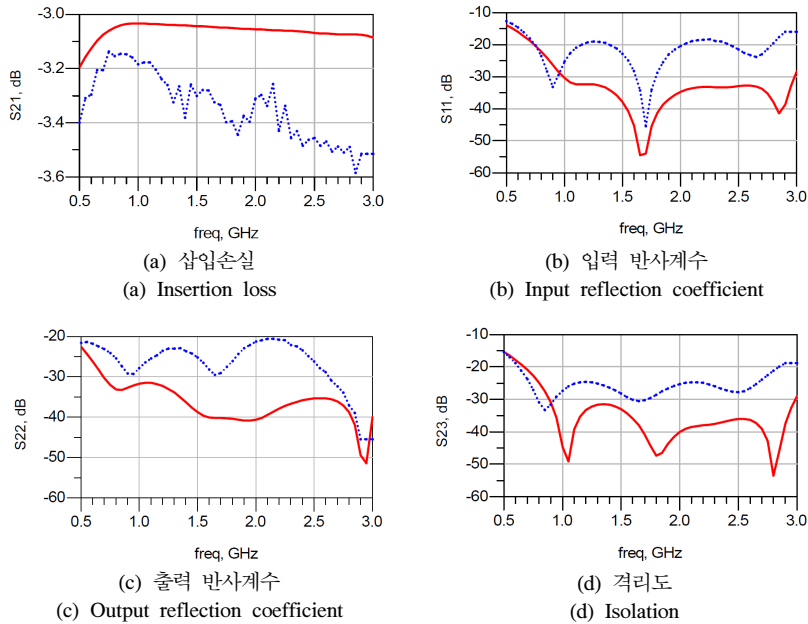


그림 1. 광대역 분배기의 성능 시뮬레이션 및 측정 결과(시뮬레이션 :실선, 측정 :점선)

Fig. 1. Simulation and measurement results of the broadband power divider(Simulation: solid line, Measurement: dotted line)

-141.2dBc로 측정되었다. 제작한 윌킨슨 광대역 전력 분배기의 사진은 그림 3과 같다.

입손실 3.49dB 이하, 입력반사계수 -18.48dB 이하, 출력반사계수 -20.2dB 이하, 격리도 24.7dB 이상 그리고 -141.2dBc의 3차 PIMD 성능을 갖는 20W급 윌킨슨 광대역 전력분배기를 설계 및 제작하였다. 본 논문의 광대역 전력분배기는 국내 이동통신용 전력분배기로 사용할 수 있다.

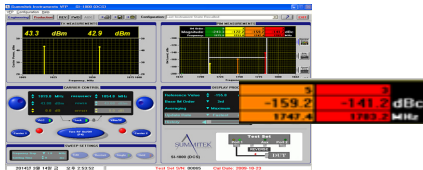


그림 2. PIMD 측정결과

Fig. 2. Measurement results of PIMD

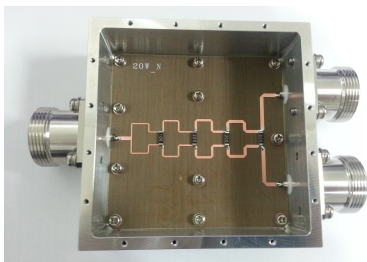


그림 3. 제작한 Wilkinson 전력분배기 사진

Fig. 3. Photograph of the implemented Wilkinson power divider

### III. 결 론

본 논문은 810 ~ 2620MHz의 주파수 범위에서 삽

### References

- [1] H. Holma and A. Toskala, *LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access*, NY: John Wiley & Sons, 2009.
- [2] P. L. Lui, "Passive intermodulation interference in communication systems," *Electronics & Comm. Eng. J.*, pp. 109-118, Jun. 1990.
- [3] W.-S. Rho and J.-S. Jang, "A study on the Cancellation of Interference by Passive IMD," in *Proc. KICS*, pp. 1329-1331, Jun. 2010.
- [4] S. B. Cohn, "A class of broadband three-port TEM-mode hybrids," *IEEE Trans. Microwave Theory and Technique*, vol. MTT-16, pp. 110-116, Feb. 1968.