

## 집중소자형 전송선로 특성고찰

이중근, 유찬세, 유명재, 이우성  
전자부품연구원

### The lumped parameterizing of the transmission line

Joong-Kwen Lee, Chan-Sei Yoo, Myung-Jae Yoo, Woo-Sung Lee  
Korea Electronics Technology Institute

#### Abstract

Nowadays, the study on the ceramic components and modules that used in telecommunication system is being performed. The technology that co-fired both a ceramic material and a silver conductor is usually used to develop small telecommunication components and modules. In the study, It is that the lumped elements equivalent circuit with easy tuning control can be matched more accurate at the 50ohm than the transmission line.

keyword : ceramic, stripline, RF, lumped, matching

#### 1. 서 론

1/4파장을 가지는 stripline은 일반적으로 RF choke으로 많이 활용된다. 특히, Antenna Switch Module에서는 Tx와 Rx를 격리시키기 위해 사용되면서 동시에 Rx에서는 50ohm matching 소자로써 동작한다. 그런데, LTCC 공정으로 제작된 50ohm stripline을 구현하였다고 했을 때 실제 VNA에서 측정하면 정확히 50ohm에 matching 되지 않는다. 또한 tuning을 하여도 matching point의 거동을 파악하기가 어렵다. 이는 좁은 공간에 1/4파장의 길이를 구현함에 있어 비효율적이고 특성열화를 가져올 수 있고 tuning을 위해 공정변수를 고려해야 하는 단점이 있다. 따라서 본 연구는 굳이 전 대역이 50 ohm matching이 될 필요가 없다면 분포소자 대신 집중소자로 구현하여 각 lumped element의 용량만을 tuning하여 쉽게 matching point의 거동을 관찰 및 예상할 수 있고, ground 간의 thickness를 줄일 수 있는 장점이 있다. 반면에 전 대역이 50ohm matching이 되지 않는다는 단점도 있지만 trade off로 생각할 부분이다. 이번 연구에서 논의된 target band는 DCS와 GSM이다.

#### 2. 실 험

##### 2.1 사용재료

사용재료는 크게 유전체와 도체, 그리고 저항체로 구분되어진다. 유전체는 상용재료로 유전율이 7.8 이고 손실 값이 0.003(6GHz), 온도계수는 7ppm/°C 정도 되는 Dupont사의 9599 재료를 직접 casting하여 사용하였고 도체는 도체 손실 값을 줄이기 위해 전기전도도가 좋은 metal content 86%의 Ag 전극을 사용하였다.

##### 2.2 제작 공정 및 측정

기판의 제작은 tape casting 된 green sheet 에 via hole을 형성하고 도체 패턴을 인쇄한 후 여러 층을 쌓아서 제작하게 되는 적층공정(multi-layer process)을 적용하였다. 측정은 6GHz까지 측정 가능한 agilent사의 Vector Network Analyzer(VNA)을 사용하였고, probing을 위해 V type의 flexible cable을 probe station에 연결하였으며, probe pitch size는 350um 와 600um을 사용하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

50ohm matching stripline의 경우 단면도를 보면 그림 1과 같다. 위아래 두개의 ground가 있고 그 중앙에 1/4파장의 길이를 가지는 라인이 존재한다.

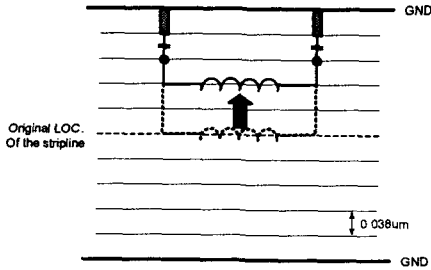


그림 1 stripline vs. lumped 단면도

실제 제작에서는 GSM 이나 DCS band의 경우 소결 후 사이즈인 4.5x3.2에서 구현하였고, 50ohm matching을 위해서 ground 간 두께가 380um정도가 되어야 하기 때문에 50um green sheet 10장을 적층하였다. 그림 2에서처럼 line의 길이는 주어진 사이즈를 고려하여 지그재그 모양으로 구현하였다.

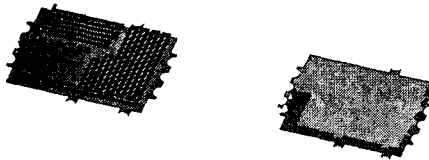


그림 2 stripline의 3D 구조

이렇게 구현된 stripline의 측정 결과는 그림 3과 같다.

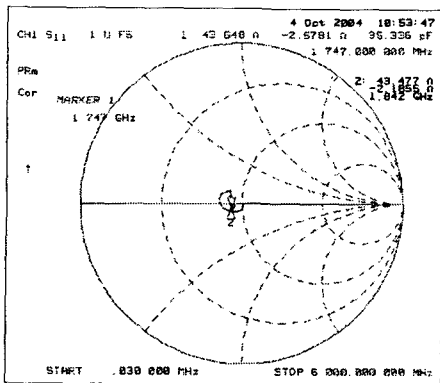


그림 3 DCS band stripline 반사계수

그림 3을 보면 50ohm에 벗어나 있는 것을 확인할 수 있다. 이를 50ohm에 위치시키기 위한 tuning 방법을 모색한 것이 lumped 구조이다.

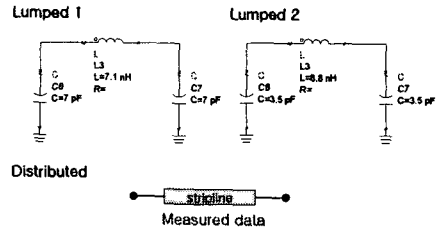


그림 4 Distributed vs. lumped 구조

그림 4는 stripline에 대한 등가회로이지만, 특정 대역에 대해서만 50ohm matching이 된다는 점에서 stripline과 동일한 회로는 아니다. 그리고 각 소자 용량 값이 다른 두개의 회로를 구현하였다. 따라서 lumped 소자로 구현 시 여러 가지 용량을 가지는 회로로 구현이 가능하다. 즉 용량 tuning을 통해 target frequency region을 50ohm에 위치시키는 것이 용이하다. stripline과 lumped  $\pi$  network에 대한 반사계수를 보면 다음과 같다.

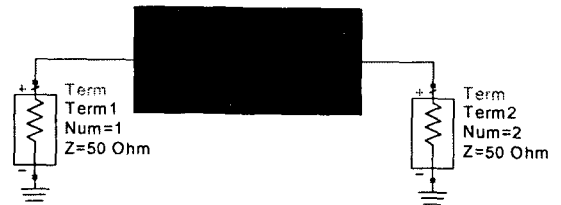


그림 5 50ohm matching measurement

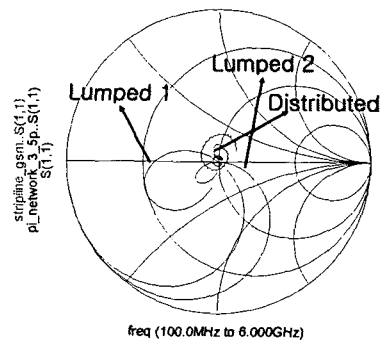


그림 6 stripline vs. lumped element 2D(black box) simulation

그림 6을 보면 stripline은 전 대역에서 어느 정도 50ohm에 근접해서 분포되어 있는 것을 알 수 있다.

lumped 구조에서는 lumped 1과 lumped 2처럼 용량 tuning으로 전 대역은 아니지만 특정 주파수를 50ohm 에 위치시키는 것이 훨씬 정확하다는 것을 알 수 있다. lumped 1 과 lumped 2를 R.L.를 보게 되면 다음과 같다.

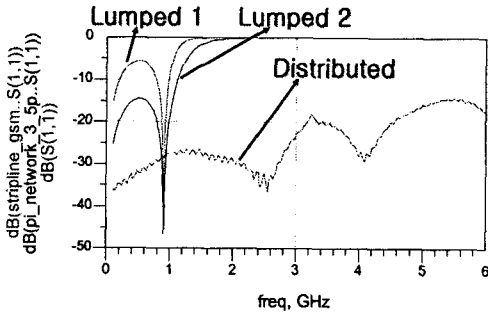


그림 8 lumped 1 vs. lumped 2 의 R.L.

엄밀히 말하면 특정 주파수를 포함한 bandwidth만큼 50ohm에 matching 되는 것이 의미가 있기 때문에 lumped 1 보다는 lumped 2가 band selectivity가 좋다는 것을 알 수 있다.

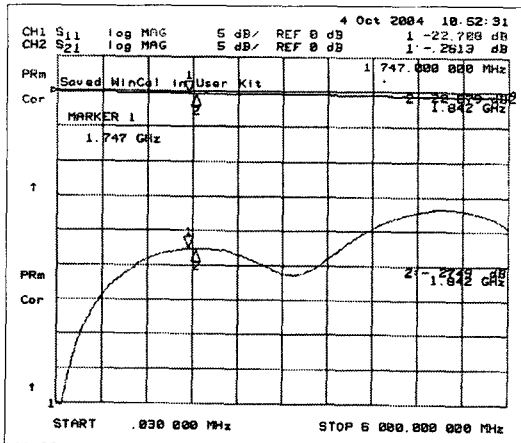


그림 7 DCS band stripline IL.

특정 주파수에서의 lumped 구조 IL가 stripline IL와 동일하여 loss에 의한 특성열화는 발생하지 않는다.

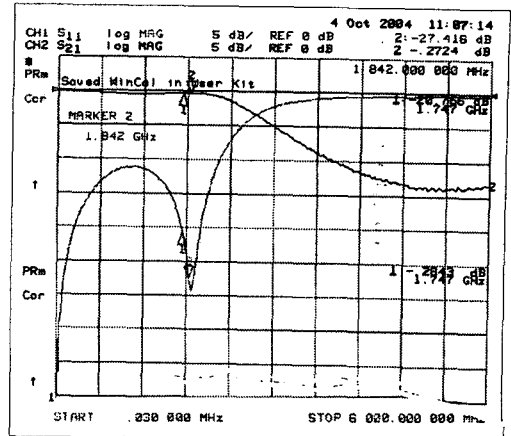


그림 8 DCS band lumped 구조 IL.

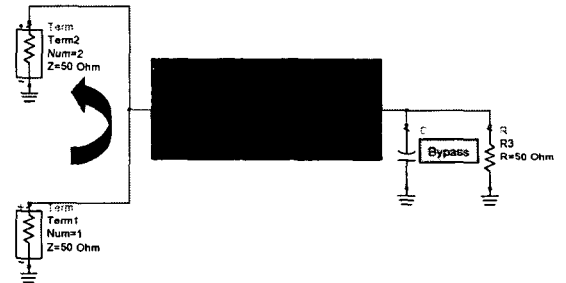


그림 9 RF choke measurement

그림 9는 bypass cap을 shunt로 연결하여 RF적으로 short가 되게 하고 black box를 1/4파장의 transformer로 동작하게 하여 RF open으로 보임으로써 choke 역할을 하는데 이 black box를 lumped 구조를 채택할 수 있다. 이를 2D simulation에서 확인하면 다음과 같다.

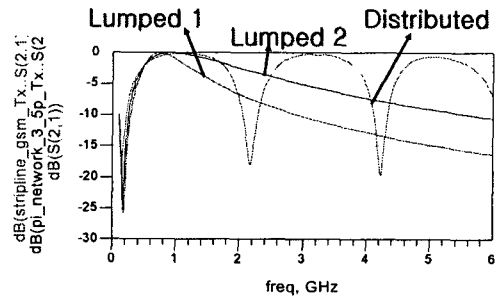


그림 10 RF choke measurement

그림 10을 보면 GSM Band의 경우 lumped 1과 lumped 2가 800MHz~1GHz의 band이외의 주파수는 차단되어 통과되지 못하는 RF choke의 기능을 수행하고 있다 결과적으로 RF choke이면서 50ohm matching이 되는 lumped 구조를 구현할 수 있었다. 다음은 실제 LTCC 제작을 통해 lumped 구조의 장점을 활용하여 pattern 변수를 주어 50ohm에 matching 시켜 보았다. DCS에 대한 측정 결과는 다음과 같다. 1번 변수에서 DCS band center frequency인 1.842GHz가 50ohm에서 벗어나 40.824ohm을 가지고 있다. 이를 lumped component의 pattern modify을 통해 용량 변화시켜 2번 변수와 같이 48.693ohm을 얻었고, 50ohm에 보다 가까이 접근한 것을 알 수 있다. 물론, imaginary part는 0이 되어야 하지만 4ohm 정도는 특성에 크게 영향을 미치지 않는다.

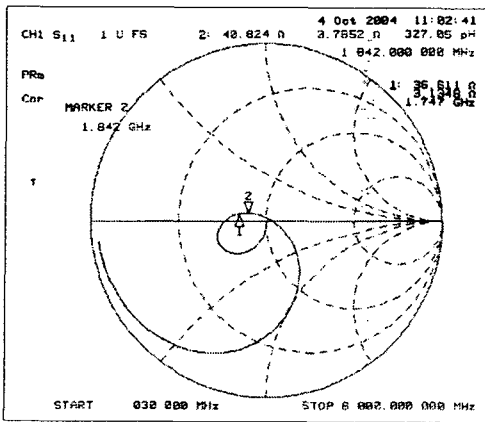


그림 11 DCS lumped 구조 1번 변수

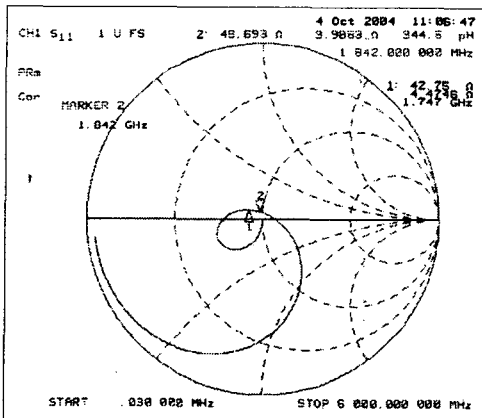


그림 12 DCS lumped 구조 2번 변수

그림 16은 lumped element의 3D 구조와 실제 제작한 사진이다. DCS와 GSM에 대해 Dual band를 구현하였다.

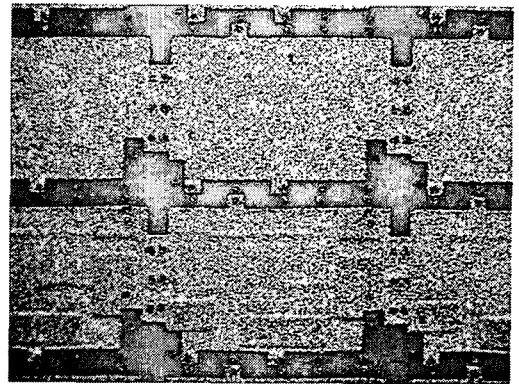
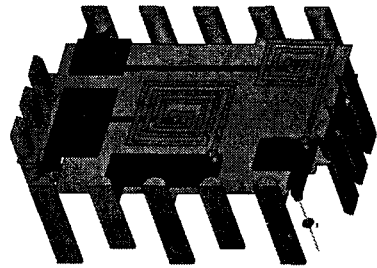


그림 16 stripline 과 lumped 구조 시편

#### 4. 결론

본 연구에서는 stripline을 lumped 구조로 대체함으로써 쉽게 50ohm tuning이 가능했고 동시에 RF choke로서 동작한다는 것을 알 수 있었다. 더불어 lumped 구조에서는 ground 간 거리가 중요하지 않으므로 두께를 줄임으로 tape 사용량을 줄여 양산시 유리하게 응용할 수 있을 것이다. 대신 lumped pattern과 ground사이의 coupling이 커지겠지만, pattern tuning을 함으로서 보완 될 수 있을 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] David M. Pozar "Microwave Engineering" John Wiley & Sons, 1998