

Lab-09: Inverted-F Antenna

I. Theory

1. Inverted-F Antenna 기초

- 역L형 안테나(수직 모노폴의 상부 80% 길이를 수평으로 휘게 하여 높이를 줄인 안테나)의 임피던스 정합을 개선한 안테나

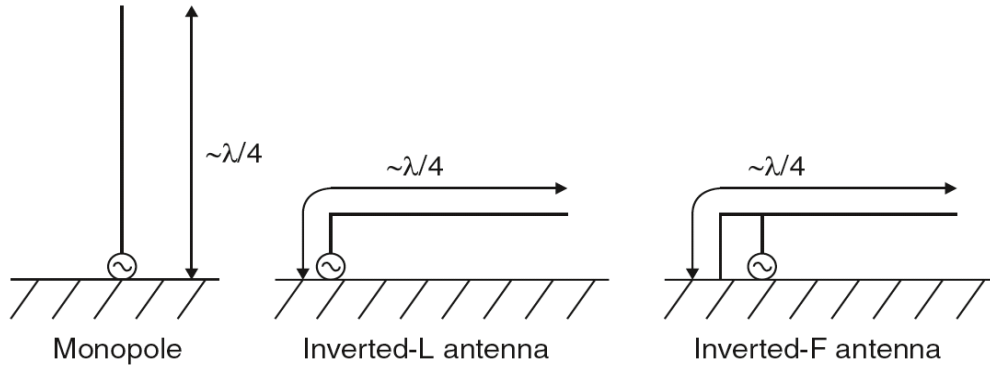


그림 1. 모노폴 안테나, 역L형 안테나, 역F형 안테나 구조 (Yarman, *Design of Ultra Wideband Antenna Matching Network*)

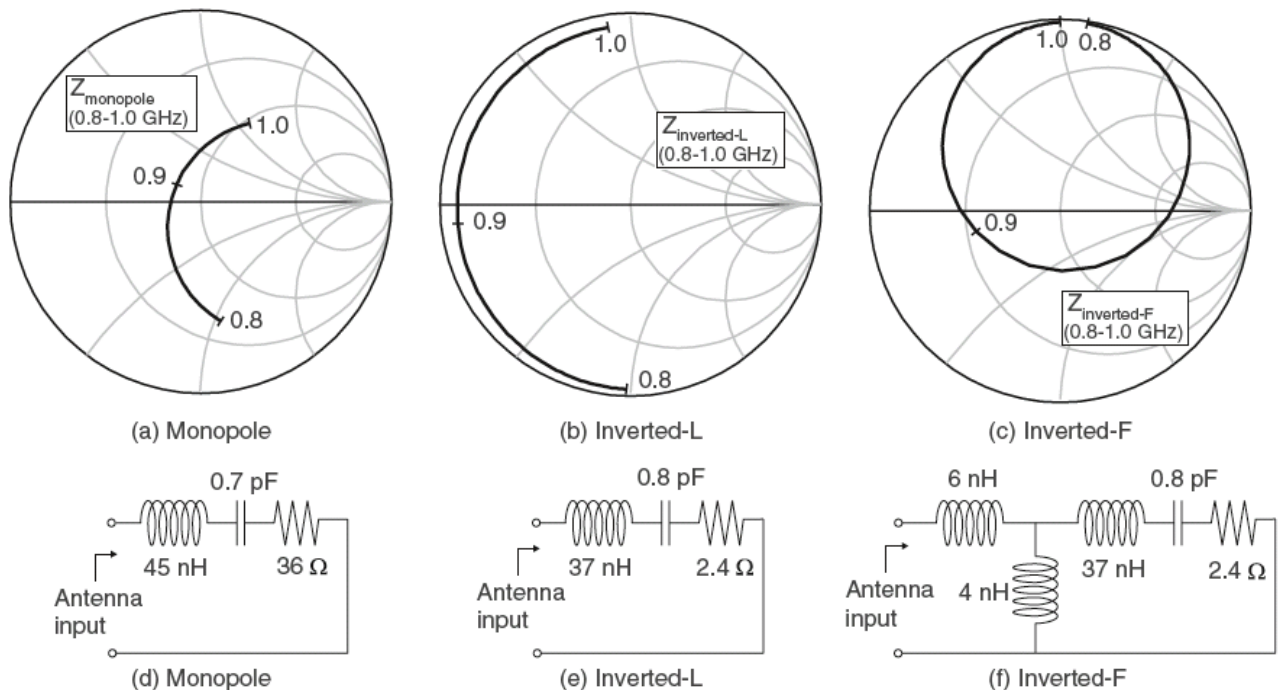


그림 2. 모노폴 안테나, 역 L형 안테나, 역 F형 안테나의 임피던스 특성 (Yarman, *Design of Ultra Wideband Antenna Matching Network*)

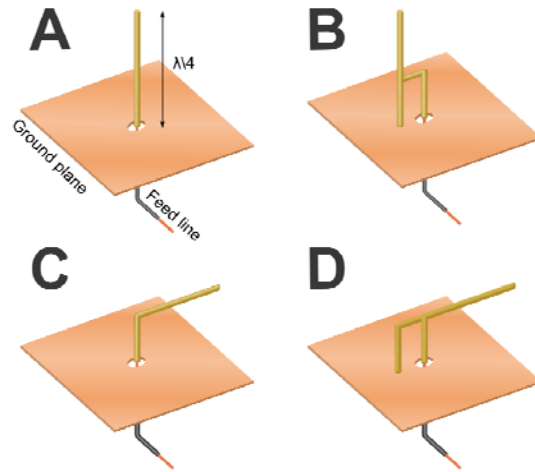


그림 3. A = 표준 모노폴, B = Gamma-matched monopole, C = 역 L형 안테나, D = 역 F형 안테나 (Wikipedia)

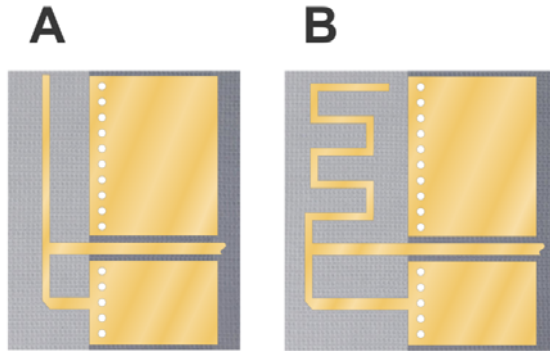


그림 4. 인쇄형 역 F형 안테나. A = straight wire, B = meandered wire (Wikipedia)

2. IFA Impedance Matching

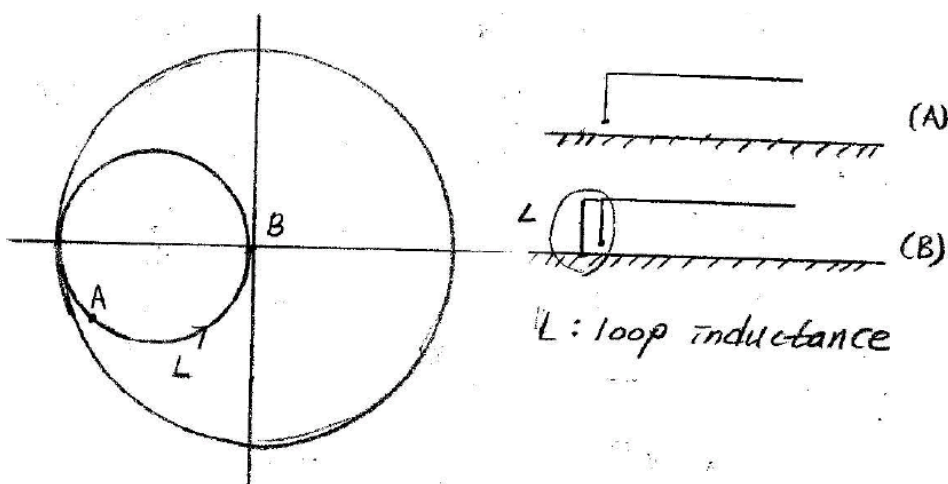
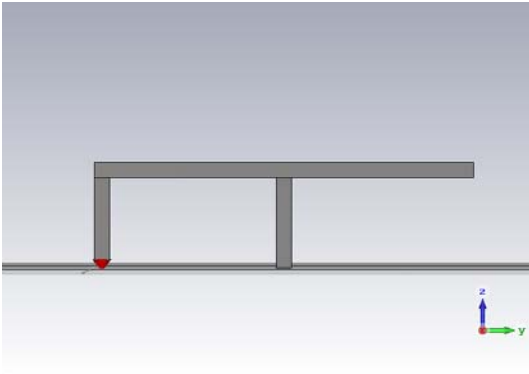


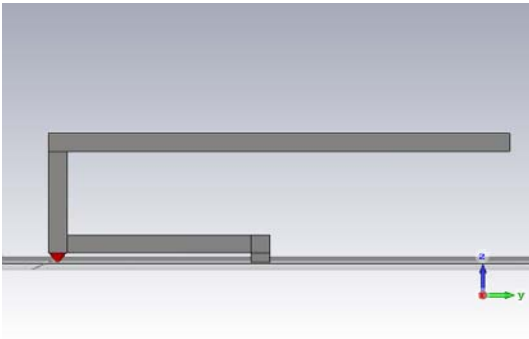
그림 5: 역 F형 안테나 임피던스 정합 원리

3. IFA 구조의 종류

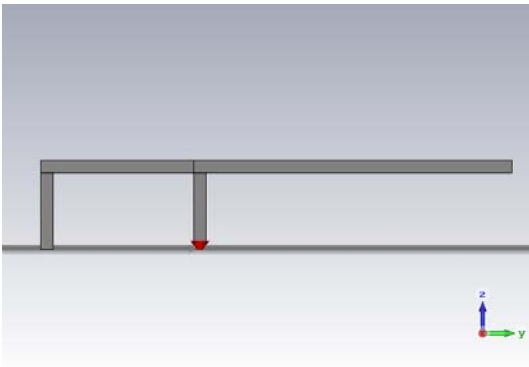
- Type IA



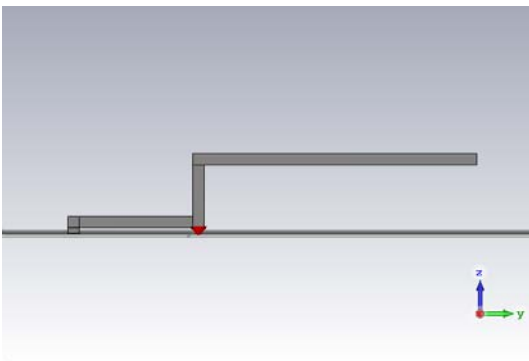
- Type IB



- Type IIA



- Type IIB



4. IFA 설계방법

1) 설계주파수 결정(주어짐)

2) ILA 설계

2.1) Short stub이 없는 상태에서 ILA 총길이 $H+L=L_T$ 가 설계주파수에서 0.25 파장이 되게 한다.

2.2) H 결정: 안테나 실장시 요구되는 최대 높이로 설정

$$L/H = 3 - 6$$

H 가 작을수록 안테나 임피던스 대역폭 감소

2.3) Wire 직경 결정: 시스템 요구조건 (성능, 무게, 재료비 등)을 만족하는 최대값으로 설정.

Wire 직경을 클수록 대역폭이 서서히 증가

$$L_T / W = 20 - 100$$

3) IFA 설계: Modified type-I IFA 또는 Type-II IFA 구조 적용

3.1) Short stub의 길이 D 를 조정하여 공진을 얻는다. 이 경우 원하는 정확한 주파수에서 공진하지 않는다.

3.2) 원하는 주파수에서 공진특성을 얻기 위해 높이 H 를 고정하고 총길이 $H+L=L_T$ 가 파장에 비례한다는 비례식으로부터 수평길이 L 을 조정한다.

3.3) 조정된 수평길이에 대해 short stub 길이 D 를 조정하여 공진을 얻는다.

3.4) 위의 3.2, 3.3 과정을 되풀이 하여 최종결과를 얻는다.

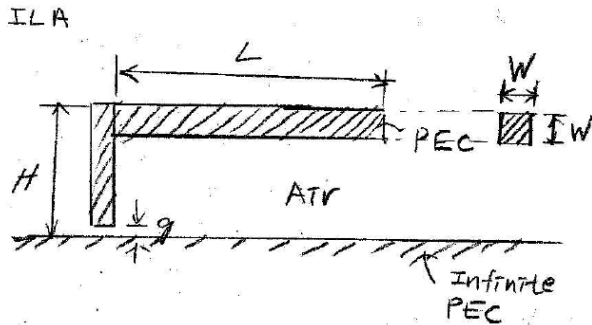
(참고) 주파수 scaling으로 전체 구조를 일정비율로 축소 또는 확대하여 원하는 주파수에서 공진되는 안테나 설계치수를 구할 수 있다. 이 경우 wire의 단면이 $2.218 \text{ mm} \times 2.218\text{mm}$ 과 같이 특별한 수치가 되어 제작이 불편해 질 수 있다.

II. Experiment

치수단위: mm

전원: Discrete port across the gap g . Source impedance = 50Ω

1. ILA 해석



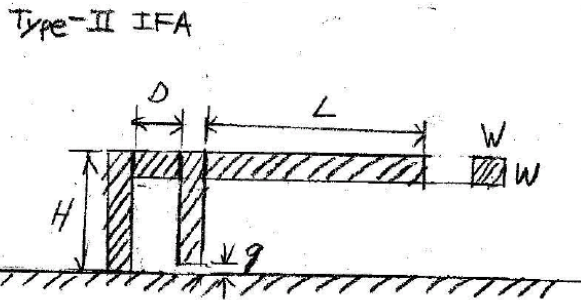
치수: $H = 14, L = 48, W = 2, g = 1$

해석주파수 범위: 0.5-1.5GHz

보고서 작성:

- 1) 안테나 형상 3차원 사시도
- 2) $|S_{11}|$ (dB) Cartesian plot
- 3) S_{11} on the Smith chart

2. Type-II IFA 튜닝



치수: $H = 14, L = 48, W = 2, g = 1$, D 를 가변하여 임피던스 정합이 가장 우수한 D 의 값을 찾는다.

해석주파수 범위: 0.5-1.5GHz

(참고) D 값을 자동으로 설정하여 변하게 할 수도 있다. (CST Suite Student Edition에서도 가능)

보고서 작성:

- 1) 안테나 형상 3차원 사시도
- 2) 최적 D 값
- 3) 최적 D 의 경우 $|S_{11}|$ (dB)
- 4) 최적 D 의 경우 S_{11} on the Smith chart

3. Type-II IFA 설계

설계 주파수: 500MHz

해석 주파수 범위: 250-750MHz

$H = 10, W = 2, g = 1$ 를 고정값으로 하여 500MHz에서 50Ω 에 정합되게 L 과 D 결정.

보고서 작성:

- 1) 안테나 형상 3차원 사시도
- 2) 설계된 안테나의 L 과 D 의 값
- 3) $|S_{11}|$ (dB) Cartesian plot
- 4) S_{11} on the Smith chart

III. Advanced Theory on Inverted-F Antenna

1. Parametric Study on IFA

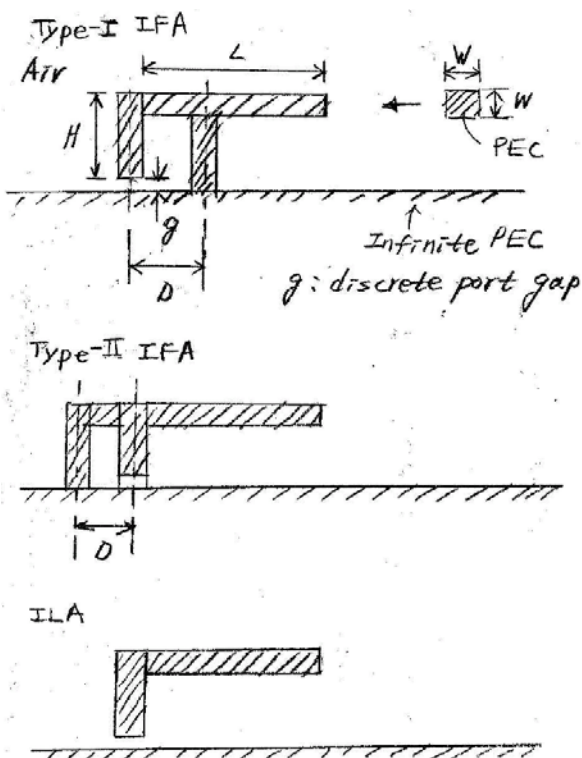
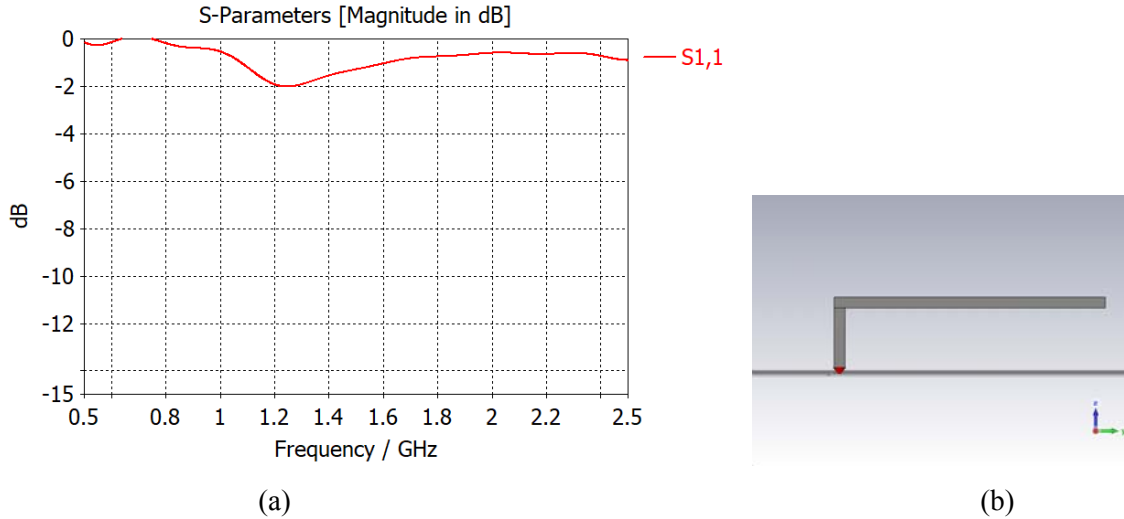
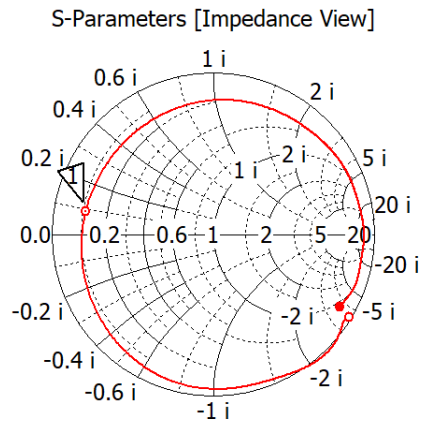


그림: 패러미터 분석을 위한 역 F 안테나 구조. CST Studio Suite Student Edition의 mesh 수를 줄이기 위해 도선단면을 정사각형으로 함. 치수(단위 mm): $L = 48, H = 14, g = 1, W = 2, D =$ 가변

1) ILA (역 L형 안테나) 임피던스 특성



- 0.5 (5.94, -179) Ohm
- 2.5 (38.5, -182) Ohm
- Frequency / GHz
- S1,1 (50 Ohm)

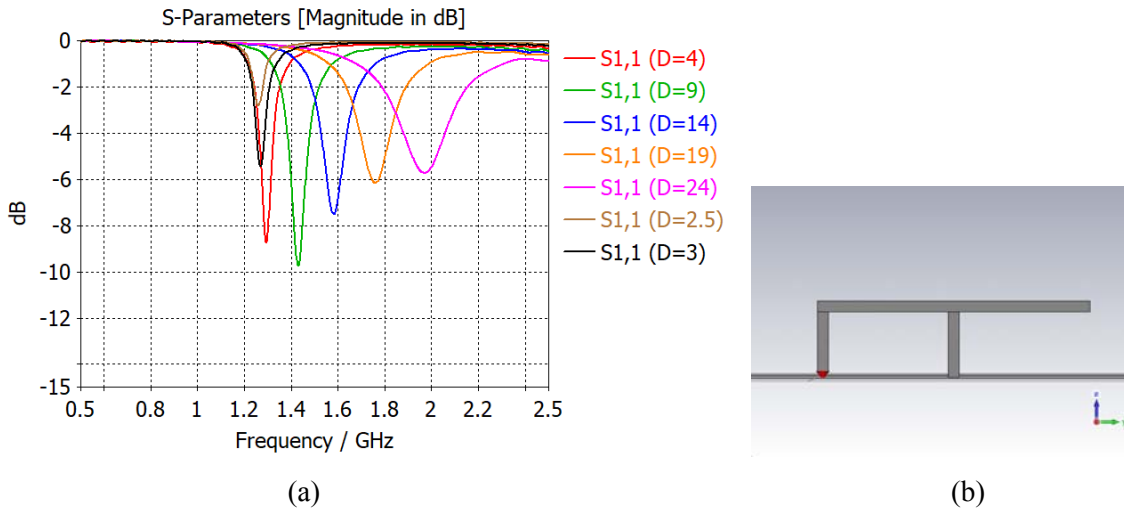


○ 1.200000 (5.565292, 4.503896) Ohm

(c)

그림: ILA의 임피던스 특성. (a) 반사계수 크기, (b) 안테나 구조, (c) 스미스 도표상 임피던스 궤적. ILA 총길이(와이어 중심축) = 62mm = 0.258 파장 @ 1.25GHz (공진주파수)

2) Type-I IFA 임피던스 특성



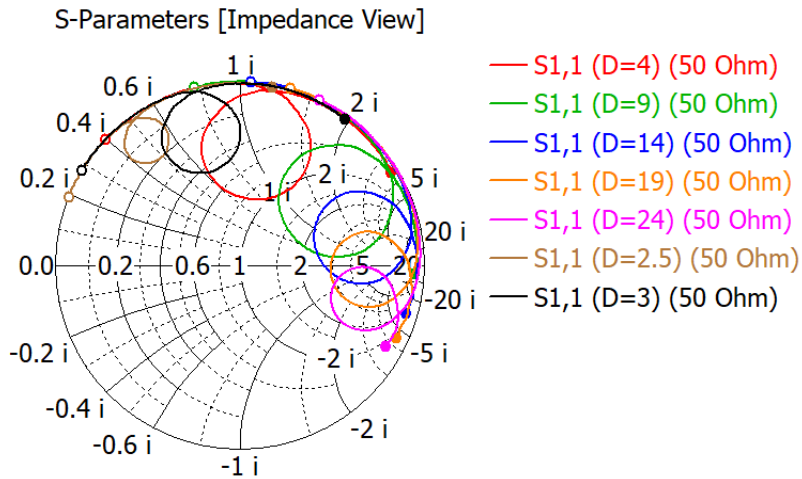


그림: Type-I IFA의 임피던스 특성. (a) 반사계수 크기, (b) 안테나 구조, (c) 스미스 도표상 임피던스 궤적. Short stub의 위치에 따라 임피던스 정합이 되지만 정합도가 우수하지 않다.

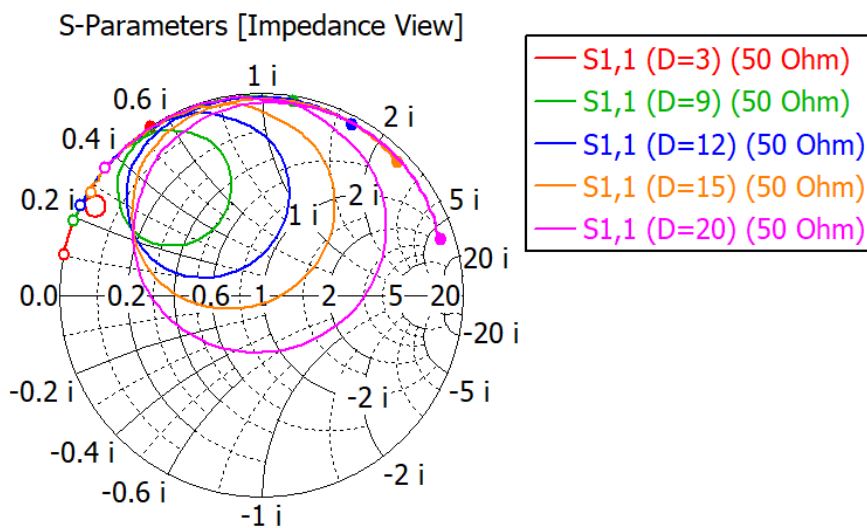
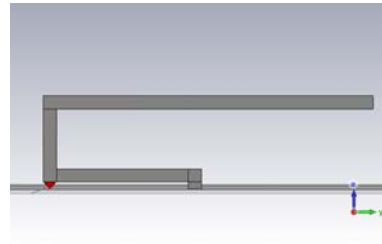
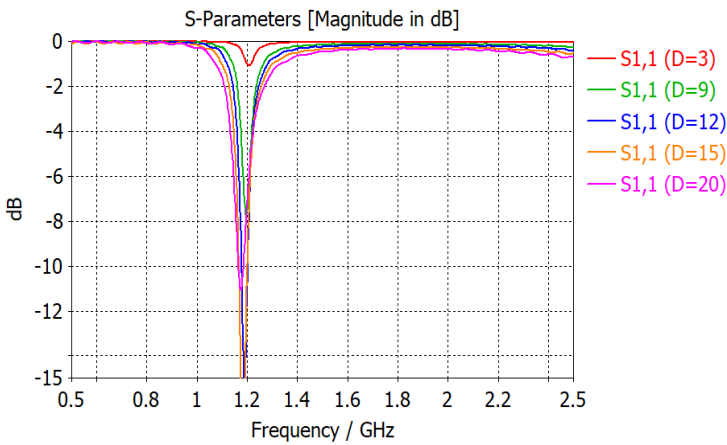


그림: Modified type-I IFA의 임피던스 특성. (a) 반사계수 크기, (b) 안테나 구조, (c) 스미스 도표상 임피던스 궤적. 공진주파수 변동 없이 short stub의 길이를 조정하여 임피던스를 정합할 수 있다. 접지판과 short stub의 gap을 wire 직경의 0.5-1배로 고정하고 short stub의 길이를

변경하여 공진을 얻는다.

3) Type-II IFA 임피던스 특성

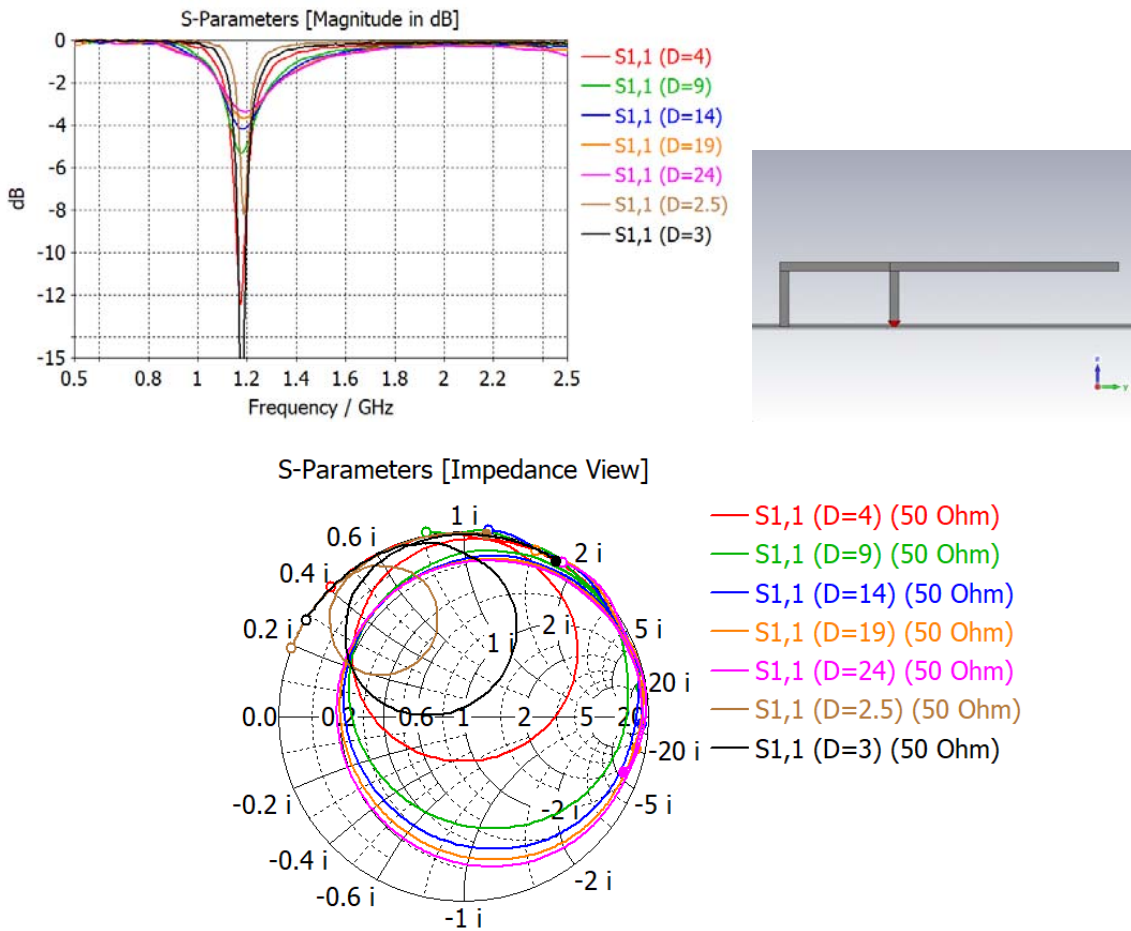
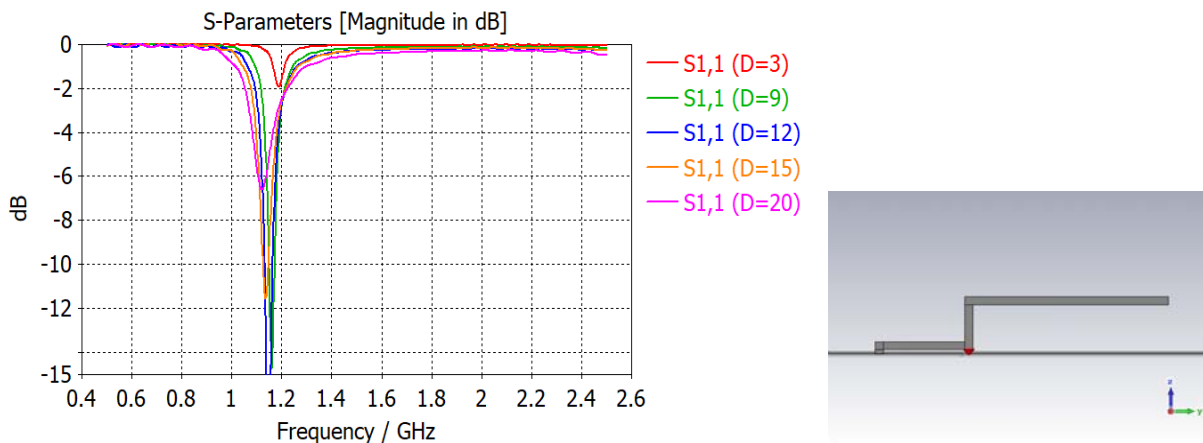


그림: Type-II IFA의 임피던스 특성. (a) 반사계수 크기, (b) 안테나 구조, (c) 스미스 도표상 임피던스 궤적. 공진주파수 변동 없이 short stub의 길이를 조정하여 임피던스를 정합할 수 있다.



S-Parameters [Impedance View]

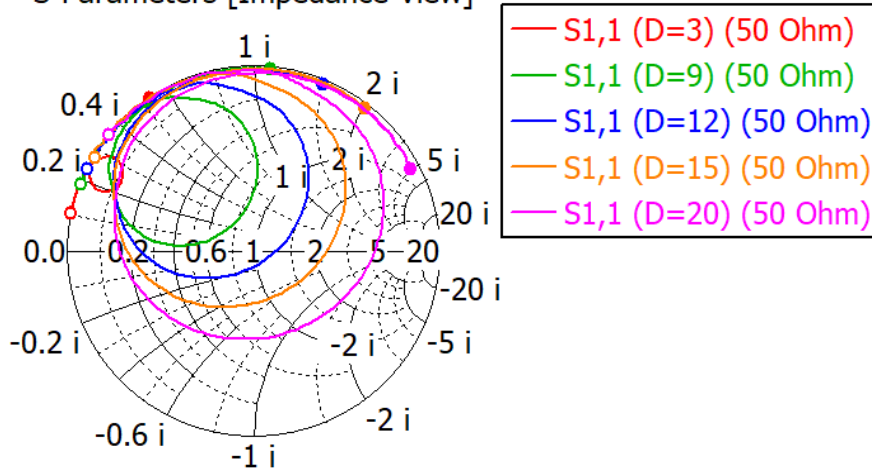
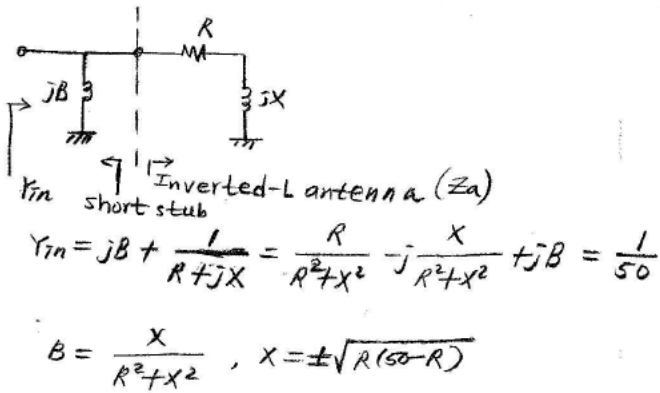


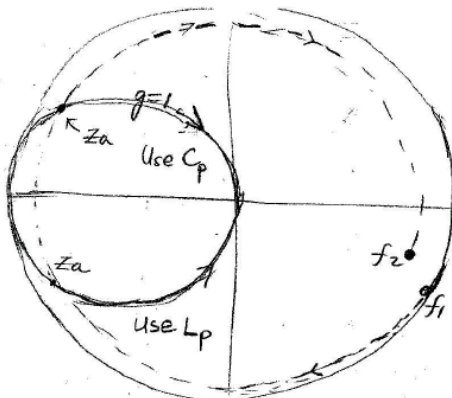
그림: Modified type-II IFA의 임피던스 특성. (a) 반사계수 크기, (b) 안테나 구조, (c) 스미스도표상 임피던스 궤적. 공진주파수 변동 없이 short stub의 길이를 조정하여 임피던스를 정합할 수 있다.

2. IFA Impedance Matching Theory

1) Single-Element Matching

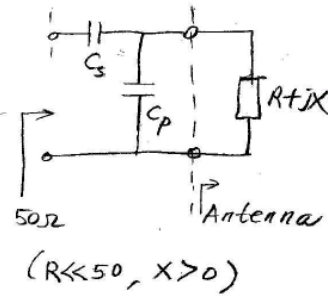
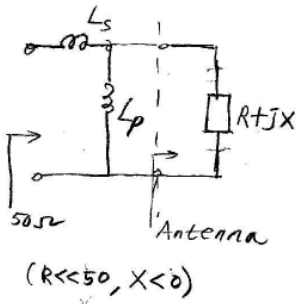
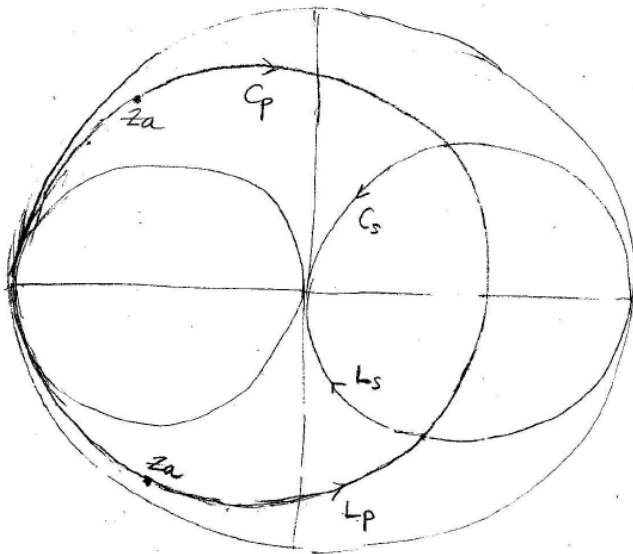


Example: $R=5, X=-15, B=-0.06 \rightarrow X = \frac{1}{-B} = 16$



C_p : parallel C
 L_p : parallel L

2) Dual-Element Matching



IV. IFA Examples

1. 근거리 통신장치용 PCB 안테나

1) 2.4GHz 안테나

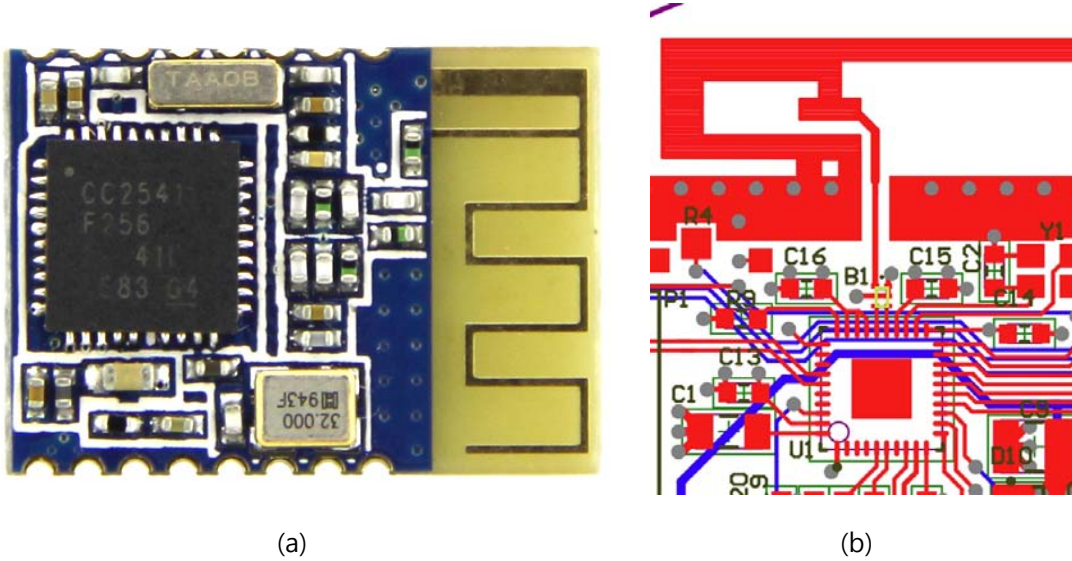


그림: (a) Bluetooth v4.0 HM-11 모듈용 IFA. PCB 크기 60*90*2mm, (b) TI CC2540 SimpleLink Bluetooth low energy wireless MCU with USB용 PCB IFA 아트웍

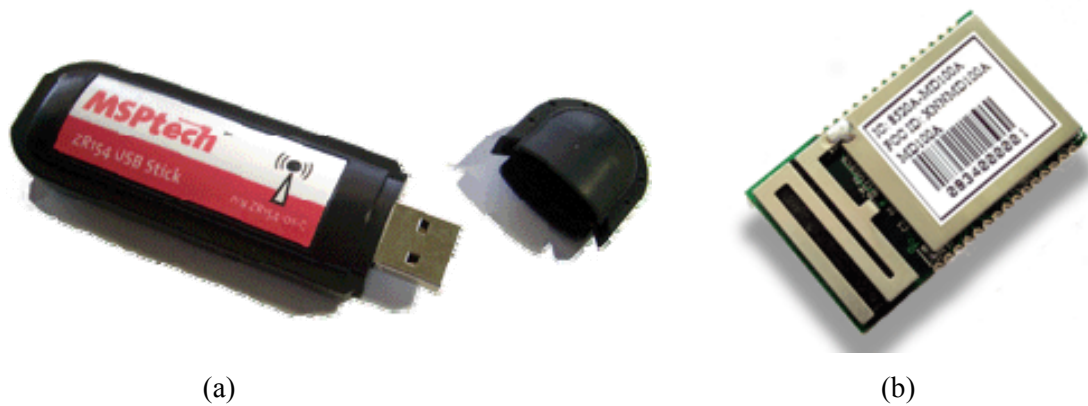


그림: (a) MSPtech ZR154 USB Zigbee 통신 stick, (b) ZR154용 IFA (2.0dBi gain)

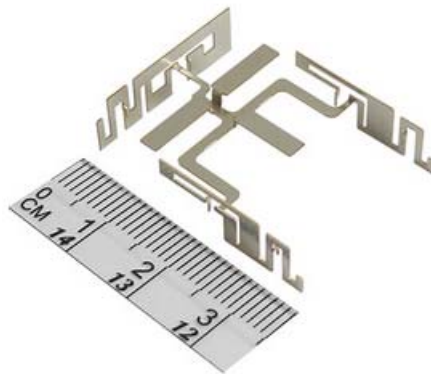


그림: WiFi dual band metal dip IFA 3x3 internal antenna for USB dongle by LYNwave

2) 915MHz IFA

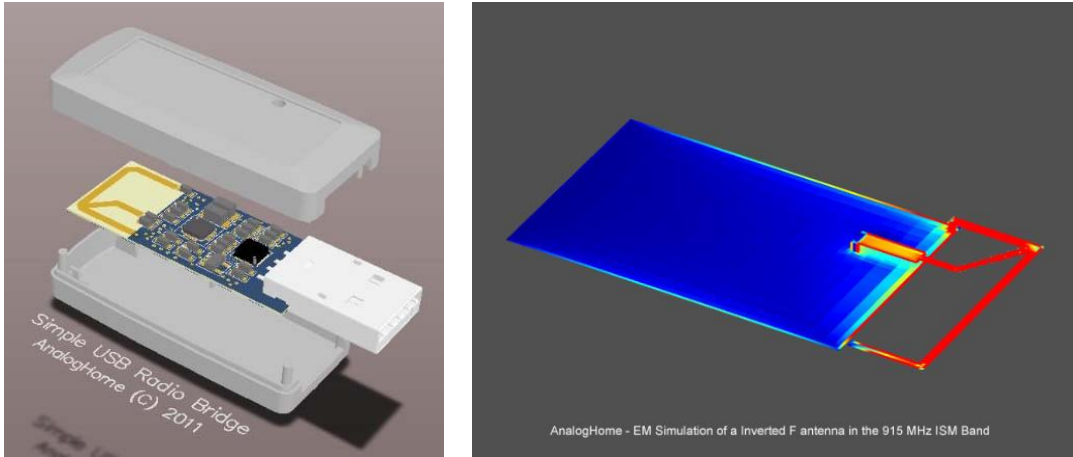


그림: USB radio bridge용 915MHz ISM 통신용 IFA (www.analoghome.com)

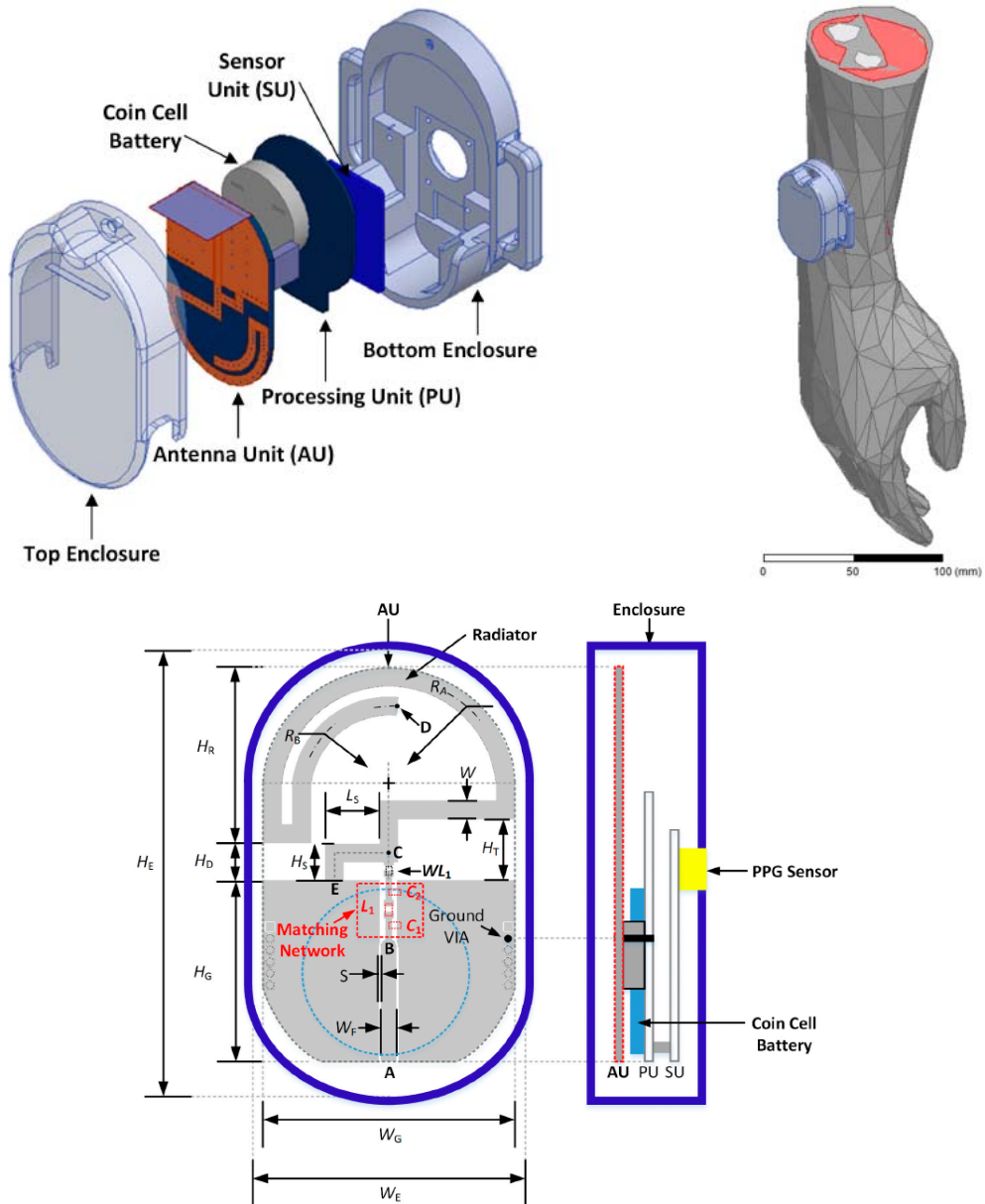


그림: Wrist-worn wireless SpO2 sensor의 915MHz 통신용 IFA [Di Serio(2018, Sensors)]

2. 스마트폰 안테나

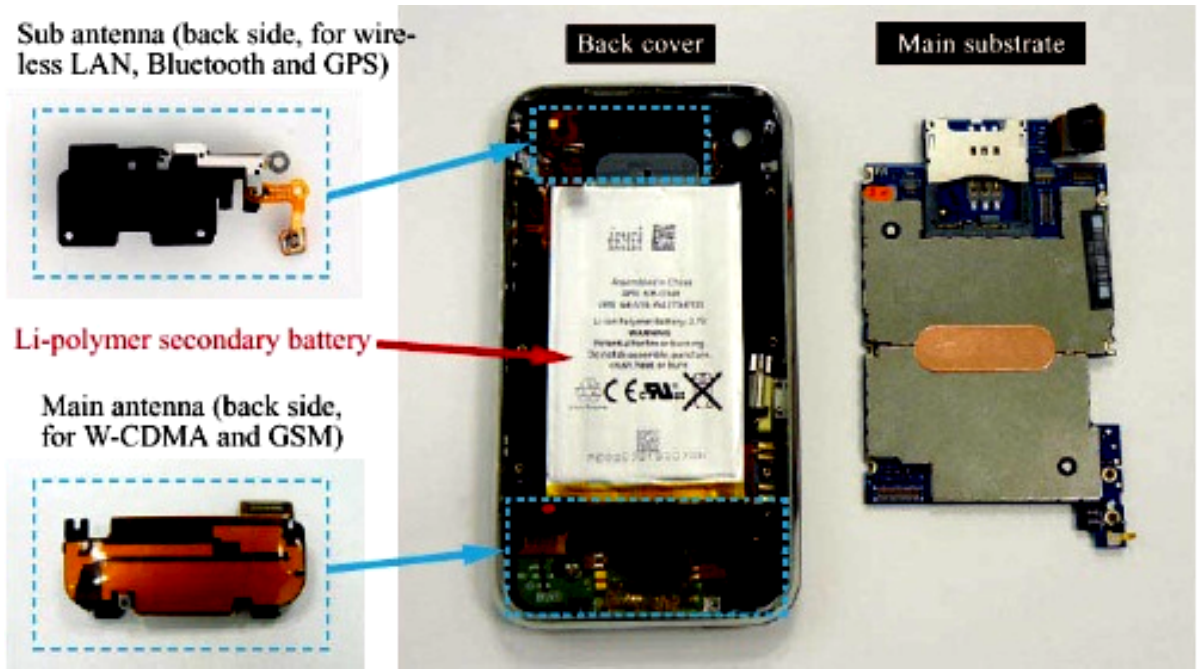
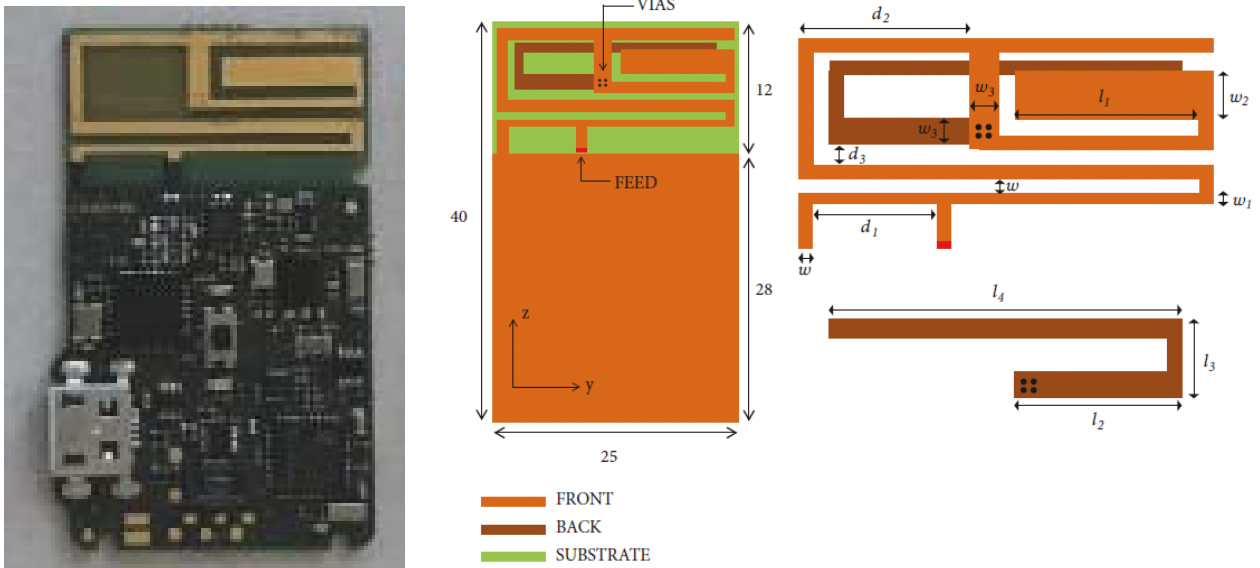


그림: iPhone 3G antenna (2008). 유연성기판에 안테나몸체(carrier) 플라스틱에 부착된 다중대역 IFA 사용. Main antenna = 800MHz/1900MHz, Sub antenna = 2.4GHz/1.575GHz

3. 다중대역 IFA



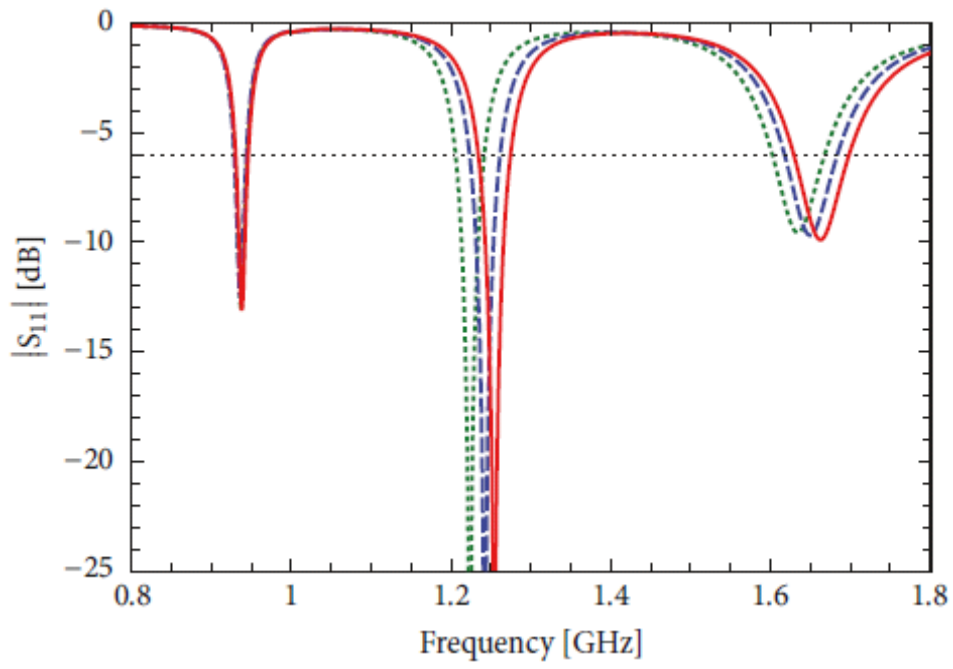


그림: 다중대역 단말기 내장형 IFA. 915MHz ISM, 1227MHz GPS L2, 1575MHz GPS L1 대역에서 동작하도록 설계 [Lizzi(2018, IJAP)]