

°김종호\*                      최익권\*  
\* 한국 전자 통신 연구소

### A study on the characteristic of Bent-Slot antenna for portable cordless telephones

JONG HO KIM                      IK GUEN CHOI  
Electronics and Telecommunications Research Institute

#### 요 약

Bent-Slot 안테나의 feed point의 위치, box의 폭, box의 높이, slot의 폭등의 변화에 따른 reflection loss 특성을 실험을 통해 고찰해 보았으며 실험 결과를 토대로 pocket용으로 가능케 하기 위하여 전체적인 크기를 줄이는 방향을 제시하였다.

#### 1. 서 론

개인 통신(Personal Communication)의 필요성이 증대함에 따라서 휴대가 가능한 전화기의 요구가 증가하고 있다. 기존의 휴대용 전화기의 안테나는 외부로 돌출되어 있는데 이를 휴대하기 위해서는 안테나를 따로 보관할 필요가 있다. 그렇지만 새로 개발된 bent-slot 안테나[1],[2]는 내부에 내장되어 있고 수평면에 전방향(Omnidirection) 특성을 갖고 이득도 다이폴 안테나보다 나쁘지 않아서 앞으로의 휴대용 전화기에 장착되리라 본다. 본 연구의 목적은 bent-slot 안테나를 가지고 feed point의 위치와 이 안테나의 파라미터들을 변화시켜 가면서 실험을 하여 특성은 변하지 않으면서 가능한한 box의 크기를 최소화하여 pocket용으로 가능하게 하는데 있다.

#### 2. 실험 및 고찰

본 연구에 사용된 안테나는 그림 1의 모형을 갖고 여기에서 파라미터가 될 수 있는 것은 안테나 box의 높이, 폭, 넓이 등과 slot의 길이, 폭 등이 있는데 box의 넓이와 slot의 길이는 전 실험을 통하여 고정시켜 놓고 그 외의 나머지 파라미터들을 변화시키면서 그때의 효과를 관찰하였다. 실험을 위한 장비 설

치는 그림 2에 나타나 있다. 다음의 모든 실험을 통하여 관심 주파수는 800 MHz이다.

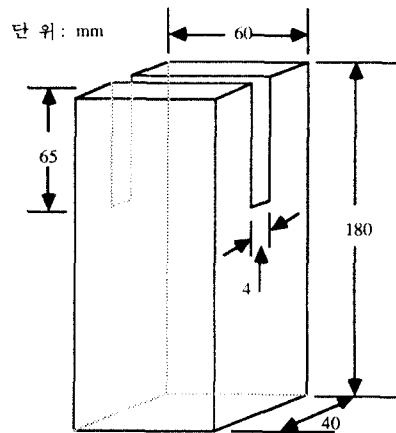


그림 1. Bent-Slot 안테나 ( Type A ( Box ; 180 x 60 x 40,  
Slot ; 190 x 4, 단위 : mm ))

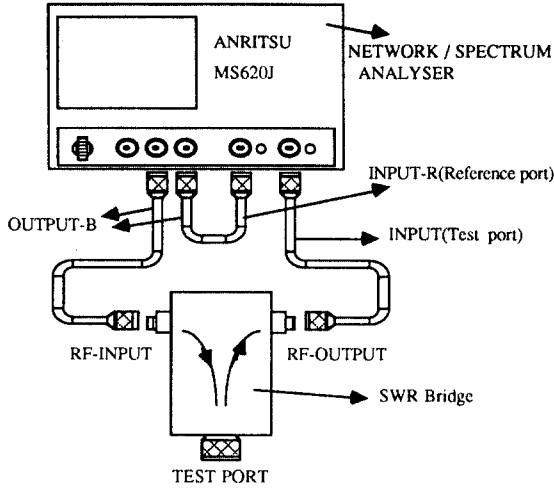


그림 2. 실험 장비 설치 모양

그림 3은 type A 안테나 (그림 1 참조)에 대한 reflection loss를 700 MHz에서 900 MHz까지 sweep하여 나타낸 것이다.

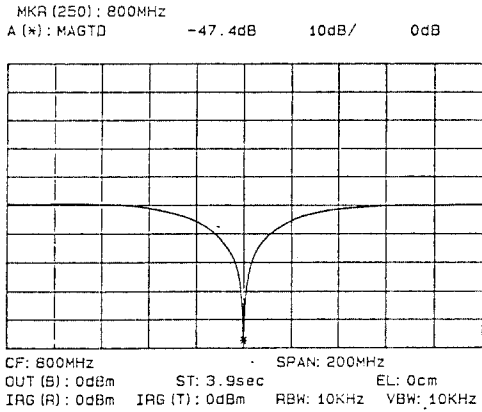


그림 3. Reflection loss 측정 결과

이 때의 offset feed point는 box 윗면의 slot의 가운데부터 8.5 cm 떨어진 곳 이었다. 이 실험 결과 800 MHz에서 정확한 임피던스 정합으로 인하여 좋은 특성을 나타내었으며 그 때의 VSWR은 1.01 정도였다. VSWR과 reflection loss와의 관계는 반사계수와 밀접한 관계가 있고 이들은 다음과 같은 수식관계를 갖는다.

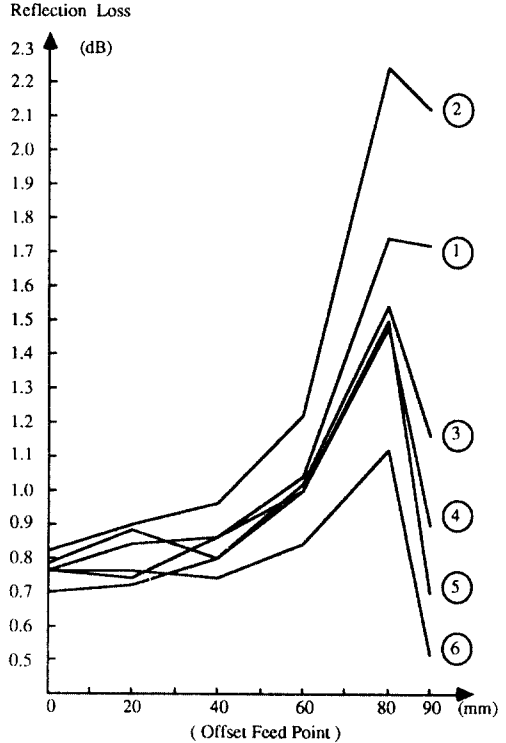
$$VSWR = \frac{1 + |r|}{1 - |r|}$$

$$Reflection\ loss\ (dB) = 10 \log (|r|), \quad r = \text{반사계수}$$

Type A 안테나는 특성은 비록 좋지만 pocket 용으로 휴대하기에는 큰 감이 없지 않다. 따라서 다음의 실험 1, 실험 2, 실험 3, 실험 4를 통하여 box의 크기를 줄이고 최적의 feed point를 찾는다.

### 2-1. 실험 1

본 실험의 목적은 box의 폭을 type A로부터 반으로 줄이고 slot의 길이와 폭은 변화없이 box의 높이를 점차로 줄여 가면서 그때에 발생하는 효과를 고찰함으로써 box의 높이가 reflection loss 특성에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 실험 방법은 높이가 다른 6개의 안테나와 각 안테나에 6개의 feed point를 취하여 각 feed point에 대한 reflection loss를 측정하였으며 실험을 위한 장비설치는 그림 2와 같다.



- ① Type B (1) ( Box : 180 x 60 x 20, Slot : 190 x 4 )
  - ② Type B (2) ( Box : 158 x 60 x 20, Slot : 190 x 4 )
  - ③ Type B (3) ( Box : 135 x 60 x 20, Slot : 190 x 4 )
  - ④ Type B (4) ( Box : 113 x 60 x 20, Slot : 190 x 4 )
  - ⑤ Type B (5) ( Box : 90 x 60 x 20, Slot : 190 x 4 )
  - ⑥ Type B (6) ( Box : 68 x 60 x 20, Slot : 190 x 4 )
- (단위: mm)

그림 4. 각 안테나의 offset feed point에 따른 reflection loss.

Type B (1) 안테나의 경우 type A의 안테나와 볼린 점은 단지 box폭만 반으로 줄었을 뿐인데 feed point가 8cm offset됐을 경우 그 특성은 너무나 큰 차이가 난다. 따라서 box폭의 크기가 중요한 변수임을 알 수 있다. 그림 4에서 또한 알 수 있는 것이 type B(3), type B(4), type B(5), type B(6)의 안테나에서 reflection loss가 가장 작은 주파수는 800MHz를 중심으로 type B(3)이 가장 가까운 852.4MHz였고 type B(6)이 가장 먼 893.2MHz였다. 그렇지만 type B(1)은 836.8MHz이고 type B(2)는 더 가까운 830.4MHz였다. 이들로써 type B(2) 안테나 box의 높이를 중심으로 box의 높이가 커지거나 작아질 수록 reflection loss 특성이 나빠짐을 알 수 있다.

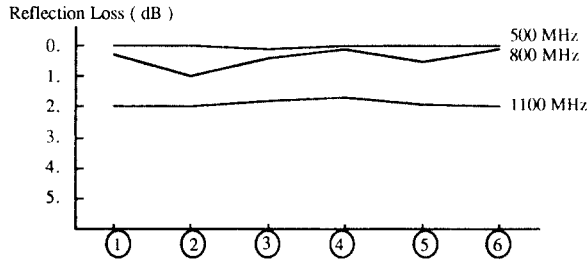


그림 5. Center feed 일때 안테나 box의 높이에 따른 reflection loss의 변화

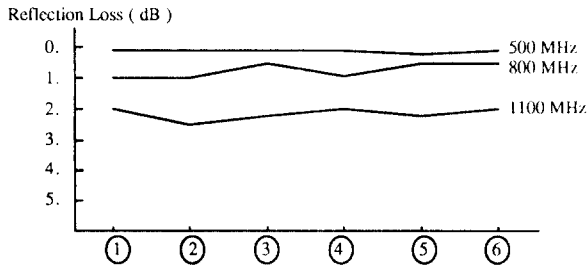


그림 6. 2cm offset feed 일때 안테나 box의 높이에 따른 reflection loss의 변화

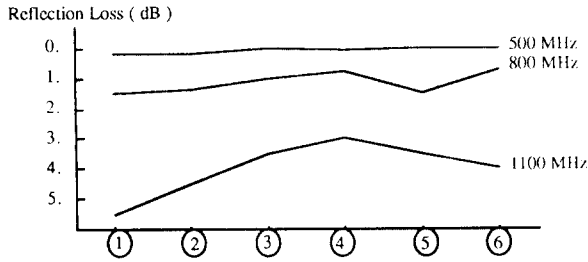


그림 7. 4cm offset feed 일때 안테나 box의 높이에 따른 reflection loss의 변화

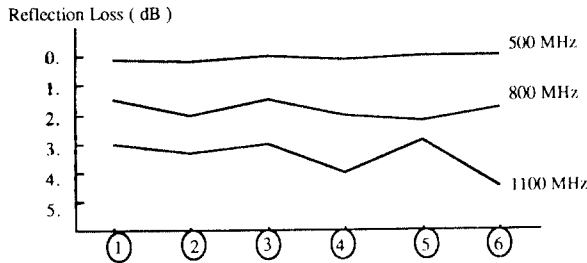


그림 8. 6cm offset feed 일때 안테나 box의 높이에 따른 reflection loss의 변화

그림 5부터 그림 8까지는 feed point를 정해놓고 slot의 길이와 폭은 고정시키고 안테나 box의 높이를 변화시켜 가면서 그때의 reflection loss를 측정할 결과를 나타낸 것이다. 이 결과들은 box의 높이에 따른 주목할 만한 사항이 별로 없으며 단지 높은 주파수 부근에서 reflection loss의 크기가 커졌고 feed point의 offset 정도가 클수록 reflection loss의 크기도 커졌다.

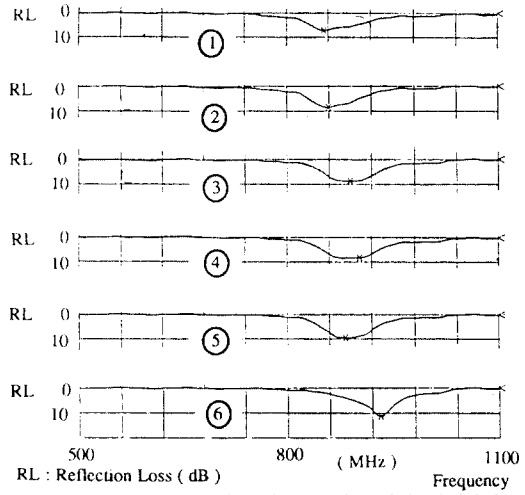


그림 9. 8cm offset feed 일때 안테나 box의 높이에 관계하여 주파수 변화에 따른 reflection loss의 변화

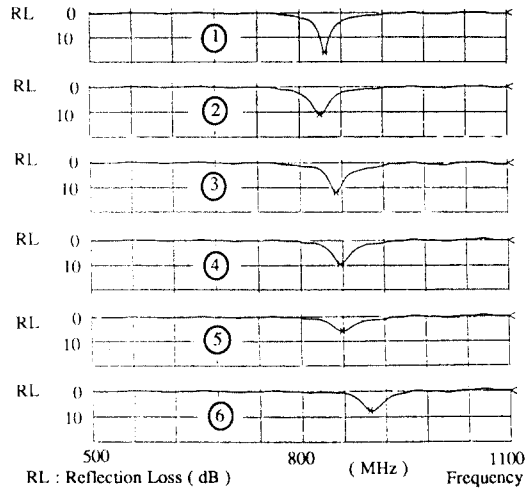


그림 10. 9cm offset feed 일때 안테나 box의 높이에 관계하여 주파수 변화에 따른 reflection loss의 변화

그림 9와 그림 10은 정해진 feed point에서 reflection loss의 변화를 주파수와 box의 높이를 변화시켜가면서 얻은 결과이다. X 축은 500MHz 부터 1100MHz 까지 60MHz 간격으로 나타나 있고 Y 축은 10dB 간격으로 되어 있다. 그림 9는 8cm offset feed 일때로써 860MHz - 920MHz 사이에서 뚜렷한 대역폭을 나타냄으로써 최적 주파수를 알 수 있다는 점과 이들 최적 주파수가 안테나 높이가 짧아질 수록 높은 주파수쪽에 위치한다는 사실이다. 이 현상은 9cm offset feed를 하여 얻은 그림 10에서도 볼 수 있는데 차이점은 전체적으로 주파수가 아래쪽으로 편이한 것과 대역폭이 좁아진 점, 그리고 type B(2) 안테나가 type B(1) 안테나 보다 미소하지만 더 아래쪽에서 최적 주파수가 나타난 점이다. 결론적으로 feed가 center로부터 점점 멀어질 수록 뚜렷한 reflection loss 특성과 대역폭이 좁아짐을 나타내고 type B(2) 안테나를 중심으로 box의 높이가

작아지거나 커질 수록 최적 주파수가 800MHz로 부터 멀어짐을 알 수 있다.

이상의 실험으로 다음의 사실들을 알 수 있었다.

일반적으로 slot 안테나의 임피던스 정합을 위하여 feed point를 slot의 중심으로 부터 offset 시키는데 위치는 대략 slot의 한쪽 끝에서  $\lambda/20$ 떨어진 지점에 feed를 한다 [3]. 이 실험 결과에서도 이런 현상이 관찰되었는데 8cm, 9cm의 offset feed일 때는 비록 800MHz는 아니지만 약간 벗어난 주파수 대에서는 뚜렷하게 VSWR 특성이 좋아졌다. 또한 8cm offset feed 보다 9cm 일때가 800MHz에 더 가까운데 그렇다고 9cm의 offset feed 보다 더 많이 offset 시켜서 slot의 한 쪽에바짝 붙이면 안테나의 구실을 할 수 없는 아주 나쁜 VSWR 특성이 나온다. 그렇지만 만약 type B(1) 안테나의 slot을 약간 늘여 200mm ( $>\lambda/2$ )로 하고 feed를 9cm에 했을 경우에는 정확하게 800MHz에서 약 12dB의 reflection loss를 갖는 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 또한 box의 폭이 1/2로 감소함으로써 특성이 나빠짐을 보았는데 box의 높이에도 관계하여 높이가 작을 수록 VSWR 특성이 더 나빠짐을 알 수 있었다.

### 2-2 실험 2

본 실험의 목적은 실험 1의 reflection loss 측정 결과들이 대체로 만족할 만한 특성이 나오질 않아서 bent-slot 안테나 파라미터들의 하나인 box 폭을 30mm로 변화시키고 실험 1과 같은 6개의 feed point를 선택하여 reflection loss를 측정하여 그때에 발생하는 효과를 살펴보고자 한다. 이 실험에 사용된 안테나의 크기는 180 x 60 x 30 (mm) 이고 slot은 190 x 4 (mm)이며 실험 장비설치는 그림 2와 같다.

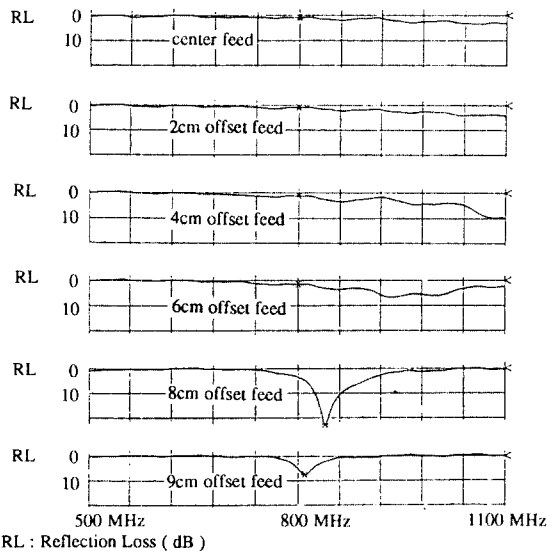


그림 11. Type C 안테나의 offset feed point의 변화에 따른 reflection loss

그림 11은 type C 안테나의 offset feed point의 변화에 따른 reflection loss의 변화를 나타낸 것이다. 이 그림도 역시 중심은 800MHz이고 500 MHz에서 1100MHz 까지 60MHz 간격으로 sweep하여 측정한 것이다. type B(1)과 type C 안테나의 측정 결과를 비교해 보면 center feed로부터 6cm offset feed까지는 reflection loss 특성의 변화가 거의 없고 8cm offset feed나 9cm offset feed에서 차이점이 나타나는데 8cm offset feed인 경우 type B(1) 안테나는 860MHz 부근에서 약 -6dB의 reflection loss가 나타났지만 type C 안테나는 좀 더 아래 주파수인 840MHz 부근에서 약 -23 dB의 reflection loss 특성이 나타났으며 9cm offset feed인 경우에는 800MHz에 아주 가까운 부근에서 약 8dB가 되었다. type B(1) 안테나가 9cm offset feed에서 reflection loss의 크기가 최대가 되었지만 type C안테나는 8cm offset feed에서 최대가 되었다.

### 2-3 실험 3

본 실험의 목적은 실험 2의 안테나에서 slot 폭을 변화시키므로써 slot 폭이 reflection loss 특성에 미치는 영향을 고찰하고자 한다. 실험방법은 전과 동일하며 box의 크기도 실험 2와 같고 단지 slot의 폭만 4mm에서 2mm로 줄였을 뿐이다.

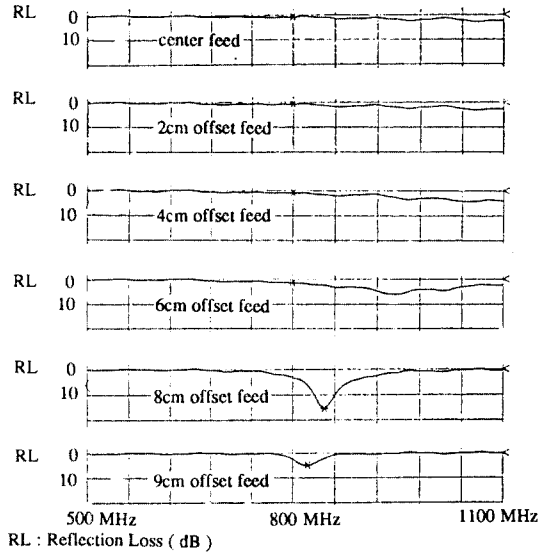


그림 12. Type D 안테나의 offset feed point의 변화에 따른 reflection loss

그림 12는 type D 안테나에 대한 실험 결과인데 실험 2의 type C 안테나의 결과와 비교하면 center feed로부터 6cm offset feed까지의 변화는 매우 미미하고 8cm와 9cm offset feed에서 차이가 났다. 즉 type C 안테나가 type D안테나 보다 8cm와 9cm offset feed일때 800MHz에 더 가까웠는데 이는 slot의 폭이 반으로 감소하여 생긴 효과로써 만약 slot의 폭이 4mm 보다 커지면 반대로 800MHz에서 reflection loss의 크기가 최대가 되도록 할 수 있을 것이다.

2-4 실험 4

본 실험은 실험 1의 6개의 안테나를 가지고 재 실험을 하여 offset feed point의 변화에 따른 최적 주파수를 나타내어서 feed point와 최적 주파수와의 관계를 알고 실험 1의 결과를 확인 하고자 한다. 실험 방법과 장비 설치는 전과 동일하다.

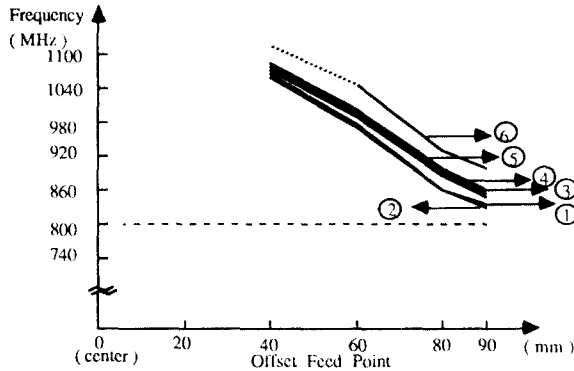


그림 13. Offset feed point의 변화에 따른 최적 주파수 변화

여기서 최적 주파수라는 것은 reflection loss의 크기가 가장 큰 곳, 즉 VSWR이 가장 작은곳의 주파수를 의미한다. 실험 결과에서도 알 수 있듯이 9cm offset feed 인때가 800MHz에 가장 근접해 있고 그때의 reflection loss의 크기가 가장 큼을 알 수 있다. 또한 안테나 box의 높이에 따라서 높이가 큰 것일 수록 800MHz에 더 가깝다는 사실을 알 수 있는데 type B(1)과 type B(2) 안테나만이 반대의 결과가 나왔다. 이는 앞의 실험 1에서도 발견된 사실로써 유추할 수 있는 결론은 안테나 box의 높이가 커질 수록 좋은 것이 아니라 어느 정도의 한계치가 있다는 사실이다.

3. 결 론

본 실험의 목적은 기존의 bent-slot 안테나의 파라미터들을 바꿔가면서 그때 그때의 효과를 관찰하고 분석하여 특성은 변하지 않으면서 크기는 오히려 작은 안테나의 개발에 있다. 실험 1의 6개의 안테나 중에서 type B(1)과 type B(2)는 높이가 너무 커서 pocket 용으로는 부적합하고 type B(6) 안테나는 특성이 너무 나쁘고 type B(3), type B(4), type B(5) 중에서 type B(5)이 type B(3)과 type B(4)에 비해 크기는 오히려 작으면서도 특성이 별로 나쁘지 않으므로 pocket 용으로 적합하다. Type B(5) 안테나의 높이에 적당한 box 폭과 slot 폭을 취하고 feed point를 잘 선택하여 800MHz에서 최적 주파수가 되면 훌륭한 안테나가 될 것이다.

1. H. Kuboyama, k. Fujimoto, and k. Hirasawa, " UHF Bent-Slot Antenna System for Portable Equipment - 1," IEEE Trans., vol. VT-36, No. 2, May 1987.
2. \_\_\_\_\_, " UHF Bent-Slot Antenna System for Portable Equipment - II : Receiving performance in urban areas," IEEE Trans., vol. VT-36, No. 2, May 1987.
3. J. D. Kraus, Antennas, 2nd ed., McGraw-Hill, 1988.
4. H. Kuboyama, Y. Tanaka, K. Sato, K. Fujimoto, and K. Hirasawa, " Experimental Results with Mobile Antennas Having Cross-Polarization Components in Urban and Rural Areas," IEEE Trans., vol. VT-39, No.2, May 1990.