

12GHz~20GHz 주파수대역에 관한 동축케이블 내 전파특성에 관한 연구

홍완표^{*} · 김학섭^{**} · 이종복^{**}

^{*}한세대학교 · ^{**}한세대학교 대학원

A study on the coaxial-cable propagation characteristic to Frequency bands

12GHz ~ 20GHz

Wan-pyo Hong^{*} · Hak-Sob Kim^{**} · Jung-bok Lee^{**}

^{*}Hansei University

E-mail : wphong@hansei.ac.kr

요 약

일반적으로 고주파인 위성신호를 수신하려면 전송로상의 손실이 생기는데 이러한 손실을 거치지 않고 위성신호를 직접수신하여 고주파대역의 신호의 손실을 줄이기 일반적으로는 도파관을 사용하여야 하나 동관을 이용하여 12GHz~20GHz 대역을 통과하는 전파의 특성을 측정하였고 11.71GHz~12.01GHz 대에서는 측정이 되지 않는 차단 주파수 현상을 보였으며 13GHz 이상의 주파수에서는 원하는 신호가 측정되었다. 측정 장비로는 Aglient 사의 Network Analyzer에서 11GHz 이상의 신호를 만들어 각각 5C HFBT, 10C HFBT Cable과 동관으로 보낸후 Spectrum Analyzer로 들어오는 신호를 측정하였으며 이에 따른 전송 특성을 분석 하였다.

키워드

고주파, 위성신호, 도파관, 동축케이블, 동관

1. 서 론

무수히 많은 정보를 서로 주고 받는 정보의 전송 선로는 단말기에서 발생한 전기 신호나 정보의 전송이 실제로 행해지는 전송 매체이다. 이러한 매체는 가는 동선이나 철선을 이용하여 두줄의 동선을 플라스틱으로 피복한 케이블과 동축으로 구성된 동축케이블, 구리로 된 관으로서 내부를 전파가 진행하는 도파관등이 있다.

보통 UHF대 이하의 주파수에서의 전송선로로는, 일반적으로 동축선로가 사용되며 그 이상의 마이크로파 회로에서도 유전체 손실이 적은 케이블이 사용된다. 이때 도파관은 매우 높은 마이크로파를 전송하기 위한 전송선로이며 손실이 적다는 특성과 대전력에서 사용이 가능하다는 점, 마이크로파 안테나 급전용 등으로 사용되고 있는 장점을 가지고 있다.

그러나 도파관은 일반적인 동축케이블에 비하여 매우 높은 가격과 다루기가 용이하지 않아 일반적인 전송로 상에서는 사용되지 않고 있다. 이에 본 논문에서는 도파관을 대신하여 사용하게될

15.88mm, 9.52mm직경의 동관을 가지고 Aglient사의 8720ES Network Analyzer에서 발생시킨 신호가 동관을 통과하여 Aglient사의 E440A Spectrum Analyzer에서 수신되는 신호를 측정하였으며, 5C HFBT(삼중차폐), 10C HFBT(삼중차폐) 동축케이블 그리고 손실이 거의 없는 직접 연결을 하여 새가지 측정 결과를 가지고 일반적인 도파관의 전송 특성과 비교 분석을 하였다.

II. 동축선과 도파관

1. 동축선

동축선은 말 그대로 '선로' 형태로 구현이 쉽기 때문에 가장 일반적인 전송케이블로 애용된다. 일반적인 동축선은 50옴의 특성 임피던스를 가지도록 만들어지지만, 케이블TV나 TV안테나선 등에 이용되는 일반적인 BNC 동축선 케이블은 75옴의 값을 가지기도 한다. 동축선은 구성되는 금속체에 따라 크게 Flexible, Semi-Rigid, Rigid 3가지 형태

로 구분된다. 이것은 결국 동축선의 유연성(사용상의 편리성)과 전송성능을 고려한 3가지 조합이다.

2. 도파관

도파관이란 마이크로파 이상의 높은 주파수(1GHz 이상)의 전기 에너지나 신호를 전송하기 위한 전송로의 일종인데, 구리 등의 전기도체로 된 관(管) 내부를 전자기파가 지나가게 한 것이다. 일종의 고역(高域) 필터 성질이 있으며, 차단 파장보다도 긴 파장의 전파는 전할 수 없다. 또 도파관의 축을 따라 전하는 파동의 파장은 관내 파장(管内波長)이라 불리며 여진파장(勵振波長)보다도 길다.

저주파수에서는 보통 2개의 구리선에 의한 전송로가 사용되지만, 고주파수가 되면 구리선의 저항이 증가하고 주위 절연물 등의 유전체손실도 증가하므로, 전송손실이 많아져서 사용할 수 없다. 한편, 도파관은 전파를 가두어 넣고 전송하므로 주위의 도체에 전기가 직접 흐르지 않기 때문에 저항손실이 적다. 또 관의 내부는 보통 속이 비어 있고 공기로 채워져 있을 뿐이므로 유전체손실도 적다. 관의 단면 형상은 직사각형 또는 원형의 것이 많고, 내면은 금이나 은으로 도금되어 있으며, 크기에 따라 전송이 가능한 최저의 주파수가 정해져 있으며 대체로 주파수가 높아지면 단면이 작아진다.

III. 동축선의 전송로 측정

1. 전송로 측정

동축선의 전송 측정을 위하여 Network Analyzer를 이용 출력가능한 저주파부터 고주파까지 발생시킨 신호를 동축선에 연결하려면 서로 접속단이 맞지 않아 변환해주어야 하는데 Network Analyzer의 끝단에 3.5mm SMA male 커넥터를 5C 및 10C HFBT 동축선에 연결하였으며 Spectrum Analyzer과 접속하기 위해서는 BNC to N-type female로 변환해주는 커넥터를 사용하여 Spectrum Analyzer에서 측정을 하였다. 측정시 동축선은 길이를 가변하면서 측정 하였으며 동축선 측정 흐름도는 그림 1과 같다.

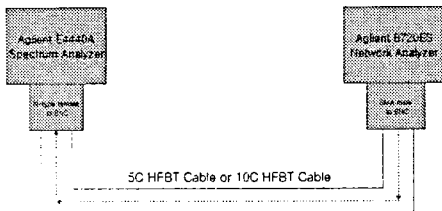


그림 1. 동축선 전송로 측정

그림 2에서는 동축선이 꺾인 모습을 보여주고 있는데 실제 측정시에는 전송로 상의 손실을 최소화하기위해 동축선을 최대한 직선으로 만들고 측정을 하였으며 측정 결과는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보이는바와 같이 동축선로를 거치지 않고 두 대의 Analyzer를 연결 하였을때 약간의 손실이 보이나 이것은 Analyzer를 연결하는 커넥터 상의 손실로 보이며 5C, 10C HFBT 동축선의 길이를 가변하여 측정할수록 특성이 안좋아지는 현상을 보였다. 특히 17GHz 이상에서는 급격히 떨어지는 현상을 보이고 있으나 1.2GHz 미만대역에서는 손실이 거의 없는 것으로 나타났다.

V. 동관의 전송로 측정

1. 전송로 측정

동관의 전송 특성 측정을 위하여 Network Analyzer를 이용 출력가능한 저주파부터 고주파까지 발생시킨 신호를 15.88mm 및 9.52mm 직경의 동관을 도파관으로 가정하고 송수신단의 안테나를 설치하여 동관을 이용 송수신을 하였다. 이때 안테나의 역할을 sma 커넥터를 이용 안테나 부분의 길이를 줄여가며 송수신 하였다. 이는 송신 신호를 어떤 안테나 길이에서 손실을 적게 주는지를 알기위함이었다. 안테나의 위치를 고정하지 않고 가변하면서 최적의 신호를 수신하는 위치를 찾을수 있도록 안테나를 움직일수 있도록 측정하였으며 일반적인 동관은 양 끝이 구멍이 뚫려있는 모습의 형태를 가지고 있으며 이를 막기위한 15.88mm, 9.52mm에 맞는 갭(뚜껑)을 양 끝에 막아 전파의 손실을 줄였다. 직선으로된 직관 이외에도 90°, 180°, 270°로 꺾어가며 동관의 손실을 측정하였다.

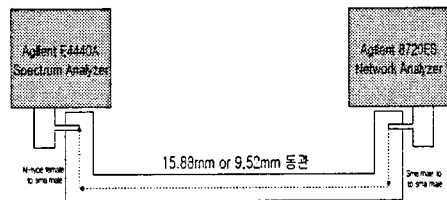


그림 2. 동관 전송로의 측정

2. 측정결과

그림 4에서 측정된 동관의 안테나를 줄여가며 측정한 결과는 안테나의 길이가 3mm이하로 줄어들면 수신 상태가 좋지 않은 현상을 보이고 있으며 11GHz~12GHz 사이에는 원하는 신호가 잡히지 않는 차단주파수 현상을 보이고 있다.

그림 5에서와 같이 측정되는 안테나의 위치를

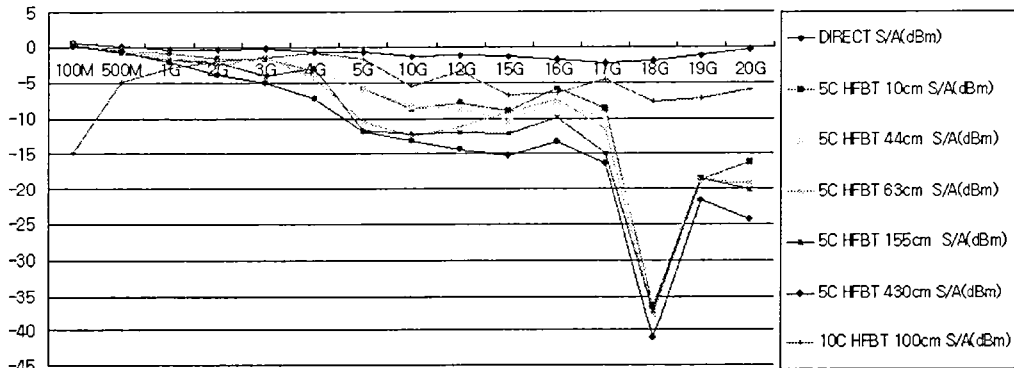


그림 3. 동축케이블 길이에 따른 전송로

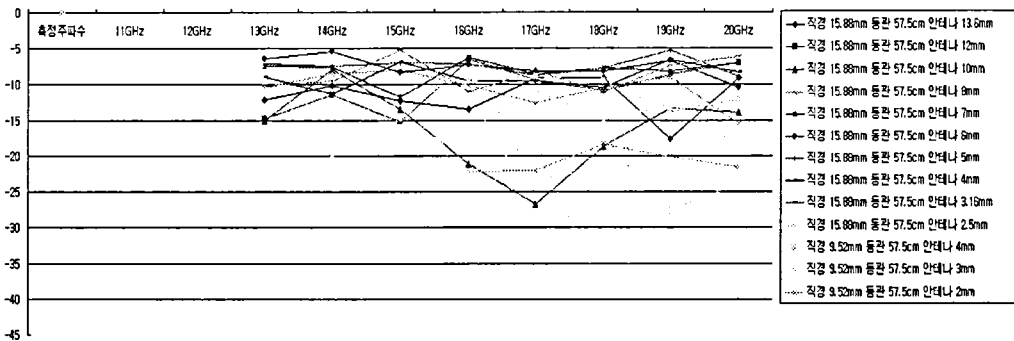


그림 4. 안테나를 줄인 동관의 전송로

바꾸어 가며 측정을 하였다. 안테나의 위치를 수평으로 놓거나 하나만 수직으로 놓았을때, 그리고 안테나는 똑같이 놓고 동관을 구부렸을때 어떠한 특성을 보이는데에 대한 측정을 하였다. 측정치는 역시 11GHz~12GHz 사이에는 동관의 신호가 측정되지 않았으나 13GHz 이상이 되면서 원하는 신호가 잡히는 것으로 나타났다. 송신안테나를 수직으로 놓았을때보다 수신안테나를 수직으로 놓았을때 특성이 좋아 지는 현상을 보이고 있으며 이는 안테나를 둘다 수평으로 놓았을때보다 특성이 많이 향상된 이득을 보여주고 있다.

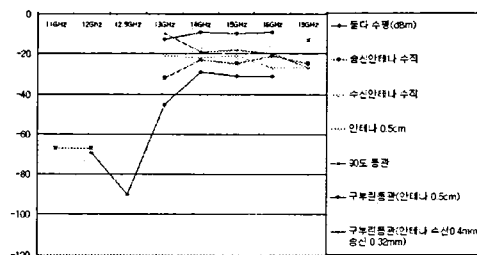


그림 5. 안테나 위치를 변경한 동관 전송로

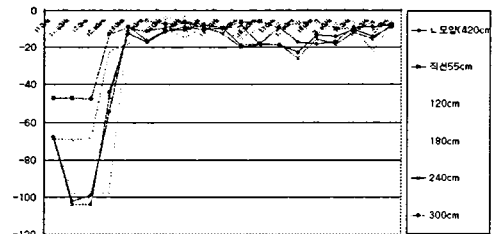


그림 6. 동관이 꺾임에 따른 손실 측정

그림 6에서는 동관을 직선, 1번 ~ 5번까지 꺾어 구분어진 전송로 상에서도 전파가 되는지에 대하여 측정을 하였다. 이번 측정도 역시 동관의 차단주파수인 11GHz ~ 12GHz 대역은 신호가 잡히지 않았으나 그 이상의 대역에서는 원하는 신호가 잡히는 것으로 나타났다.

동관이 두 번정도 휘어진 형태로는 전송로상의 손보다 세 번이상 휘어진 동관이 손실이 배이상 늘어나는 현상을 보이고 있다.

V. 결 론

본 연구는 위성신호를 수신하는 일반적인 연결 방법과 달리 위성수신 신호의 손실을 최소화 하고자 동축케이블 대신 동관을 사용하여 측정을 하였다. 기존의 동축케이블의 특성과 동관의 특성을 비교하기 위해 두가지 모두 측정을 하였으며 동축케이블은 저주파에서는 문제없이 전파되어지나 주파수가 높아질수록 전파의 특성이 급격히 나빠지며 또한 길이가 늘어남에 따라 동축케이블의 특성도 같이 나빠지는 현상을 보이고 있다.

이런 좋지 않은 특성을 가진 동축케이블 대신 도파관은 고가이며 다루기가 용이하지 않아 동관으로 대신하여 측정을 하였다. 측정된 결과로는 동관의 격입에 따른 측정은 동축케이블보다 좋은 특성을 보이고 있으나 차단주파수 이하로는 측정이 되지 않는 특성을 보이고 있다. 또한 안테나의 길이와 위치를 변환하여 최적의 상태를 가지고 측정을 하였고 분명 동관은 동축케이블보다 특성이 좋게 측정이 되었다.

그러나 동축케이블의 경우는 저주파에서 좋은 특성을 보이고 있으나 고주파로 갈수록 특성이 급격히 나빠지는 모습을 보이고 있고 동관의 경우는 12GHz 이하의 주파수에서는 차단주파수 현상을 보이며 측정이 되지 않으나 13GHz 이상의 주파수에서는 원하는 신호의 특성을 전파해주고 있다.

이에 따라 위성에서 수신되는 신호를 LNA와 동축케이블을 거치지 않고 동관을 이용하여 고주파를 직접 수신하여 전송로 상의 손실을 줄이는 실험과 이를 통한 동관의 특성 및 이론치 분석이 이루어져야 되는 것으로 나타났다.

참고문헌

- [1] 홍완표, 인공위성과 위성통신
- [2] Microwave Engineering, David M. Pozar