

# 해수 및 하천수의 염분농도 원격탐사용 L-Band M/W Radiometer의 개발 및 초기 실험결과

김 상 봉<sup>°</sup> · 김지훈\* · 손 홍 민<sup>°</sup>

<sup>°</sup>호남대학교 대학원 전파공학과/ \* AnyDATA.NET(주)

TEL : 062)940-5574 / FAX : 062)940-5077

## Initial Experiment Results in the Development of a L-Band Microwave Radiometer for Remote Sensing of Sea and River Surface Salinity

Sang-Bong Kim<sup>°</sup> · Ji-Hoon Kim\* · Hong-Min Son<sup>°</sup>

<sup>°</sup>Dep. of Radio communication Eng., Honam Graduate School. \* AnyDATA.NET

E-mail : edust@naver.com, hmson@honam.ac.kr

### Abstract

A L-Band microwave radiometer for remote sensing of sea and river surface salinity has been developed. The processes of the design and implementation of the microwave radiometer, and the experiment results are presented in this paper. The developed L-Band microwave radiometer was field-tested in Sum-Jin River. The initial results shows that the microwave radiometer measures the sea and river surface salinity with the sensitivity of 1.5psu successfully.

### I 서 론

마이크로파 라디오미터는 관측대상으로부터 방사되는 전자파에너지 중에서 전파대역의 열잡음 에너지를 안테나를 통해 광대역 고감도 수신기로 수신하여 관측대상물 및 주변 환경에 관한 정보를 수집하는 수동형 원격 탐사센서이다. 특히, 다른 원격탐사센서로 측정하기 어려운 해수면의 염분농도, 토양의 함수율, 해빙의 구조와 같은 관측대상의 내부정보도 획득이 가능하고 기상의 조건에 관계없이 전천후로 측정이 가능하다<sup>[1]</sup>.

해수면의 염분은 기후학 연구에서 중요한

파라미터로, 최근 미국 및 유럽에서는 해수면 염분농도를 지구 규모적으로 관측할 수 있는 위성 탑재용 마이크로파 라디오미터의 연구 개발을 경쟁적으로 수행하고 있으나<sup>[2,3]</sup> 국내에서는 마이크로파 라디오미터의 설계, 제작 및 측정기술의 확보가 미흡하여 아직 실용화 되지 못하고 있다. 본 연구팀에서는 해수 및 하천수의 염분농도 원격탐사용 마이크로파 라디오미터의 개발을 수년전부터 수행해 왔다.<sup>[4,5,6]</sup> 본 논문에서는 개발된 염분관측용 L-Band 마이크로파 라디오미터를 해수 및 하천수를 대상으로 수행한 초기 실험결과를 중심으로 소개하고자 한다.

## II. 염분농도 원격탐사용 L-Band 마이크로파 라디오미터의 설계 및 제작

### 2-1. 시스템 요구 성능

마이크로파 라디오미터 수신기는 출력전압으로부터 수신 전력을 안테나 잡음온도로 측정하며, 측정된 안테나 온도로 관측대상의 방사휘도온도(brightness temperature)  $T_B$ 를 추출한다. 따라서 수신대상이 매우 미약한 잡음신호로 높은 시스템 이득과, 저 잡음, 광대역 특성이 요구된다. 그림1은 마이크로파 라디오미터를 이용, 관측대상으로부터의 방사휘도온도를 원격으로 측정하는 원리를 설명하는 개념도이다.

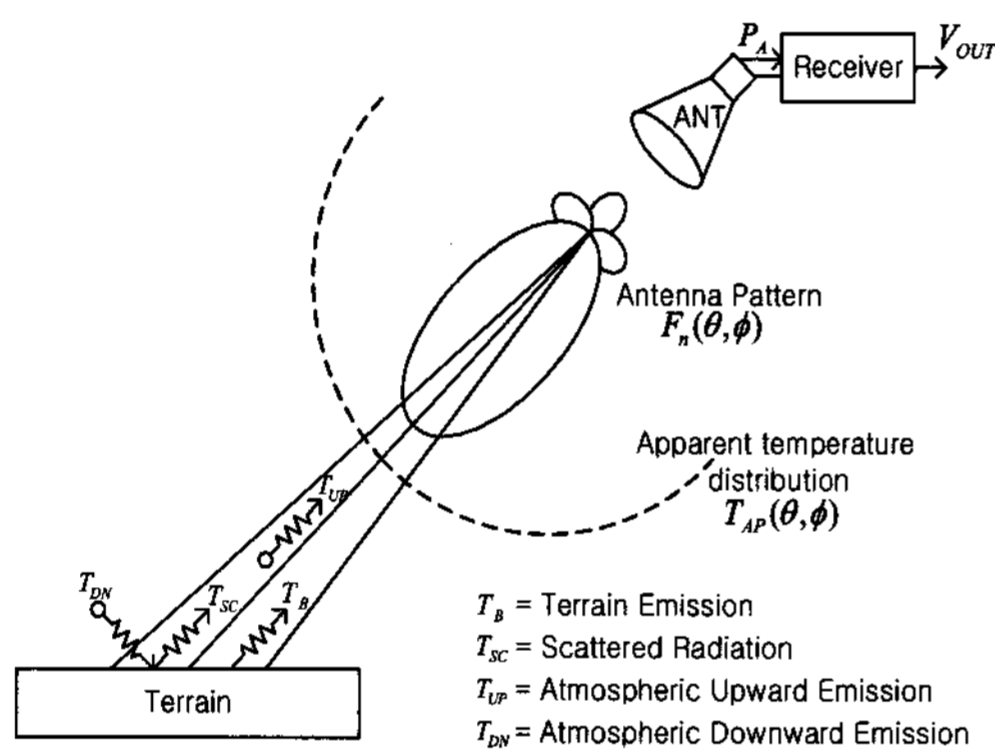


그림 1. 마이크로파 라디오미터에 의한 관측대상의 방사휘도온도의 원격탐사 개념도

해수의 전도성은 염분에 의해 결정되며, 염도가 높아지면 도전율이 증가해 해수면의 방사전력이 줄어들게 된다. 특히 해수면의 염분농도에 의한 방사전력의 변화는 L-Band에서 가장 민감하게 나타난다. 해수면의 온도가  $0^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 까지 변화하는 동안 해수면 방사전력에 의한 휘도온도  $T_B$ 의 변화는 87K부터 113K까지 변화하며 온도 및 염분농도의 영향을 받는다<sup>[7]</sup>. 그림 2는 L-Band에서 염분농도에 따른 해수면 방사휘도온도의 변화를 나타낸다.

$T_B$ 의 범위에 대한 수신기의 입력전력은 식

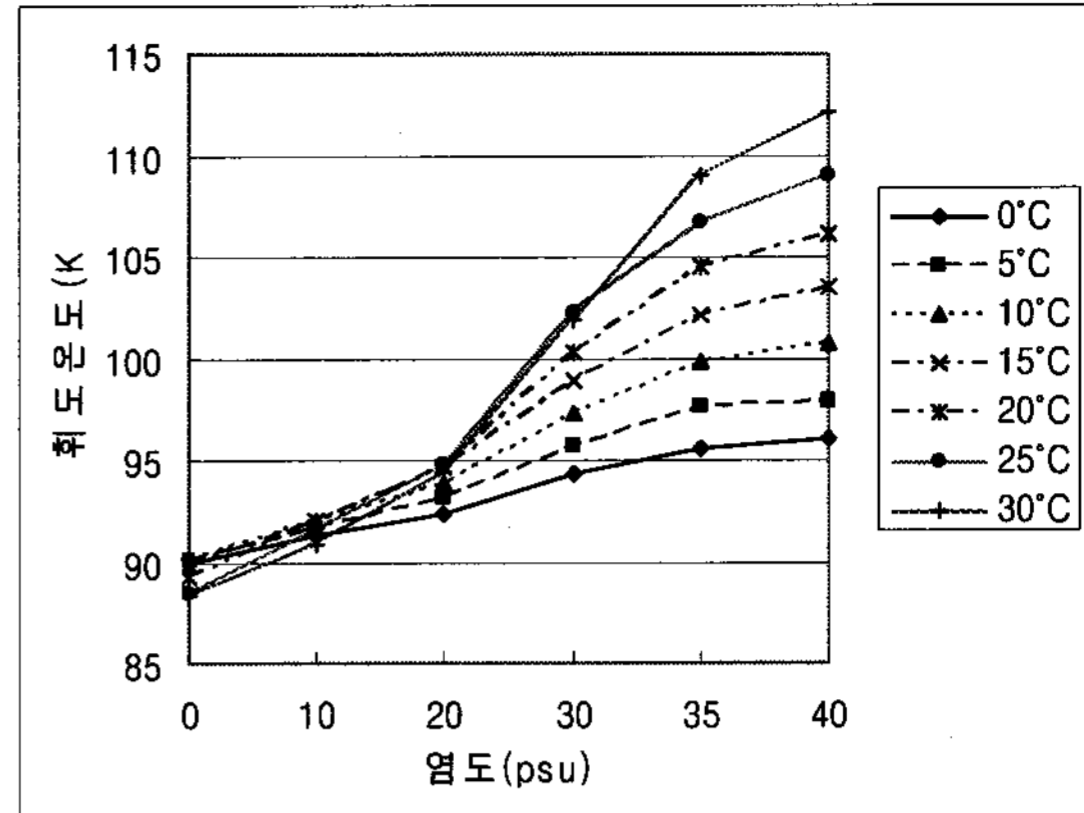


그림 2. 염분농도에 따른 해수면 방사휘도온도의 변화

(1)에 의해 산출될 수 있으며<sup>[1]</sup>, 식(1)에서  $k$ 는 볼츠만 상수,  $B$ 는 수신대역폭,  $T_A$ 는 안테나 온도로 입력전력  $P_i$ 는 안테나 온도  $T_A$ 의 함수로 나타난다. 식(1)에 의해 산출된 입력전력은  $-100\text{dBm} \sim -94\text{dBm}$ 으로 이에 따른 안테나 온도는 90K~327K에 해당된다.

$$P_i = kT_A B \quad (1)$$

따라서 이 범위에서 라디오미터는 선형적으로 동작해야 하며, 라디오미터의 수신감도  $\Delta T$ 는 라디오미터 최종 출력전압으로부터 검출 가능한 최소입력전력의 변화치로 식(2)와 같이 주어지며, 염분농도 1psu의 변화를 감지하기 위해서는 1K이하의 수신감도가 요구된다.

$$\Delta T = \frac{T_A + T_R}{\sqrt{B \cdot \tau}} \quad (2)$$

### 2-2. 수신기 설계 및 제작

수신기의 입력전력은  $-100\text{dBm}$  정도로 매우 미약하므로 고감도 검출을 위해 저 잡음, 고이득, 광대역을 추구해야 하며 저 소비전력 및 소형경량화를 위해 그림3과 같이 homo-dyne 방식의 전전력형(total-power type)으로 설계하였다.

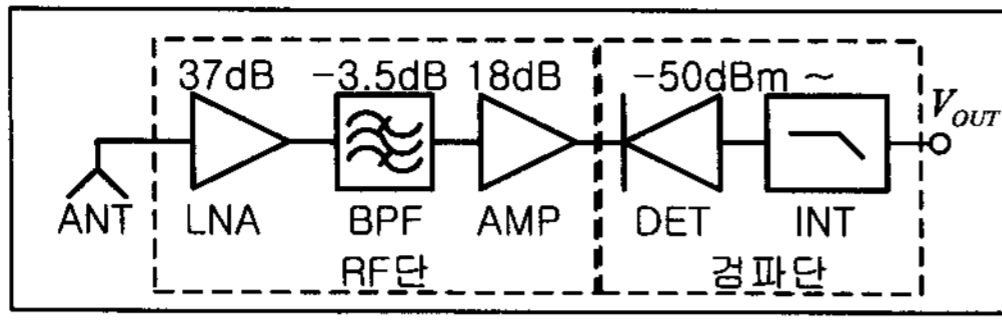


그림 3. 수신기의 구조

수신기의 RF단의 이득은 검파단의 자승검파용 고주파 다이오드의 최소정격 입력전력을 만족시키기 위해 50dB 이상이 요구되며 잡음지수는 수신감도 1K를 만족하기 위해서 1.2dB 이하로 제작하였다. 인접채널대역의 간섭으로부터 측정대역보호를 고려할 때, 대역폭은 70MHz이며 35dB의 선택도를 갖게 제작하였다.

설계, 제작된 수신기의 크기는 80mm×90mm로 소형경량화를 추구하고 3.7V 45mA의 저소비 전력으로 휴대폰 배터리를 이용하여 24시간 이상 측정이 가능하다. 그림 4는 제작된 실제 수신기 모듈이다.

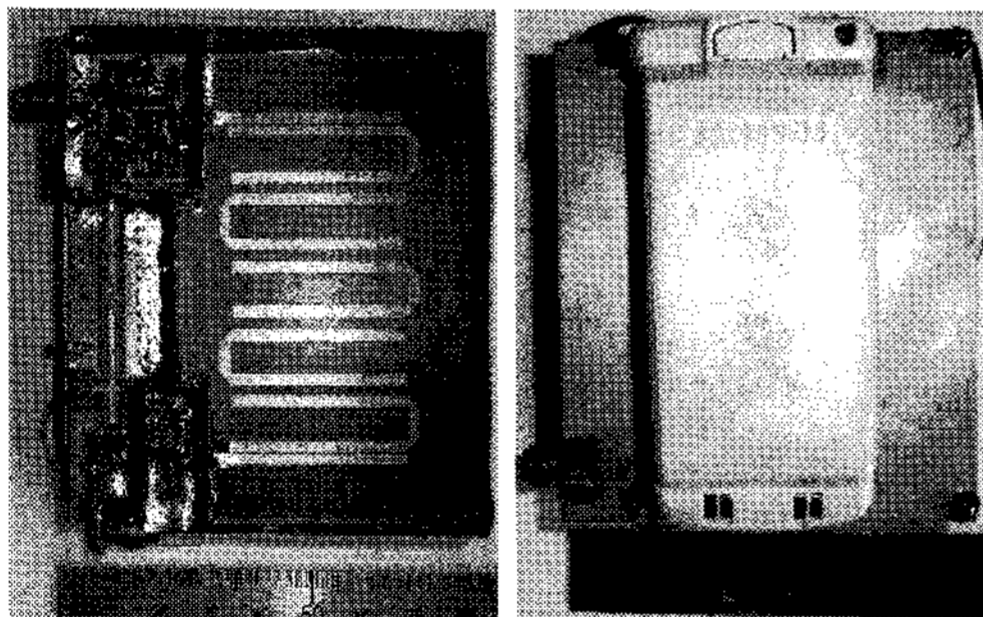


그림 4. 제작된 수신기

### 2-3. 수신기의 항온조 실험결과

수신기의 입력전력은 식(1)과 같이 안테나 온도  $T_A$ 에 의해 결정되므로  $T_A$ 를 변화시킴으로써 입력전력을 변화시킬 수 있다. 따라서 안테나 온도변화에 따른 수신기의 최종출력으로부터 수신기의 성능을 평가할 수 있다.

수신기의 성능을 측정하기 위해 항온조를 이용하여 안테나온도를 193K(-80°C)부터 300K(+27°C)까지 3K씩 변화 시켜가며 수신

기의 최종출력전압을 측정하였다.

수신기의 특성은 3K당 출력전압의 변화는 약1.5mV를 보이며, 표준편차는 약0.07mV로써 수신감도는 0.2K이하로 측정됨을 확인하였다. 그림 5는 안테나 온도변화에 따른 수신기의 출력전압을 나타내며 측정하고자 하는 안테나온도 범위에서 선형적으로 나타나고 있음을 보여준다. 제작된 수신기 사양의 측정 결과를 표1에 정리하였다.

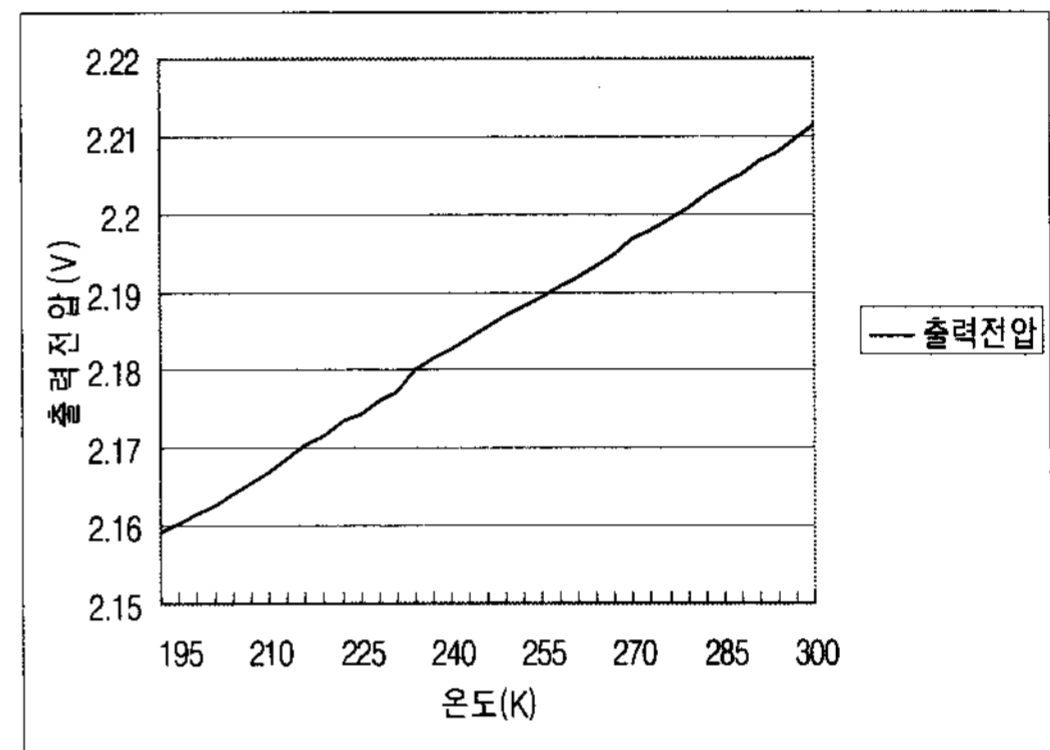


그림 5. 항온조를 이용한 수신기 성능평가

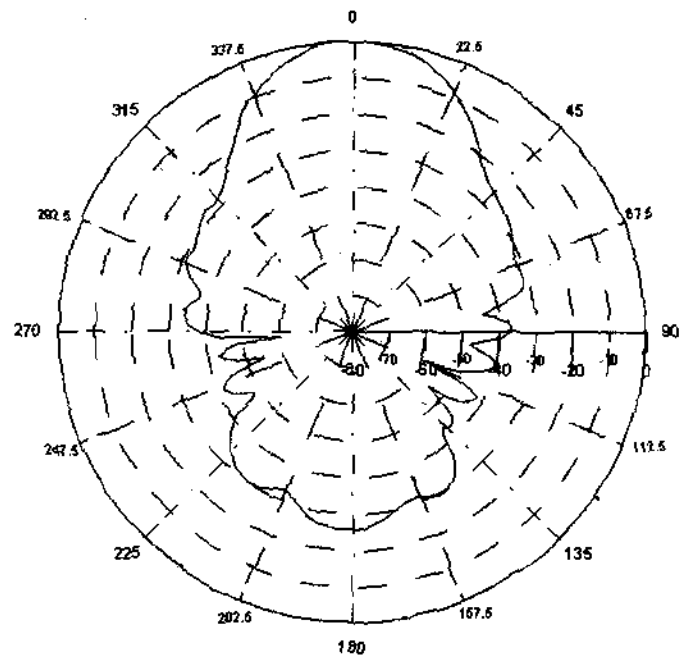
표1. 제작된 수신기의 측정결과

주 파 수	1.39GHz
대 역 폭	70MHz
시스템이득	50dB
시스템 NF	1.22dB
입력전력범위	-100dBm~-94dBm(87K~327K)
수 신 감 도	0.2K

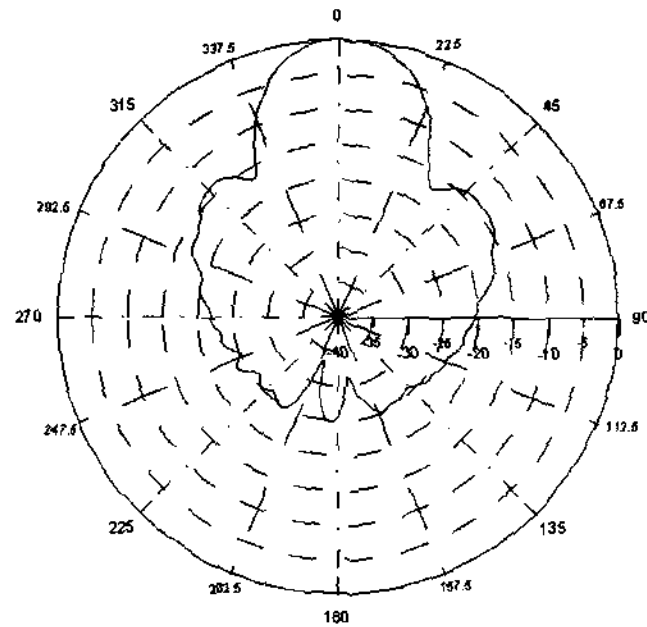
### 2-4. 사용 안테나의 특성

사용된 라디오미터 안테나는 이득이 18dBi인 L-Band 대역의 피라미드 혼 안테나를 사용하였다. 사용된 안테나의 개구면 사이즈는 240mm(가로)×175mm(세로)이며 길이는 478mm이다. 그림 6은 전파무반사실에서 측정된 안테나의 방사패턴으로 x-y

Plane (azimuth방향)에서의 3dB 빔폭은 36°이며 y-z Plane (elevation방향)의 빔폭은 30°를 각각 나타내고 있다.



a) x-y plane



b) y-z plane

그림 6. 라디오미터 안테나의 방사패턴

### III. 제작된 라디오미터의 Field Test 결과

제작된 라디오미터로 해수 및 하천수의 염분농도를 실제로 측정하였다. 측정실험은 그림7과 같이 섬진강하구의 바다로부터 강 중류에 이르는 서로 다른 6개 지점에서 수행하였으며, 안테나와 관측대상과의 직선거리는 4m이고, 높이는 1.7m, 입사각은 64°로써 그림 8에서 보여주는 것과 같다.

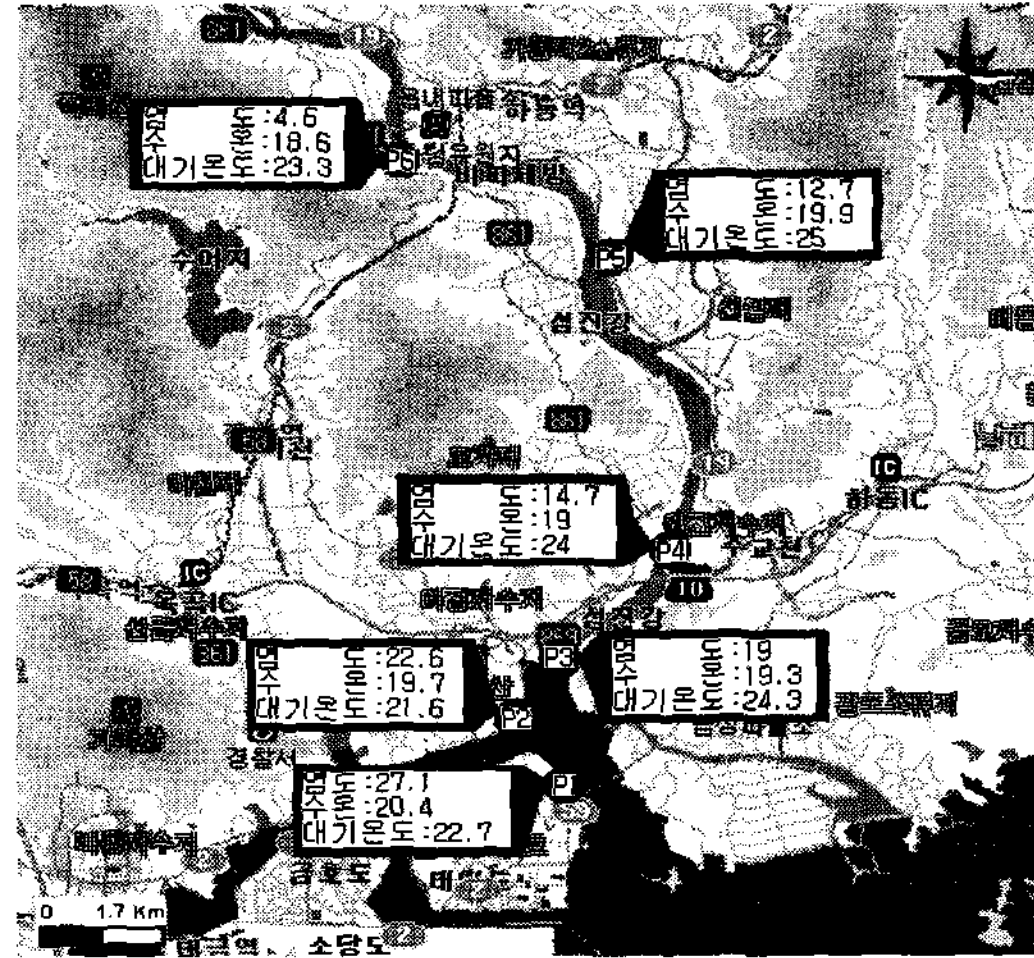


그림7. Field Test 지점

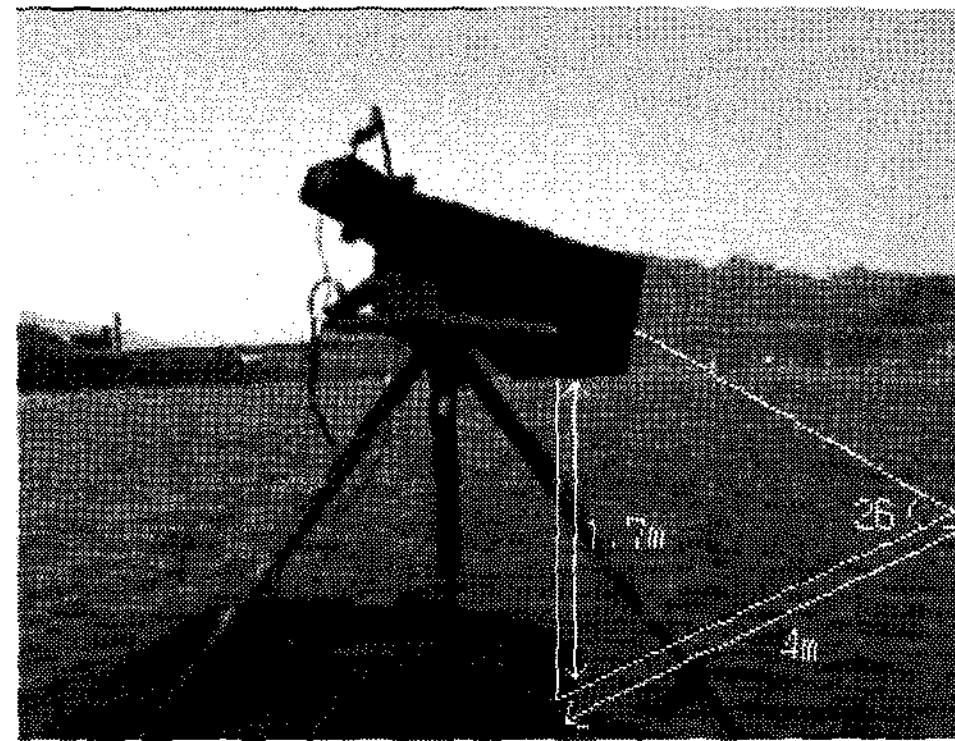


그림8. Field Test

측정결과 염분농도의 변화에 따라 마이크로파 라디오미터의 최종출력전압의 현저한 변화를 알 수 있었다. 그림9는 라디오미터의 최종출력 및 각 측정지점에서 실측한 염분농도를 각각 나타낸 것으로 염분농도의 감소에 따라 라디오미터의 출력이 증가함을 알 수 있다. 이는 염분농도가 증가할수록 전도성이 높아지므로 해수면에서 방사되는 에너지가 감소하기 때문이다. 측정치의 수신감도는 염분농도로 환산할 경우 1.5psu로써 개발된 염분 관측용 L-Band 마이크로파는 1.5psu의 정밀도로 해수 및 하천수의 염분농도를 원격으로 관측할 수 있음을 확인하였다.

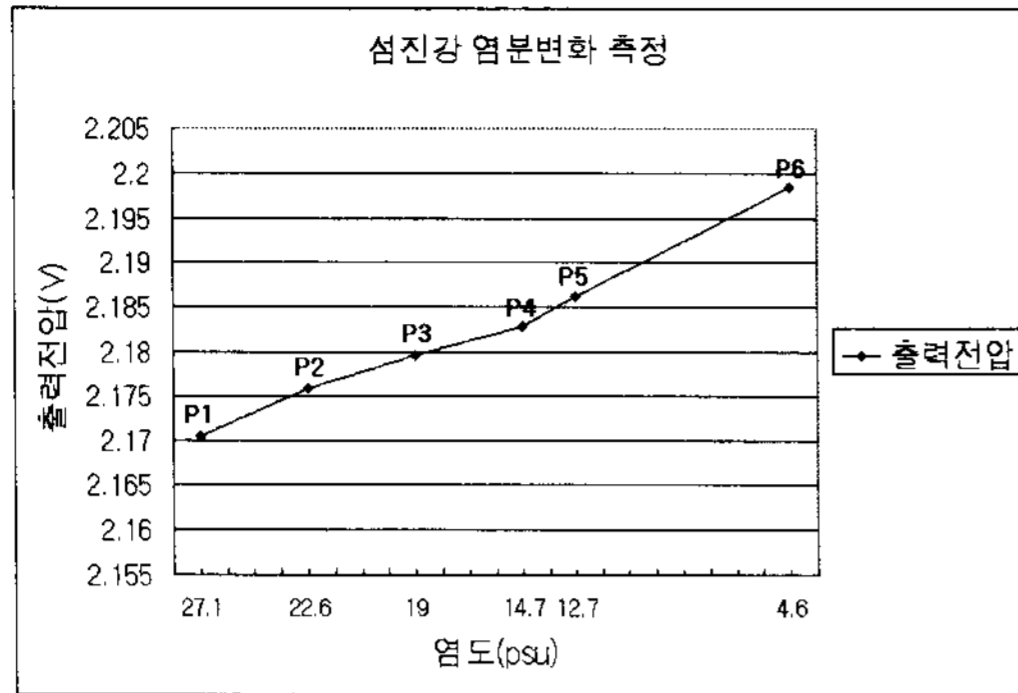


그림9. Field Test 측정결과

#### IV. 결 론

본 연구에서 염분농도 원격탐사용 L-Band 마이크로파 라디오미터를 개발하였으며 수신기는 homo-dyne 방식으로 설계하여 80mm × 90mm의 소형경량화를 실현하였다. 또한, 소비전력은 0.16W로 휴대폰 배터리를 사용할 경우 24시간 이상 측정 가능한 저 소비 전력을 달성하였다. 제작된 라디오미터 수신기를 항온조 실험결과 -100dBm~-94dBm까지 수신감도 0.2K 이하로 선형적으로 동작함을 확인하였다.

실제 염분농도를 측정하기 위해 섬진강 하구에서 중류까지 서로 다른 6개 지점을 선정하여 제작된 라디오미터로 측정한 결과 해수 및 하천수의 염분농도를 1.5psu의 정밀도를 가지고 원격으로 실시간 측정에 성공하였다.

본 연구에서 설계 및 제작된 라디오미터는 해수 및 하천수의 염분농도를 광범위한 지역을 대상으로 신속하게 원격으로 측정할 수 있어, 수질감시 및 해양의 원격탐사를 위한 전천후 센서로 활용이 기대된다.

#### V. 참고문헌

[1] Fawwaz T. ulaby, Richard K. Moore, Adrian K. Fung, *Microwave remote sensing active and passive volume 1*, Addison-Wesley Publishing company, 1981

[2] D. M. Nov. Le Vine, M. Kao, "Remote Sensing of Ocean Salinity : Results from the Delaware Coastal Current Experiment", *J. of Atmospheric and Oceanic Tech*, vol.15, pp.1478-1484 Dec.1998

[3] E. G. Njoku, W. J. Wilson, S. H. Yueh, "A Large-antenna Microwave radiometer scatterometer concept for ocean salinity and soil moisture sensing", *Proc. IEEE*, vol.38, no.6, pp. 2645-2655, Nov.2000.

[4] 신성철, 손흥민, "L-Band Microwave Radiometer용 저 잡음 증폭기 설계 및 제작" *Proc. 전자파기술학회학술*, pp.59-62,2003.

[5] 신우철, 손흥민, "L-Band Microwave Radiometer용 대역통과여파기 설계 및 제작", *Proc. 전자파기술학회학술*, pp.7-10.2003.

[6] 김지훈, 손흥민, "L-Band Microwave radiometer 수신기 설계 및 제작", *Proc. KEES*, vol.27, pp.543-547.2004.

[7] Eni G. Njoku, "Passive Microwave Remote Sensing of the Earth from Space -A Review", *Proc. of the IEEE*, vol.70, No.7, pp.728-750, July 1982.