
DTV 중계기의 궤환신호의 영향

강 상 기*

Effects of Feedback Signals on DTV Repeaters

Sanggee Kang*

이 논문은 2005년도 군산대학교 신입교수 연구비 지원에 의하여 연구되었음

요 약

동일채널 중계기(OCR: On channel repeater)는 동일한 주파수를 갖는 입출력 신호를 사용하기 때문에 주파수 재이용 효율이 높다. 반면에 입출력 신호의 주파수가 같기 때문에 발진 가능성도 높다. 중계기에서 신호의 궤환은 입출력 안테나 사이의 결합(Coupling) 등에 의해서 발생되며, 중계기가 발진하는 것을 억제하기 위해서는 중계기의 이득 보다 입출력 안테나 사이의 격리도를 크게 유지해야 한다.

본 논문에서는 비재생 동일채널 중계기(Non-regeneration OCR)에서 궤환신호의 크기, 위상 및 시간지연이 비재생 동일채널 중계기의 특성에 미치는 영향을 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션 결과 중계기의 이득과 격리도가 같은 경우 발진 확률이 가장 크며, 궤환신호의 위상을 조절함으로써 협대역 신호를 처리하는 비재생 중계기의 경우 발진 가능성을 줄일 수 있음을 알 수 있었다. 그리고 시간지연이 증가함에 따라서 특정 주파수 대역에서 중계기의 이득의 변화와 발진 가능성이 증가하였다. 또한 논문에서는 궤환신호의 크기와 위상이 비재생 및 재생(Generation) 중계기에 미치는 영향을 시험하였는데, 시험 결과 8-VSB 신호가 잡음 신호보다 17 ~ 18 dB 이상 큰 경우 8-VSB 신호를 수신할 수 있었다. 비재생 중계기의 경우 궤환신호의 위상이 중계기의 특성에 영향을 주었으며, 격리도가 중계기의 이득보다 11.75 ~ 13.75 dB 정도 큰 경우에는 궤환신호의 위상에 따라서 8-VSB 신호의 수신 가능 여부가 결정되었고, 이 경우 궤환신호의 위상이 48° 또는 347° 일때 8-VSB 신호를 수신하지 못하였다. 재생 중계기의 경우 궤환신호의 위상이 8-VSB 신호의 S/N에 미치는 영향이 나타나지 않았으나, 궤환되는 신호의 크기는 중계기의 특성에 영향을 주었다. 재생 중계기의 경우에는 원하는 수신신호 보다 12.6 ~ 13.6 dB 정도 큰 궤환신호가 입력되는 경우 8-VSB 신호를 수신하지 못하였으며, 그 이유는 궤환신호에 의해서 중계기의 초단부가 포화되기 때문인 것으로 판단된다.

ABSTRACT

OCR(On channel repeater) provides the high frequency reuse efficiency for allocating frequency bands to repeaters because the frequency of input and output signals of OCRs is the same. However the oscillation probability of OCRs is high due to the same input and output frequency. In order to prevent a repeater from oscillating, we must keep the antenna isolation higher than the gain of the repeater with a some margin.

In this paper we simulated the effects of the amplitude, phase and time delay of feedback signals on the characteristics of non-regeneration OCR. Simulation results show that the highest probability of oscillation is occurred when the gain of a repeater is the same value of the isolation. From the simulation results, we know that the phase of feedback signals can be adjusted to reduce the possibility of oscillation if a non-regeneration repeater has a narrow operation bandwidth or a signal bandwidth is narrow. As the time delay increases, the probability of oscillation and the fluctuation of gain over a certain frequency band increase also. The effects of the amplitude and phase of feedback signals on S/N of 8-VSB signal for generation and non-generation repeater were tested. The measured results show that the set-top can receive 8-VSB signal when the received signal power is 17 ~ 18 dB higher than the noise power. When the isolation is almost same as the gain of the repeater, then the set-top can not receive 8-VSB signals due to the oscillation of the repeater. And the phase of feedback signals affects S/N at the output of the repeater when the isolation is 11.75 ~ 13.75 dB larger than the gain of the repeater. In this case the set-top can not receive 8-VSB signal of at 48° and 347° of the phase of feedback signals. However the phase of feedback signals can not affect the S/N of 8-VSB signals of the generation repeater because of the demodulation and modulation process of the generation repeater. The set-top can not receive 8-VSB signals when the amplitude of feedback signals is 12.6 ~ 13.6 dB larger than the wanted signal power at the input port of the repeater. It's because that the amplitude of feedback signals saturates the front end of the repeater.

키워드

동일채널 중계기(OCR), 디지털 TV(DTV), 재생중계기(Regeneration repeater), 비재생중계기(Non-regeneration repeater)

I. 서 론

서비스 범위 내의 모든 수신기가 하나의 송신기로부터 송신되는 신호를 원하는 품질로 수신할 수 만 있다면 하나의 송신기로도 충분히 서비스를 할 수 있다. 그러나 수신기에 도달되는 신호는 건물, 나무 등과 같은 송신기와 수신기 사이의 주변환경에 의해서 신호의 세기가 작아지거나 신호의 전달이 아예 차단 될 수도 있다. 이러한 환경에서는 신호를 전달하기 위한 별도의 수단이 필요하며, 중계기는 전파미약 지역 또는 전파차단 지역에 있는 수신기에 전달하는 수단을 제공한다.

중계기는 입출력 주파수의 변환 여부에 따라서 동일채널 중계기와 주파수 변환 중계기로 구분된다[1][2]. 또한 디지털 변복조 기능의 포함여부에 따라서 재생 및 비재생 중계기로 구분된다[3]. 재생 중계기는 수신되는 신호를 기저대역 신호로 디지털 변복조 할 수 있는 기능을 갖지만, 비재생 중계기는 주파수 변환된 입력신호를 증폭하거나, 주파수 변환 없이 단순히 증폭하는 기능을 갖는다. 따라서 재생 중계기는 신호를 전송하면서 부가되는 잡음을 제거할 수 있는 장점이 있으며, 비재생 중계기는 재생 중계기에 비해서 구성이 간단하다는 이점이 있다.

중계기의 성능에 대한 연구가 많이 진행되었으며 [4][5][6], 동일채널 중계기의 지연확산(delay spread), 커버리지, 다중 캐리어 로딩 및 안테나 격리도의 영향 등 많은 연구가 진행되었다[7][8][9]. 그렇지만 중계기의 궤환 신호의 크기, 위상 및 시간지연이 중계기의 특성에 미치는

영향에 대해서는 자세히 보고되지 않았다. 본 논문에서는 비재생 중계기에서 궤환 신호의 크기, 위상 및 시간지연이 성능에 미치는 영향을 시뮬레이션하였다. 그리고 재생 및 비재생 동일채널 중계기에서 안테나 커플링에 의해서 발생하는 궤환신호의 크기와 위상이 중계기의 성능에 미치는 영향을 시험하였다.

II. 비재생 중계기

중계기에 궤환신호가 존재하는 경우, 중계기의 출력은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$V_{om} = \frac{F(\omega) V_i}{1 - F(\omega) R(\omega)} \tag{1}$$

여기서 $F(\omega)$ 는 중계기의 이득, V_i 는 수신안테나(도너(donor) 안테나)에 도달하는 원 신호의 크기, $R(\omega)$ 는 수신안테나와 송신안테나 사이의 격리도이다. (1)은 송수신 안테나의 격리도와 중계기의 이득이 같을 때 발진이 일어남을 보여준다. 그리고 격리도가 중계기의 이득보다 작은 경우, 중계기의 이득이 상당히 감소함을 알 수 있다. (1)은 중계기에 궤환신호가 하나 존재하는 경우 중계기의 출력을 나타낸다. 중계기에 궤환신호가 2개 존재하는 경우 중계기의 출력은 다음과 같이 표현된다.

$$V_{on} = \frac{F(\omega) V_i}{1 - F(\omega)(R_1(\omega) + R_2(\omega))} \quad (2)$$

여기서 $R_1(\omega)$ 은 중계기의 수신안테나와 송신안테나 사이에 형성되는 첫 번째 결합 경로의 격리도이고, $R_2(\omega)$ 는 두 번째 경로에 대한 격리도이다. 일반적으로 케환신호의 크기는 시간지연이 클수록 감소한다. 만약 첫 번째 케환신호의 시간지연과 두 번째 케환신호 사이의 시간지연의 차이가 크다면, 두 번째 케환신호의 크기는 경로손실에 의해서 무시할 수 있다.

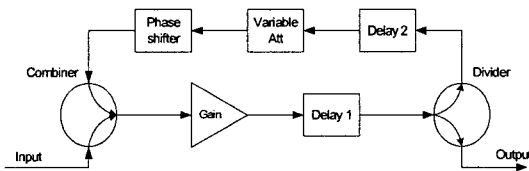


그림 1. 비재생 중계기의 안테나 결합 모델
Fig. 1. Antenna coupling model for a non-generation repeater

그림 1은 비재생 중계기에서 케환 신호의 크기, 위상 및 시간지연이 비재생 중계기에 미치는 영향을 시뮬레이션하기 위한 블록도이다. 그림 1에서 케환 신호의 크기와 위상은 각각 가변감쇠기와 위상변환기에 의해서 조절되며, 시간지연은 지연소자(Delay 2)에 의해서 조절된다. 비재생 중계기의 특성 시뮬레이션에서 중계기는 30 dB의 이득과 20 ns의 시간지연을 갖는 중계기로 가정하였고, 케환 신호는 10 ns의 시간 지연에 120°의 위상을 갖는 것으로 가정하였다. 그림 2 ~ 그림 6은 케환 신호의 크기, 위상 및 시간지연에 따른 비재생 중계기의 특성을 시뮬레이션한 결과이다. 그림 2는 중계기의 송수신 안테나 사이의 격리도가 일정할 때 사용 주파수에 따른 중계기의 전체 이득의 변화를 보여준다. 그림 2로부터 중계기의 이득과 격리도가 동일한 경우에 원 이득 보다 큰 이득을 가질 수 있음을 알 수 있고, 중계기가 원래의 이득 보다 증가된 이득을 갖는다는 의미는 케환신호에 의해서 중계기가 발진함을 의미한다. 중계기의 격리도가 이득 보다 작은 경우, 중계기의 전체 이득은 감소하며, 이득 감소 정도는 중계기의 격리도와 이득의 차이만큼 감소한다. 따라서 격리도가 중계기의 이득 보다 작은 경우 중계기의 최대 출력은 얻을 수 없다. 중계기의 이득 보다 격리도가 큰 경우에

도 중계기는 발진 할 수 있다. 격리도가 중계기의 이득에 비해서 10 dB 큰 경우, 그림 2에서와 같이 중계기의 이득은 최악의 경우 10.9 %까지 변화될 수 있다. 일반적인 경우 중계기의 발진을 억제하기 위해서 격리도를 이득보다 크게 설정한다. 표 1에는 격리도에 따른 이득의 변화 정도를 나타내었다.

표 1. 격리도에 따른 이득의 변화
(중계기의 시간지연 : 20 ns, 케환신호의 위상과 시간지연 : 120°, 10 ns)

Table 1. Gain variation in the worst case
(Repeater delay : 20 ns, phase and time delay of the feedback signal : 120°, 10 ns)

격리도/이득	5 dB	10 dB	15 dB	20 dB	25 dB
이득변화	23.77%	10.9%	5.6%	2.97%	1.6%

그림 2로부터 0.45 ~ 0.55 GHz의 주파수 범위에서는 0.467 GHz에서 발진 확률이 가장 높음을 알 수 있다. 그림 3과 그림 4는 0.467 GHz에서 케환신호의 크기와 위상에 따른 이득의 변화를 보여준다. 그림 3과 그림 4로부터 케환신호가 존재하더라도 격리도가 이득보다 큰 경우에는 중계기의 이득의 변화가 작음을 알 수 있다. 그리고 이득이 줄어드는 경우 그 정도는 격리도와 이득의 차이만큼 줄어들음을 알 수 있다. 그림 4는 중계기의 이득이 30 dB이기 때문에 격리도가 30 dB인 경우 가장 발진 확률이 높음을 보여준다. 그리고 그림 4로부터 격리도가 30 dB인 경우에도 케환신호의 위상이 60°로 변경되면 발진 방지가 가능함을 알 수 있다. 따라서 비재생 중계기는 케환신호의 위상을 조절함으로써 발진의 억제가 가능하다. 그림 5는 케환신호의 위상이 120°에서 60°로 변경된 경우 0.467 GHz에서 발진이 발생되지 않을 수 있음을 보여준다. 그러나 이 경우 발진 주파수가 0.467 GHz에서 0.487 GHz로 변경되었기 때문에 케환신호의 위상을 조절해서 발진을 방지하는 방법은 협대역 신호를 처리하는 경우에 효과적임을 알 수 있다. 그림 6은 시간지연이 중계기의 특성에 미치는 영향을 시뮬레이션한 결과이다. 시간지연은 주파수에 대한 위상의 변화율의 음의 값으로 정의되며, 시간지연이 클수록 주파수에 따른 위상의 변화율은 크다. 따라서 시간지연이 증가하면 이득의 변동과 발진 확률이 증가한다. 그러나 시간지연이 증가함은 경로 손실의 증가를 의미하기 때문에 입력 안테나로 케환되는 신호가 크게 감소함을 의미한다.

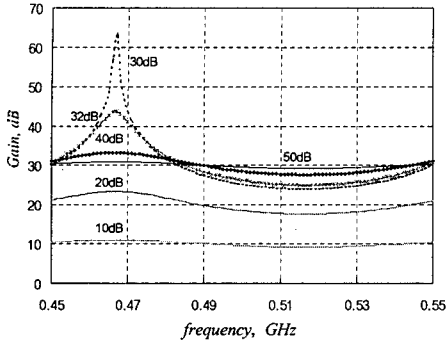


그림 2. 일정한 격리도를 갖는 경우 동작 주파수에 따른 비재생 중계기의 이득 변화
Fig. 2. Gain variation of non-generation repeater according to the isolation

그림 7은 케환신호가 비재생 중계기의 특성에 미치는 영향을 시험하기 위한 블록도이다. 비재생 중계기는 이득이 28 dB이고, 1 dB 출력압축점이 20 dBm인 증폭기를 2개 직렬연결해서 구성하였다. 그림 7에 보이듯이 중계기의 출력단에서 8-VSB의 S/N을 측정하고 동시에 셋톱(set-top)에서 8-VSB 신호의 수신여부를 확인함으로써 케환신호가 중계기에 미치는 영향을 평가하였다. 케환신호의 크기는 가변감쇠기(ATT2)를 이용해서 2 dB 간격으로 조절하였고, 길이가 다른 RF 케이블을 이용해서 케환신호의 위상을 조절하였다. 사용한 RF 케이블들의 삽입 손실의 차이는 500 MHz에서 무시할 수 있을 만큼 작았으며, 연속적인 위상 변화는 아니지만 360°의 위상 변화가 가능하였다. 그림 8과 그림 9는 케환신호가 비재생 중계기에 미치는 영향을 측정한 결과이다.

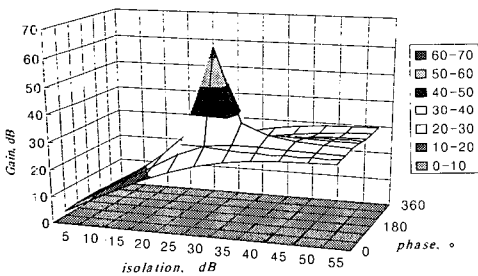


그림 3. 467 MHz에서 케환신호의 위상과 격리도에 따른 비재생 중계기의 이득 변화
Fig. 3. Gain variation of non-regeneration repeater according to the phase of feedback signal and isolation at 467 MHz

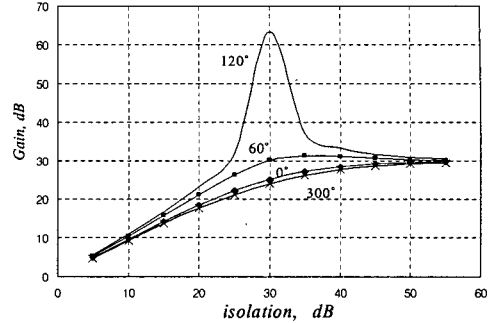


그림 4. 467 MHz에서 케환신호의 위상이 일정한 경우 격리도에 따른 비재생 중계기의 이득 변화 Fig. 4. Gain variation of non-regeneration repeater according to the isolation when feedback signal has a constant phase at 467 MHz

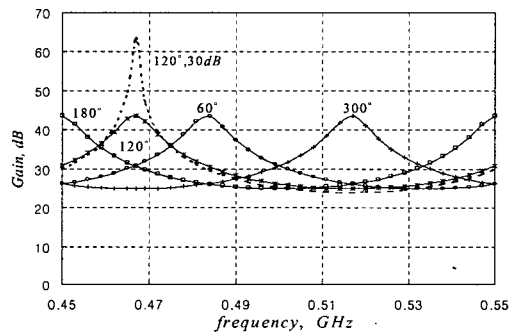


그림 5. 케환신호의 위상이 일정한 경우 주파수에 따른 비재생 중계기의 이득 변화
Fig. 5. Gain variation of non-regeneration repeater according to operation frequency when a phase of feedback signal is constant

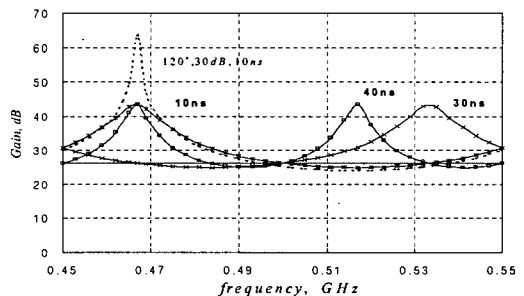


그림 6. 케환신호가 일정한 시간지연을 가질 때 주파수에 따른 비재생 중계기의 이득 변화
Fig. 6. Gain variation of non-regeneration repeater according to operation frequency when a time delay of feedback signal is constant

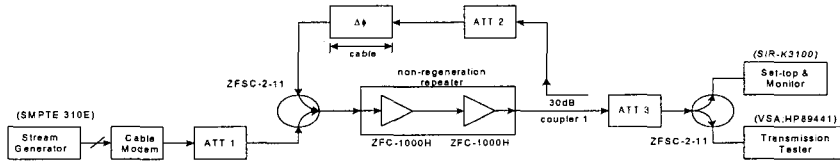


그림 7. 궤환신호가 비재생 중계기의 특성에 미치는 영향을 시험하기 위한 블록도
 Fig. 7. Block diagram for testing the effects of feedback signals on the characteristics of non-regeneration repeater

그림 8과 그림 9는 궤환신호의 크기가 증가 할수록 중계기의 출력에서 S/N이 악화됨을 보여준다. 그리고 궤환되는 신호가 임의의 위상에서도 25 dB 이상의 S/N을 유지하기 위해서는 중계기의 이득보다 격리도가 25.75 dB 이상 커야함을 보여준다. 시험결과 측정되는 S/N이 17 ~ 18 dB 이하인 경우 셋톱은 8-VSB 신호를 수신할 수 없었다. 그리고 이득이 격리도 보다 2.5 dB 정도 작은 경우, 궤환되는 신호는 어떤 위상 값을 갖더라도 S/N이 17 ~ 18 dB 이하로 측정되었다. 즉, 중계기의 격리도와 이득의 차이가 2.5 dB 이하인 경우 셋톱은 중계기의 발진 때문에 8-VSB 신호를 수신할 수 없었다. 그림 9는 중계기의 이득보다 격리도가 11.75 ~ 13.75 dB 정도 큰 경우, 궤환되는 신호의 위상이 48° 인 경우와 347° 경우 셋톱은 8-VSB 신호를 수신하지 못하였지만 나머지 위상에서는 8-VSB 신호의 수신이 가능하였다. 따라서 격리도가 이득 보다 13.75 dB 정도 큰 경우에는 궤환신호의 위상에 따라서 발진하는 경우도 있음을 알 수 있다.

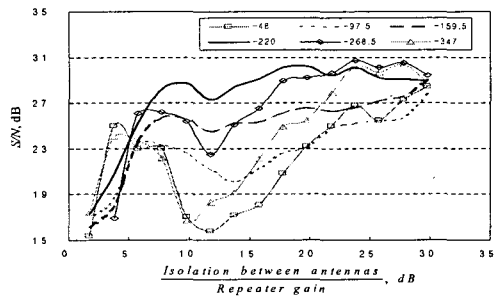


그림 9. 궤환신호의 위상이 일정한 경우 이득과 격리도의 차이에 따른 중계기의 출력 S/N 변화
 Fig. 9. Output S/N variation of the repeater according to the difference of gain and isolation of a repeater when a phase of feedback signal is constant

III. 재생 중계기

그림 10은 궤환신호가 재생 중계기에 미치는 영향을 시험하기 위한 블록도이다. 재생 중계기는 중계기의 입력단에서 8-VSB 신호의 S/N이 18 dB 이상 유지가 되면, 중계기의 입력신호인 8-VSB 신호를 복조하고 변조한 후에 8-VSB 신호를 재송신할 수 있다. 그리고 중계기의 입력단에서 신호의 S/N이 18 dB 이상을 유지하면 재생 중계기는 출력단에서 거의 일정한 S/N을 유지한다. 따라서 궤환신호가 재생 중계기에 미치는 영향을 시험하기 위해서 재생 중계기의 입력단에서 S/N을 측정해야한다. 그림 11과 그림 12는 궤환신호가 재생 중계기에 미치는 영향을 측정 한 결과이며, 측정 결과로부터 중계기의 입력단에서 원수신 신호 보다 궤환신호가 12.6 ~ 13.6 dB 보다 큰 경우 셋톱은 8-VSB 신호를 수신하지 못하였다. 이 경우 셋톱이 8-VSB 신호를 수신하지 못한 이유는 큰 궤환신호에 의해서 중계기의 초단부가 포화됨이 원인 것으로 판단된다.

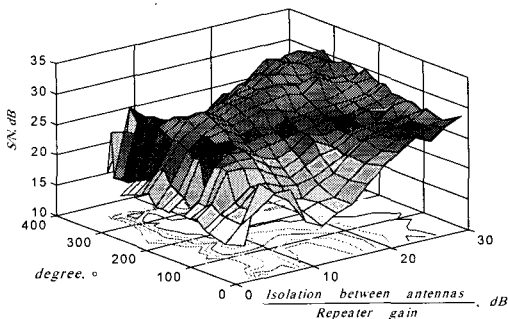


그림 8. 궤환신호의 위상과 중계기의 이득과 격리도의 차이에 따른 중계기의 출력 S/N 변화
 Fig. 8. Output S/N variation of the repeater according to the phase of feedback signal and the difference of gain and isolation of a repeater

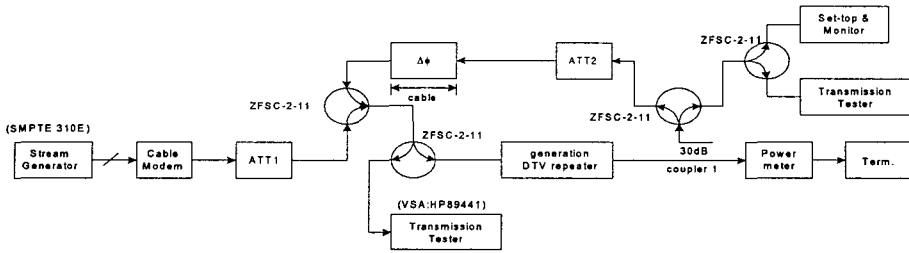


그림 10. 케환신호가 비재생 중계기의 특성에 미치는 영향을 시험하기 위한 시험 구성도
 Fig. 10. Block diagram for testing the effects of feedback signal on the characteristics of non-regeneration repeater

그리고 재생 중계기에서는 케환신호의 위상이 8-VSB의 수신에 미치는 영향을 확인할 수 없었는데 그 이유는 재생 중계기의 변복조 과정때문인 것으로 판단된다. 따라서 재생 중계기에서도 케환신호의 크기는 중계기의 특성에 미치는 영향이 많음을 알 수 있다.

IV. 결 론

중계기의 케환 신호가 재생 중계기와 비재생 중계기에 미치는 영향을 연구하였다. 시뮬레이션 및 시험 결과로부터 케환신호의 크기가 중계기의 발전에 많은 영향을 줄 수 있었으며, 협대역 신호를 취급하는 비재생 중계기에서는 케환 신호의 위상을 변경함으로써 중계기의 발전을 억제할 수 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 중계기를 필요로 하는 시스템에서 중계기의 설치 및 운용을 위한 기본 자료로 활용가능하다.

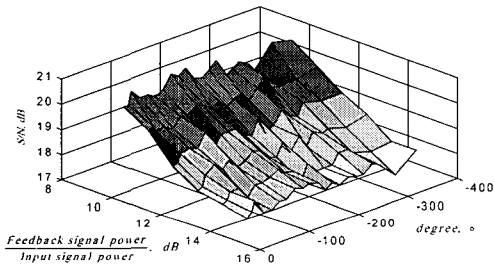


그림 11. 케환신호의 위상과 중계기의 입력신호와 케환신호의 크기의 비에 따른 S/N의 변화
 Fig. 11. Variation of S/N according to the ratio of the input signal and feedback signal power and the phase of feedback signal

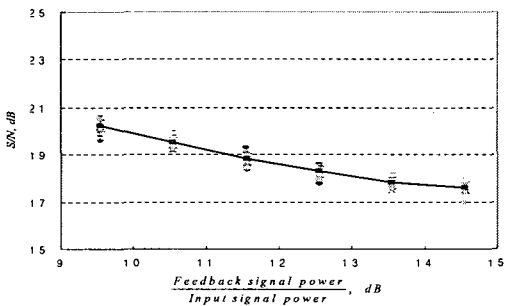


그림 12. 케환신호의 위상이 일정한 경우 케환신호와 입력신호의 크기의 비에 따른 S/N의 변화
 Fig. 12. Variation of S/N according to the ratio of the input signal and feedback signal power when the phase of feedback signal is constant

참고문헌

- [1] W.T. Slingsby and J.P. McGeehan, "A High-Gain Cell Enhancer," Vehicular Technology Conference, 1992, pp.756-758.
- [2] Abbas A. Baghai and Jon Divall, "Cost Effective Solutions for Coverage Enhancement," Mobile and Personal communications Conference, 1993, pp. 51-55.
- [3] Kazuji Watanabe, Hiroyuki Ohtsuka and Osamu Kagami, "A Non-regenerative Repeating Digital Microwave Radio System," GLOBECOM '91, 1991, pp. 1812-1816.
- [4] R.A. Isberg and William C. Y. Lee, "Performance Tests of a Low Power Cellular Enhancer in a Parking Carage," Vehicular Technology Conference, 1989, pp. 542-546.
- [5] Rabindra N. Ghose, "Collocation of Receiver and High-power Broadcast Transmitters," IEEE Transactions on Broadcasting, vol.34, no. 2, pp. 154-158, 1988.
- [6] Kazuji Watanabe, Tadashi Shirato and Osamu Kagami,

"Coherent Non-regenerative Repeater Digital Microwave Radio System Field Test," GLOBECOM '92, 1992, pp. 1846-1850.

- [7] T.N.C. Wang, "On Application of Cellular or PCS off-air On-frequency Repeaters," Asia Pacific Microwave conference, 1997, pp. 537-539.
- [8] W.T. Slingsby and J.P. McGeehan, "Antenna Isolation Measurements for On-Frequency Radio Repeaters," Antennas and Propagation Conference, 1995, pp. 239-243.
- [9] K.H. Tsioumparakis, T.L. Doumi and J.G. Gardiner, "Delay Spread Statistics in Vicinity of Same-frequency Repeater," Electronics Letters, vol. 31, no. 18, pp. 1607-1609.

저자소개

강 상 기(Sanggee Kang)



1988년 단국대학교 전자공학과(학사)
 1989년 삼성반도체통신
 1989 ~ 1992 해군통신장교
 1994년 단국대학교 전자공학과(석사)

2004년 충남대학교 전파공학과(박사)
 1994 ~ 2005 한국전자통신연구원 선임연구원
 2005 ~ 현재 군산대학교 전자정보공학부 전임강사