

## 다이버시티 기법 및 콘볼루션코드를 이용한 영상통신 시스템 설계

장홍성 · 공형운 · 최원호  
전기전자 및 자동화 공학부

### <요약>

본 논문에서는 무선통신에 약한 압축영상의 품질을 개선할 수 있는 영상전송시스템을 구현하고자 한다. 무선 상에서 부호간 간섭과 다중경로 페이딩에 의한 채널의 영향을 줄이기 위하여 Decision Feedback Equalizer(DFE)와 다이버시티 기법을 적용하였고 연집에러에 대응하고자 콘볼루션부호와 인터리버를 사용하였다. 제안된 시스템의 성능분석을 위하여 세 가지 다이버시티 기술의 경우에 따라 성능분석을 하였으며, 다이버시티 기법과 콘볼루션 코드의 적용이 시스템의 향상된 성능을 나타내었다.

## Design of an Image Transmission System using the Diversity Technique and Convolutional Code

Hong Sung Jang · Hyung-Yun Kong · Won Ho Choi  
School of Electrical Engineering and Automation

### <Abstract>

In this paper, an image transmission system that can improve for the quality of a fragile compression image in wireless communication is designed. For reducing the channel effect of ISI(Inter-Symbol Interference) and multi-path fading in wireless transmission, DFE(Decision Feedback Equalizer) and diversity technique are adapted. And to minimize the burst error, the convolutional code and interleaver are implemented in

---

\* 본 연구는 반도체교육설계센터의 지원으로 수행되었음

the system. To analyze the performance of the system, the experiments were done with three types of diversity. The results show that the implementing of diversity technique and convolutional code can improve the performance of the system.

## I. 서론

현대 사회가 고도의 정보사회로 발전함에 따라 무선통신의 수요는 급격히 증가하고 있으며, 음성, 데이터, 영상 등의 여러 가지 서비스가 무선망에서도 요구되어지고 있다. 따라서 근래의 무선 통신시스템에서 영상통신은 멀티미디어 서비스 중의 하나로서 방대한 양의 데이터를 빠르게 전송해야 한다. 그러나 실제 무선통신 환경은 다중경로 부호간 간섭과 대역폭의 제한에 따른 전송속도의 제약을 받고 있다.[1][2] 따라서 고속의 전송속도에서 발생할 수 있는 부호간 간섭에 대응하기 위해 등화기가 사용되어지는데 본 논문에서는 등화기 탭의 계산에 따른 복잡도와 성능 면에서 월등한 DFE(Decision Feedback Equalizer)를 사용하였다.[3] Balaban과 Salz는 다이버시티 기법과 등화기를 조합한 형태가 부호간 간섭에 대해 효과적이라는 것을 제시하였는데 이 경우 DFE가 선형등화기보다 더욱 월등한 성능을 보여주고 있다.[4] 무선망에서 영상을 전송시키는 경우 데이터량을 줄이기 위해서 일반적으로 압축하여 전송하게 된다. 영상데이터의 압축알고리즘에서 픽셀 당 비트율을 최소한으로 줄이기 위하여 FLC(fixed-length code)보다는 VLC (Variable-length code)가 이용된다. 그러나 이 방법은 높은 압축률을 갖지만, 가변길이부호화로 압축된 영상에서 한 비트의 에러가 발생할 경우 연이어서 에러가 발생하게 되며 데이터들의 동기가 다시 이루어져 정상적으로 복호화 될 때까지는 영상블럭들이 손상되게 된다.[6][7] 이러한 문제를 극복하고 영상블럭에서 연접에러를 방지하기 위해서 블록 인터리빙이 연구되었다. 즉 손상된 영상블럭의 주변에 있는 양호한 블록을 이용하여 블록보간법으로 영상의 PSNR을 높이고자 하는 것이다.[8][9] 이것은 영상데이터가 수신된 후의 처리 과정으로 무선 채널에 대한 대응책은 될 수 없으며 따라서 본 논문에서는 다중경로 페이딩과 부호간 간섭의 영향에 대응하도록 다이버시티 기법을 적용한 등화기와 콘볼루션부호를 적용하여 고속의 무선 환경에 강인한 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템의 성능분석을 하고자 무선채널에 대한 BER 성능과 전송된 압축영상의 PSNR을 비교하여 무선채널의 압축영상에 대한 영향과 전반적인 시스템 성능을 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 다이버시티가 적용된 등화기의 구조 및 특성에 대해 분석하였고 III장에서는 채널전송 시에 사용되어지는 콘볼루션 부호와 인터리버에 대해 기술하였고 IV장에서는 시뮬레이션과 제안된 시스템에 대한 압축영상의 PSNR을 비교함으로써 압축영상의 영상품질을 나타내었고 V장에서는 결론으로 끝을 맺는다.

## II. 적용된 등화기의 구조 및 특성

다이버시티 기법의 기본 개념은 수신 단에서 2개의 수신안테나를 이용하는 것이다. 다이버시티 수신에 있어서 복수의 페이딩파를 얻는 것은 송신기와 수신기 사이에 독립적인 전

송경로를 만드는 것 외에 없다. 즉 두 개의 수신안테나에 수신되는 신호가 완전히 서로 다른 신호를 수신하면 되는 것이다. 이렇게 되면 한쪽 안테나에 수신되는 신호에 깊은 페이딩 현상이 발생하더라도 다른 한쪽 안테나에 수신되는 신호는 작은 페이딩 현상이 발생하게 됨으로 작은 페이딩 신호를 선택하여 재생하면 좋은 품질의 영상을 제공하게 된다.

### 2.1 선택적 결합(Selection Combining) 다이버시티

그림 1에서는 DFE를 이용한 선택적 결합 기법을 사용하였다. 이 방식은 가장 간단한 다이버시티 방법으로써 적절한 등화기의 값을 선택하게 된다. 여기서  $\overline{E}_k^i$ 은 수신된 NB 개의 심볼동안 DFE에 의해서 발생하는 에러의 평균값을 나타낸다. 이 값은 두 개의 등화기에서 최적의 심볼을 선택하는데 사용되어 진다. 에러 평균(average estimation error)는 식 (2-1) 과 같이 주어진다.

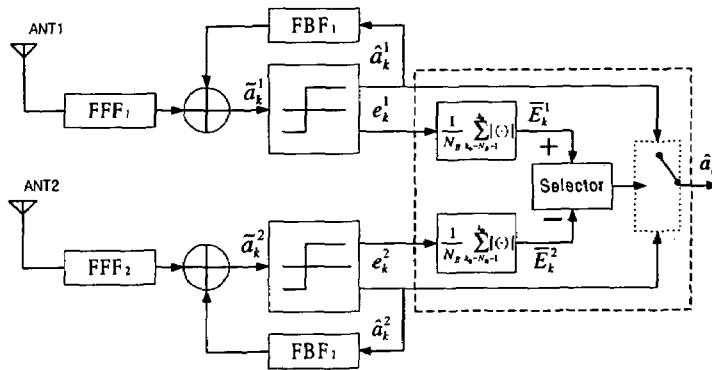


그림 1. 선택적 결합 다이버시티의 적용

출력 데이터는 매 심벌마다  $\overline{E}_k^1$  과  $\overline{E}_k^2$  값을 비교하여 결정된다. 이 과정에서 에러평균이 작은 쪽의 등화기의 심볼이 수신기의 출력 데이터가 된다.

$$\overline{E}_k^i = \frac{1}{N_B} \left\{ \sum_{k=k_0-N_B+1}^{k_0} |e_{k,i}^i| \right\} \quad (i=1,2) \quad (2-1)$$

여기서

$\overline{e}_k^i$  : i 번째 DFE에서 k 번째에 해당하는 심볼 에러값

$N_B$  : 에러평균을 구하기 위한 심볼 구간

### 2.2 등이득 결합(EGC, Equal Gain Combining) 다이버시티

그림 2에서와 같이 등이득 결합 다이버시티의 구조는 선택적 결합 다이버시티와는 달리 DFE의 판정에러에 따른 선택기가 없어지고 두 개의 DFE 에 대한 출력을 이용한다. 따라

서 이 방식은 등화기의 출력에 동등한 가중치를 취함으로써 심볼을 검출하는데 있어서 최적의 방법은 아니다.

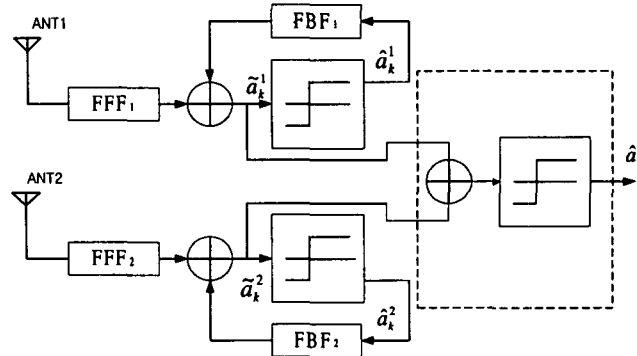


그림 2. 등이득 결합 다이버시티

$$E_k = w_1 \cdot \tilde{a}_k^1 + w_2 \cdot \tilde{a}_k^2 \quad (2-2)$$

여기서  $w_1$  : 등화기 1의 equal gain factor

$w_2$  : 등화기 2의 equal gain factor

### 2.3 최대결합비율(Maximal Ration Combining) 다이버시티

최대 비율 결합 다이버시티에서는 수신기의 신호 대 잡음비를 최대로 할 수 있게 각각의 등화기에 다른 가중치가 주어진다. 즉 등화기의 출력으로부터 최대 비율 결합 다이버시티의 가중치는 식(2-3)와 같이 계산할 수 있다.

$$w_1 = \frac{\tilde{a}_1^2}{\tilde{a}_1^2 + \tilde{a}_2^2}, \quad w_2 = \frac{\tilde{a}_2^2}{\tilde{a}_1^2 + \tilde{a}_2^2} \quad (2-3)$$

여기서  $\tilde{a}_1$  : 등화기 1의 출력

$\tilde{a}_2$  : 등화기 2의 출력

## III. 제안된 콘볼루션 부호와 인터리버

콘볼루션 부호(Convolutional Code)는 블록단위로 부호화는 실행되나 n 비트로 구성된 부호어가 k 비트로 구성된 현재와 과거의 정보블록의 영향을 받으며 부호기에 시프트레지스터(shift register)가 사용되어진다.[2][5]

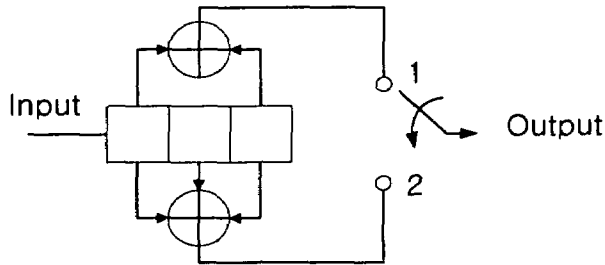


그림 3. 콘볼루션 부호기

그림 3은 부호화율(code rate)이 1/2 이고 구속장이 3 인 부호기로서 사용된 생성다항식을 위한 행렬은 다음과 같다.

$$G_1 = [ 1 \ 0 \ 1 ] \tag{3-1}$$

$$G_2 = [ 1 \ 1 \ 1 ]$$

콘볼루션 부호의 복호를 위해서 비터비 복호 알고리즘을 사용하였으며 그림 4는 이전 상태와 다음상태의 연결을 나타낸다. 수신된 부호  $r=(a, b)$ 와 출력된 복호기의 값  $c=(c_1, c_2)$ 의 유클리디안 거리( $d = \|r - c\|$ )를 계산하여 패스 메트릭(path metric)을 구할 수 있다.

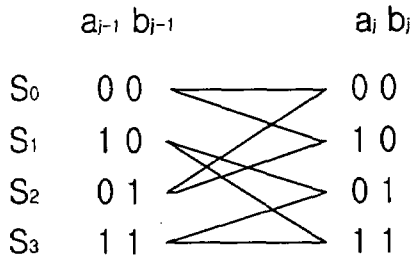


그림 4. 상태간 트렐리스 연결도

그림 4와 같이 상태도간의 연결강도를 나타내는 패스 메트릭은 식 (3-2)와 같다.

$$M_j(m_j) = M_{j-1}(m_{j-1}, m_j) + d_{j-1,j}(m_{j-1}, m_j) \tag{3-2}$$

식 (3-3)에서  $Q_j(m_j)$ 는 초기 시작점에서  $j$  시간까지의 모든 패스로서 정의되며 모든 패스들의 최소 metric은 아래와 같이 주어진다. 여기서  $j$  시간에서의 생존경로를 구하기 위하여 최소값을 선택하며 이 경로를 이용하여 정보를 복호화 할 수 있다.

$$P_j(m_j) = \min_{Q_j(m_{j-1})} M_j(m_j) \tag{3-3}$$

## IV. 시뮬레이션 결과 및 성능 분석

본 논문에서는 먼저 제안된 영상전송시스템에서 각각의 다이버시티가 적용된 DFE 등화기의 성능분석을 비교하였으며, 또한 채널에 대한 에러 정정 능력을 높이기 위해서 콘볼루션 코드 및 인터리버를 적용한 경우의 BER 성능을 비교하였으며 또한 수신된 영상의 PSNR을 비교함으로써 무선채널에서 압축영상의 손실정도를 보여주고 있다. 영상 품질인 PSNR과 시스템의 BER 성능은 결과 그래프에서 보듯이 비례적으로 증가하지는 않는다. 이것은 영상압축 데이터의 비트열에서 에러가 발생하는 위치와도 상관성을 가지고 있으며 또한 JPEG 압축영상이므로 블록단위의 손실을 피할 수 없기 때문이다.

### 4.1 다이버시티 적용에 따른 시스템 분석

그림 5는 개별적인 등화기와 다이버시티 기법적용 후의 시스템의 성능향상을 보여주고 있다. 여기에서도 DFE 등화기에 다이버시티 기법을 적용했을 경우 MRC 방식이 가장 우수한 것으로 나타났으며 이것은 다이버시티 기법에 따른 세 가지를 비교해 볼 때 top과 bottom으로 표시되어 있는 두 개의 DFE 등화기의 출력 값을 조합하는데 있어서 MRC방식이 보다 최적화 되었음을 보여주고 있다. 결과에서 보듯이 다이버시티 방식의 적용이 한 개의 DFE 등화기를 적용했을 때보다 1dB에서 2dB의 이득을 얻었다.

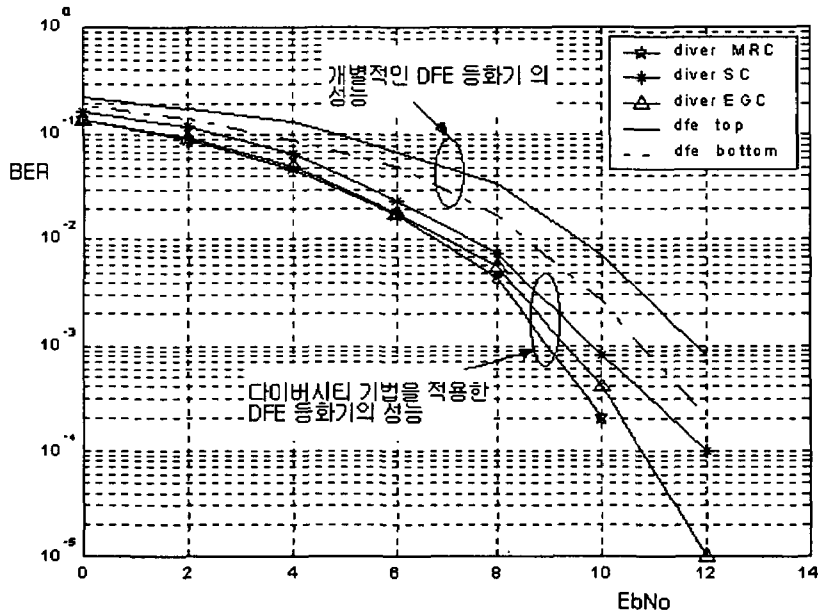


그림 5. 단일 등화기와 다이버시티 기법에 따른 BER 성능

### 4.2 제안된 인터리버와 콘볼루션 부호를 적용한 시스템 분석

그림 6은 다이버시티 시스템에 채널부호화 및 연집에러에 대응하기 위한 인터리버를 적용하였다. 이때 콘볼루션 부호의 이득은 0.5dB - 1dB로 크지 않았으며 인터리버를 적용할 경우 1dB 이상의 성능향상을 얻을 수 있다. 또한 영상측면에서 보면 연집에러에도 강하기 때문에 손상된 블록의 영상을 복원하는데 있어서 필요한 주변 블록이 영향을 덜 받으므로 복구된 영상의 PSNR이 더욱 향상됨을 알 수 있다. 또한 S-랜덤 인터리버의 경우 랜덤 인터리버에서 발생할 수 있는 인접 부호화의 최소거리를 S 만큼 일정하게 유지함으로써 S-랜덤 인터리버를 사용한 콘볼루션 부호의 부호이득이 랜덤 인터리버 보다 1dB정도 향상되었다.

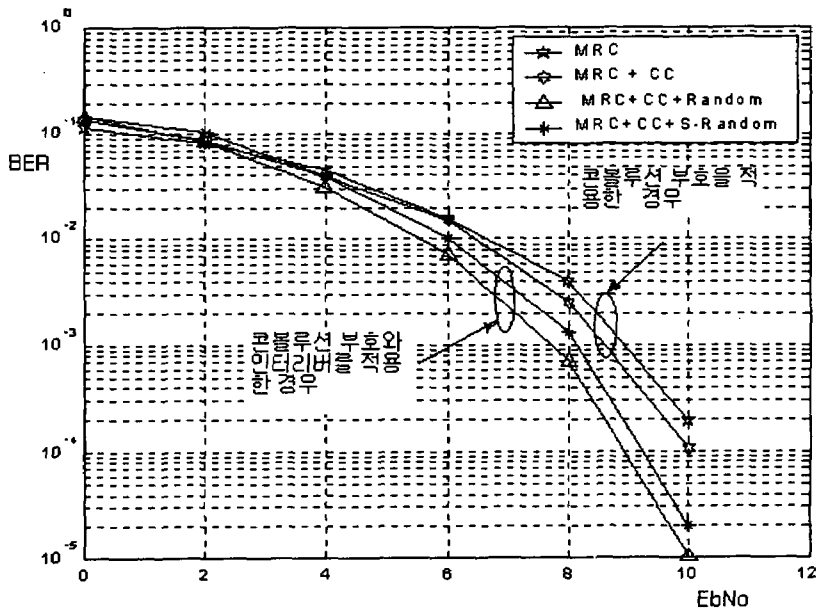


그림 6 MRC가 적용된 등화기에 콘볼루션 부호와 인터리버를 적용하였을 때의 BER 성능

### 4.3 영상데이터의 PSNR 분석

본 논문에서는 제안된 시스템에 대한 압축영상에 대한 성능을 평가하기 위하여 64×64의 Lena영상을 이용하여 JPEG 압축을 하였으며 0.247bpp (bits/pixel)와 PSNR이 26.06dB인 데이터를 이용하여 시뮬레이션을 하였다.

그림 7은 DFE 등화기에 다이버시티 및 콘볼루션 부호를 적용했을 때 다이버시티 성능이 우수하게 나타난 MRC의 경우를 영상에 적용시킨 것으로써 채널의 SNR에 따른 PSNR를 보여주고 있다.

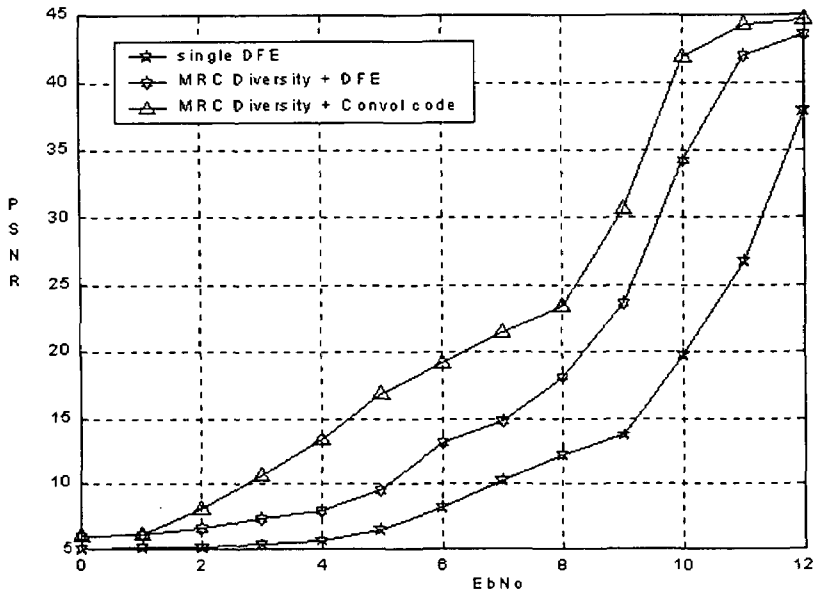


그림 7. 제안된 시스템에 따른 PSNR 성능

이 그래프의 특징은 수신된 영상의 품질이 갑자기 좋아지고 있는데 실험 데이터로써 JPEG 압축영상을 사용하였기 때문이다. 왜냐하면 JPEG 압축영상을 복원하는데 있어서 한 비트의 오류는 영상블록 자체에 영향을 주기 때문에 SNR이 9dB를 기준으로 PSNR이 급격히 변화함을 알 수 있다. 그리고 콘볼루션 부호의 적용은 무선환경에 열악한 압축 데이터에 연접에러가 발생하지 않을 경우 오류 정정 능력을 크게 보여줌으로써 영상의 PSNR을 5dB정도 크게 향상시켰다.

그림 8에서 그림 10은 SNR이 8dB인 경우 제안된 시스템에서의 성능을 복원된 JPEG 영상으로 보여주고 있다.

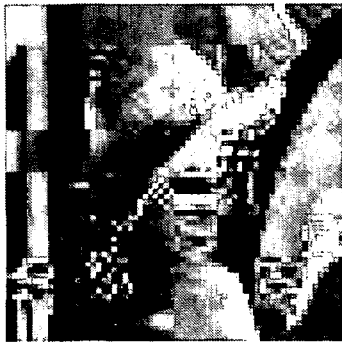


그림 8. 단일 DFE  
PSNR=12.2dB



그림 9. 선택적 결합-DFE  
PSNR=15.4dB





그림 10. 최대비율결합-DFE  
PSNR=18.1dB



그림 11. 콘볼루션 부호적용  
(인터리버 미사용)  
PSNR=29.7dB

위 그림들은 PSNR의 성능을 가시적으로 보여주고 있는데 그림 10과 그림 11을 비교해 볼 때 그림 6의 시스템 BER 성능에서 부호화 이득은 0.5dB로써 크지 않지만 압축영상에 있어서는 성능변화가 크게 나타남을 알 수 있다.



그림 12. 콘볼루션 부호적용  
(인터리버 미사용)  
PSNR=26.4dB



그림 13. 콘볼루션 부호적용  
(인터리버 사용)  
PSNR=28.2dB

그림 11과 그림 12는 SNR이 9dB인 경우로써 PSNR은 높은 편이지만 인터리버를 사용하지 않은 경우로써 연집에러가 발생하는 빈도가 높아 모의 실험 시 복원된 영상의 PSNR 값에 약간의 차이가 있었다. 그림 13과 같이 S-랜덤 인터리버를 적용한 경우 그림 12와 같은 연집에러에 의한 특정 부분의 데이터 손실을 막음으로서 PSNR을 높일 수 있었다.

## V. 결 론

본 연구에서는 압축영상을 무선채널에 전송하면서 발생할 수 있는 영향과 고속전송에 유리한 등화기를 접목시키기 위하여 다이버시티 기법을 적용하였다. 또한 채널에 대한 오

류 정정 능력을 높이기 위하여 콘볼루션 부호 및 인터리버를 적용하여 영상품질에 대한 전반적인 PSNR 성능비교를 하였다. 그리고 등화기에 다이버시티 기법의 적용으로 시스템 성능이 2dB정도의 향상이 있었다 그러나 등화기에 콘볼루션 부호를 적용한 결과 부호이득은 크게 나타나지 않았다. 이것은 등화기 또한 주변의 비트열을 검사하기 때문이다. 그러나 인터리버를 함께 적용하였을 경우에 그림 6과 같이 1dB에서 2dB정도의 성능향상이 있었다. 따라서 고속의 전송시스템에서 발생하는 부호간 간섭에 보다 강인하게 대응하기 위해서 다이버시티 기법 및 인터리버의 적용이 적절한 대응책이라 할 수 있다. 이렇게 블록 단위로 수신된 영상의 경우 영상품질을 극대화 할 수 있는 보간법이 연구되어야 하며 또한 등화상에 적용할 수 있도록 영상프레임간의 영향을 연구하여 실질적인 화상통신에 기여할 수 있도록 하는 것이 과제라 하겠다.

### 참고문헌

1. John G. Proakis, "Digital Communications", McGraw-Hill, Singapore, pp. 583-627, 1995.
2. John G. Proakis and Masoud Salehi, "Contemporary Communication Systems Using Matlab" pp.221-271, 1998.
3. John G Proakis "Adaptive Equalization for TDMA Digital Mobile Radio", IEEE Trans on Vehic. Tech. Vol 40. No2. pp.333-341 1991.
4. P. Balaban and J. Salz, "Dual diversity combining and equalization in digital cellular mobile radio," IEEE Trans. Veh., Technol., vol. 40, pp. 342-354, May 1991.
5. Tom Souvignier, Jank k. Wolf, "Convolutional coding for parallel decision feedback equalization "Global Telecom Confer IEEE Vol 5, pp.2712-2717, 1998.
6. Y. Q. Zhang, Y. J. Liu, and R. L. Pickholtz. "Layered image transmission over cellular radio channels," IEEE Trans. Veh. Technol., vol 43, pp. 786-794, Aug. 1994.
7. Khalid Sayood, "Introduction to Data Compression", Morgan Kaufmann Publishers, pp.25-55, 1996.
8. K. I. Chan, J. Lu, and C. I. Chuang. "Block Shuffling and Adaptive Interleaving for still Image Transmission over Rayleigh Fading Channels", IEEE Trans, Veh. Technol., vol.48, pp. 1002-1011, May 1999.
9. Xiaofan Fei, TRszmei Ko, "Turbo-codes For Compressed Image Transmission Over Rayleigh Fading Channel", IEEE 6th Confer Vol 2, pp.505-509 Oct 1997.