

디스플레이 기반 통신(DFC)에서 데이터 할당 방법에 따른 성능 고찰

권재인, 김주현, 이택림, 최치현, *정성운
영남대학교 전자공학과kwon9883@naver.com, lpyeongl00@gmail.com, ltr9809@naver.com, chlclgus1964@gmail.com,
syjung@ynu.ac.kr (:교신저자)

Performance Discussion on Data Allocation Method in Display Field Communication

Jae-In Kwon, Ju-Hyun Kim, Taek-Rim Lee, Chi-Hyun Choi, *Sung-Yoon Jung
(*:corresponding author)
Dept. of EE, Yeungnam Univ.

요약

본 논문은 디스플레이가 송신기이고 카메라가 수신기인 D2C(Display to camera) 통신기술을 이용한 기존의 DFC(Display Field Communication) 성능에 관한 고찰이다. 논문[2]의 알고리즘을 기반으로 시스템 구현 용이성을 높이고 계산 과정의 복잡도를 낮추었다. 또한 state position 및 기존의 파워 할당(power allocator)개념을 적용한 alpha 값 크기를 조절해줌으로써 데이터 할당 방법에 따른 시스템 성능 변화를 분석하였다.

I. 서론

최근 디스플레이 기술은 디지털 콘텐츠 수요가 증가함에 따라 많은 관심을 받고 있다. 특히 D2C(Display to Camera) 통신기술을 이용하여 디스플레이 픽셀 변화에 따라 카메라로 정보를 송·수신하는 연구들이 현재 진행되고 있다.

D2C 통신기술 중 하나인 DFC(Display Field Communication)는 영상의 주파수영역에 데이터를 할당하는 방법으로 접근하여, 기존의 디스플레이 역할을 수행함과 동시에 데이터 또한 전달하는 기술이다[1-5].

본 논문에서는 1 차원 DCT(Discrete Cosine Transform) 기반의 DFC 를 사용하여 데이터 할당 영역에 따른 성능을 비교 및 분석을 진행하였다.

II. 본론

논문[1]은 DFT(Discrete Fourier Transform) 기반 DFC 에서 Hermitian symmetry allocator 를 사용하여 데이터를 할당한 후 데이터를 복원하는 방식을 사용하였다.

위의 방식을 개선하여 제안된 논문[2]에서는 DCT 기법 및 가산할당기(addition allocator)를 사용하여 데이터를 할당하고, 차감 데이터 복원기(subtraction data retrieval)을 사용하여 데이터를 복원하였다. DCT는 실수 값인 코사인 신호 부분만을 사용하기 때문에 기존[1]의 DFC 에 사용되는 data embedding 방식의 conjugate symmetric 특성을 반영할 필요가 없어진다. 그리고 addition allocator 를 사용하면 알고리즘의 구현 용이성과 계산 과정의 복잡도를 낮춘다는 장점들이 있다. 하지만 데이터가 할당된 주파수영역에 따라 픽셀 값과

데이터 값의 구분이 어렵기 때문에 수신부에서의 데이터 복원이 어렵다는 단점을 가지게 된다. 이를 개선하기 위해 power allocator 개념을 도입하였다[2].

여기서 데이터가 할당되는 주파수영역의 평균 파워를 P_{avg} 라고 가정한다면, 데이터 X 의 크기($X_{amplitude}$)는 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$X_{amplitude} = \sqrt{P_{avg}} * \alpha \quad (1)$$

이때 alpha 값은 0 에서 1 사이의 비례 상수를 나타내며($0 < \alpha < 1$) 데이터가 영상의 특정 주파수영역에 심어질 때, 해당 주파수영역 성분의 평균전력에 비례하게 데이터의 크기 값을 설정함으로써 전반적인 시스템의 성능을 개선시킨다.

III. 시뮬레이션

본 논문에서는 256×256 크기의 parrots 이미지를 사용하여 결과를 도출하였다. 3.1 에서는 Signal-to-Noise Ratio(SNR) 과 α 값을 고정시킨 후 state position 의 변화에 따른 Symbol Error Rate(SER)및 Peak Signal-To-Noise Ratio (PSNR)을 확인하였다. 3.2 에서는 state position 을 Low sub-band, Mid sub-band, High sub-band 로 고정시킨 후 α 값 변화에 따른 SER 및 PSNR 을 확인하였다. 특히 각각의 Red, Green, Blue 채널에 데이터가 삽입되었고 세 개의 채널 중 Red 채널을 대표로 살펴보았다.

3.1 state position 변화에 따른 결과

그림 1 은 α 를 0.5 로 고정시킨 후 state position 변화에 따른 이미지 화질(PSNR)을 보여준다. (가)는 아무런 데이터를 삽입하지 않은 원본 이미지이고 (나), (다), (라)는 차례대로 Low sub-band, Mid sub-band, High sub-band 에 데이터를 할당한 경우이다.

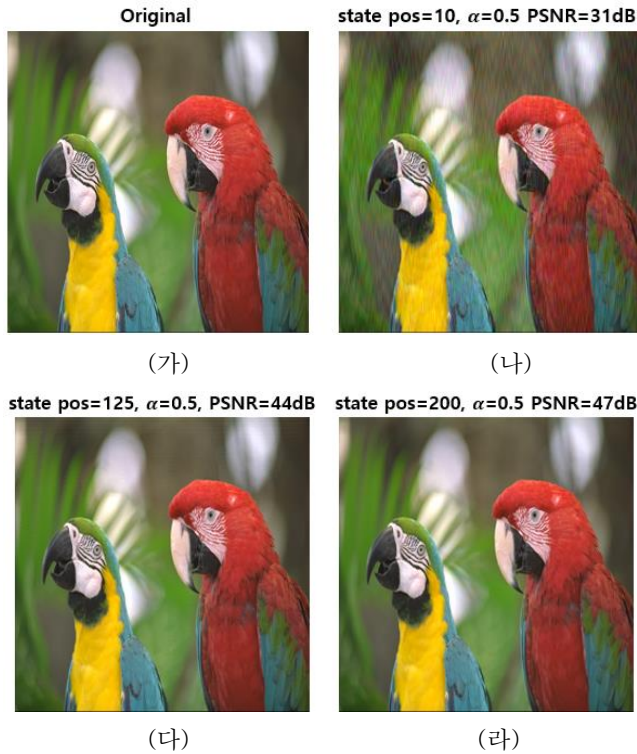


그림 1. state position 에 따른 화질 변화

고주파 영역에 데이터를 할당할수록 이미지는 특별한 화질 왜곡 없이 원본 데이터와 유사한 것을 확인할 수 있다.

그림 2는 SNR을 35dB, α 를 0.5로 고정시킨 후 state position 변화에 따른 SER 과 PSNR 을 3 차원으로 나타낸 그래프이다. 그림 3 과 4 는 state position 에 따른 SER 과 PSNR 의 변화를 2 차원으로 나타낸 그래프이다.

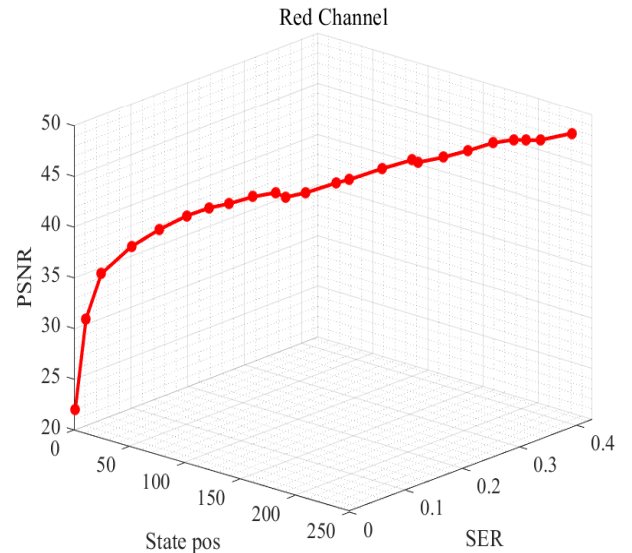


그림 2. state position 에 따른 SER 과 PSNR

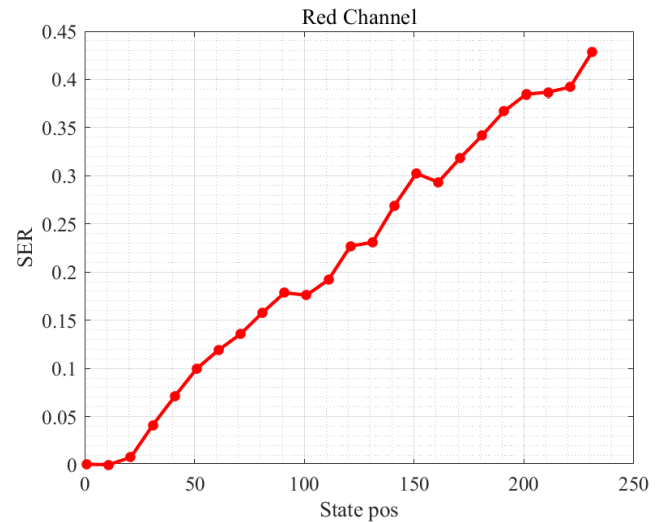


그림 3. state position 에 따른 SER

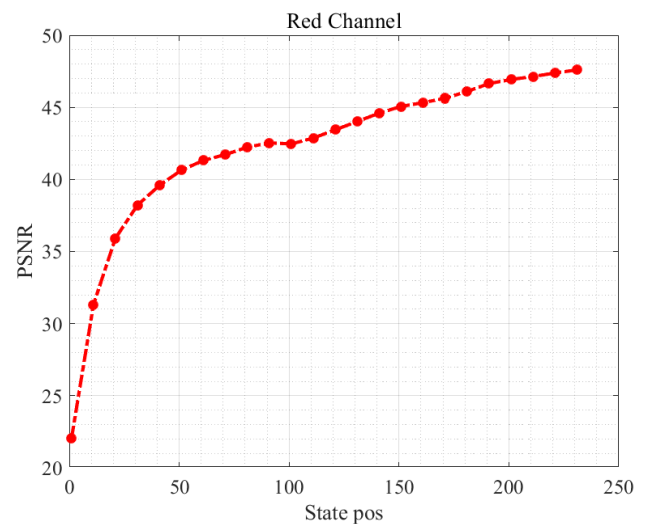


그림 4. state position 에 따른 PSNR

그림 3 을 통해 데이터가 할당되는 영역이 High sub-band(200)로 갈수록 SER 은 점점 증가하며 Low sub-

band(10)일 때 성능이 가장 좋게 나온다. 또한 그림 4에서 알 수 있듯 데이터 할당 영역이 10 이상일 때 PSNR이 30dB 이상이 되는 것을 알 수 있다.

3.2 α 의 변화에 따른 결과

그림 5는 SNR 값을 35dB, state position을 Low sub-band(10), Mid sub-band(125), High sub-band(200)로 고정시킨 후 α 값 변화에 따른 SER와 PSNR을 3차원으로 나타낸 그래프이다. 그림 6과 7은 α 값 변화에 따른 SER와 PSNR을 2차원으로 나타낸 그래프이다.

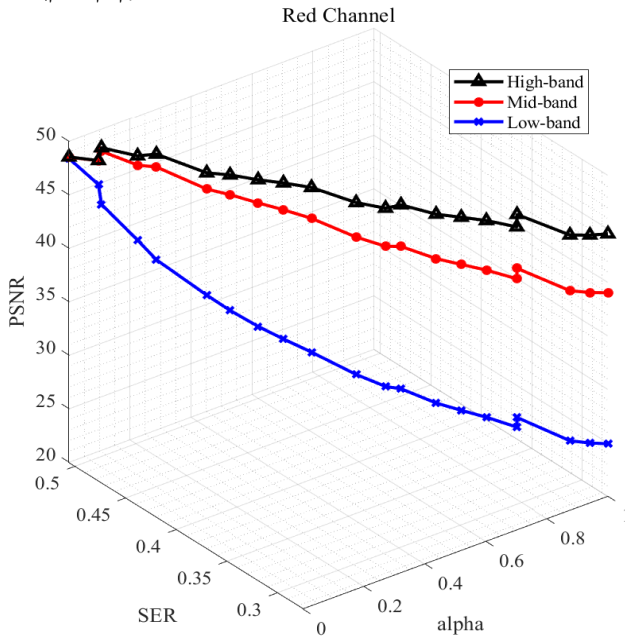


그림 5. α 에 따른 각 sub-band의 SER와 PSNR

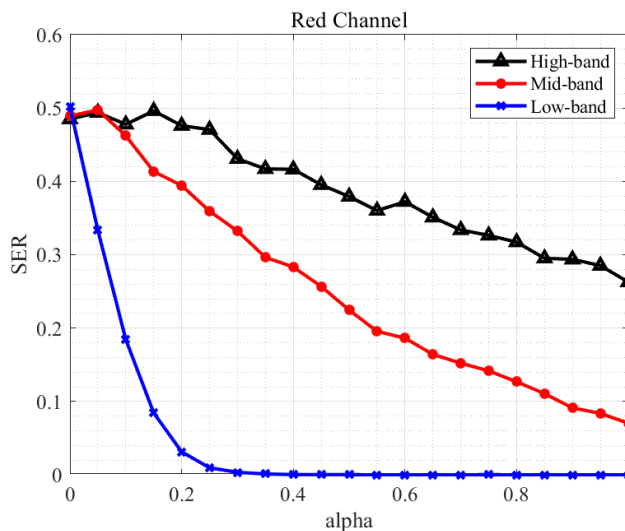


그림 6. α 에 따른 각 sub-band의 SER

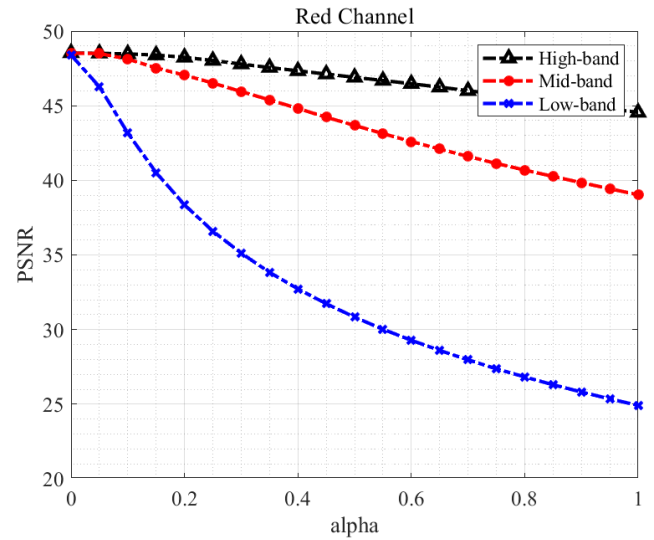


그림 7. α 에 따른 각 sub-band의 PSNR

그림 6은 α 값이 증가할수록 모든 sub-band의 SER이 점점 감소함을 확인할 수 있다. 또한 그림 7에서 High sub-band와 Mid sub-band는 α 의 변화와 상관없이 PSNR이 30dB 이상을 유지하지만 Low sub-band의 경우에는 약 α 가 0.5 이하일 때 PSNR이 30dB 아래로 떨어지지 않는 것을 알 수 있다.

이는 앞서 언급한 power allocator 수식(1)에서 α 가 증가함에 따라 이미지에 할당할 데이터의 크기($X_{amplitude}$)도 증가하기 때문에 PSNR은 감소하고 SER은 증가하게 된다.

IV. 결론

본 논문에서는 1차원 DCT 기반 DFC를 사용하여 state position 및 α 값에 따른 SER와 PSNR 변화를 확인하였다. 일반적으로 이미지 화질(PSNR)과 에러율(SER)은 반비례 관계를 가지며 통상적으로 PSNR이 약 30dB 이상일 때 이미지의 화질 왜곡은 크지 않다고 간주된다[6].

따라서 state position 변화에 따른 3.1 실험 결과를 통해 SER은 낮추되 PSNR 값이 30dB 아래로 떨어지지 않는 적절한 state position은 약 10이고 이를 기반으로 Low sub-band에 데이터를 할당하는 것이 가장 좋다는 것을 알 수 있었다.

또한 할당된 데이터의 크기를 결정하는 α 값 변화에 따른 3.2 실험에서는 SER이 0이고 PSNR은 30dB 이상을 만족하는 Low sub-band(10)일 때 α 는 0.3에서 0.5 사이 값으로 선택하는 것이 가장 좋다는 것을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022 학년도 대학혁신지원사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참고 문헌

- [1] B. W. Kim, H. C. Kim, and S. Y. Jung, "Display Field Communication : Fundamental Design and Performance

- Analysis", J. Lightw. Technol., vol. 33, no. 24, pp. 5269–5277, 2015
- [2] Y. J. Kim, and S. Y. Jung, "A New Data Allocation Scheme in Display Field Communication", The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol.46 No.08, Aug, 2021
- [3] S. Y. Jung, H. C. Kim, and B. W. Kim, "Implementation of two-dimensional display field communications for enhancing the achievable data rate in smart-contents transmission," Displays, vol. 55, pp. 31–37, 2018.
- [4] P. Singh, B. W. Kim, and S. Y. Jung, "Performance analysis of display field communication with advanced receivers," Wirel. Commun. Mobile Comput., vol. 2020, no. 3657309, Apr. 2020.
- [5] P. Singh and S. Y. Jung, "Data decoding based on iterative spectral image reconstruction for display field communications," ICT Express, Apr. 2020
- [6] Kaushik, P. "Sharma, Y. Comparison of different image enhancement techniques based upon PSNR & MSE" International Journal of 563, Applied Engineering Research 2012, 7, 2010–2014.