

위치 기반 분자 통신 기술의 최적화 연구

문석환, 이대규, *정성운
영남대학교

msh1661@yu.ac.kr, dleorb0305@naver.com, *syjung@ynu.ac.kr (*:교신저자)

A Optimization Study on the Molecular Communication Based on Position

Seok Hwan Moon, Dae Gyu Lee, *Sung Yoon Jung (*:corresponding author)
Yeungnam Univ.

요 약

분자 통신은 나노 기술, 바이오 기술, 통신 기술을 결합한 새로운 학문으로서 화학적 신호를 이용하여 정보를 전달하는 통신 방법이다. 기존의 전자기 통신에서 주파수 대역 활용 효율을 높이기 위한 방법으로 다중 펄스 방식을 이용한 MPPM이 있다. 본 논문은 다중 펄스 방식을 참조하여 분자 통신에서 연구되는 CPSK에 적용한 MCPSK에 대해 제안한다.

I. 서 론

분자 통신은 자연에서 영감을 받은 새로운 통신 패러다임으로 등장하였으며, 분자를 전달자로 사용하여 정보를 전달하는 통신 방법이다. 분자 통신은 인체에 무해한 방법으로서 의료 분야 등에서 전자기 통신을 대체하는 방법으로 연구되고 있다. 또한 분자 통신을 이용하면 에너지를 효율적으로 사용할 수 있다[1].

기존의 전자기 통신에는 주파수 대역 활용을 높이기 위해 다중 펄스를 사용하는 MPPM(Multi Pulse Position Modulation)이 있다[2]. 이 방식을 참고하여 분자 농도의 위치 기반으로 정보를 전달하는 CPSK(Concentration Position Shift Keying) 방식에 다중 펄스를 적용한 MCPSK(Multi Concentration Position Shift Keying) 분자 통신 기법을 제안하고 기존의 방식과 비교하여 가장 효율적인 방식에 대해서 검토한다.

II. 본론

2.1 송신단

MCPSK 방식은 한 심볼에서 펄스 위치를 하나만 이용하는 기존의 CPSK 방식과 달리 다중 펄스 위치를 이용하는 방법을 이용한다. 한 심볼 내의 Position 수를 N , 펄스의 수를 K 라 한다면 조합(Combination)을 통해 펄스 위치 조합들을 결정할 수 있다. 동일한 데이터 양을 전송하는 경우, 모든 펄스 조합 중에 2^k 개의 펄스 조합을 선택한다. $k(bit)$ 는 bit 수를 의미한다. 그림 1을 보면 N 이 7, K 가 2인 4bit MCPSK의 한 가지 예시를 보여준다. 그림 1에서 조합으로 만들 수 있는 경우의 수는 21가지이다. 이 중 4bit에 해당하는 16가지의 경우를 선택하여 송신 신호와 수신 신호를 비교한다. $Q(t)$ 는 송신 신호를 의미하며, 보내는 분자 농도의 총합을 Q_s 라 하고, 보내는 각 펄스 위치 분자의 농도는 모두 동일하다고 가정한다. 그림 1에서 T_{tx} 는 총 전송시간으로서 T_s 는 T_{tx} 중 분자가 방출되는 시간을 의미한다.

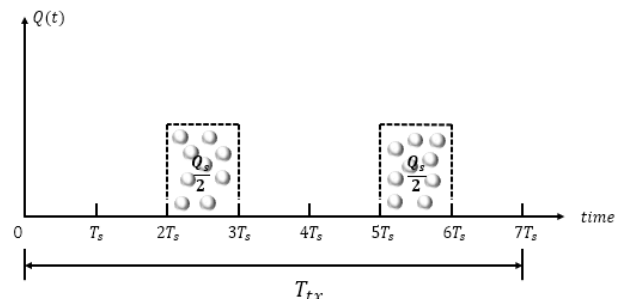


그림 1. MCPSK 송신 신호 예시

2.2 채널

분자 통신은 채널에서 분자 방출 시간 T_s 에 대해 영향을 받으며 이로 인해 ISI(Inter Symbol interference), 즉 간섭과 노이즈가 발생할 수 있다[3].

채널은 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

$$C(t) = \frac{-r^2}{e^{4Dt}} \frac{1}{(4\pi Dt)^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

$D(cm^2/s)$ 는 확산 계수를 의미하며 본 논문에서는 채널에서의 분자 전파 과정은 공기 중에서의 확산으로 가정한다. $r(cm)$ 은 송신단과 수신단 사이의 거리를 의미한다.

2.3 수신단

수신단에서는 송신단에서 보낸 신호가 채널을 통과하며 발생하는 노이즈와 간섭이 더해진 신호를 받게 된다. 본 논문에서는 MCPSK의 성능을 확인하기 위해 송신된 신호가 무엇인지 안다고 가정한다. 수신된 신호에서 펄스 위치별로 평균 분자의 농도를 측정하고 가장 높은 농도의 값부터 K 개의 펄스의 위치를 추정한다. 이렇게 추정한 펄스 위치를 통해 수신된 신호를 결정할 수 있고 송신한 신호의 펄스 위치와 비교하여 에러가 발생하였는지 알아볼 수 있다. 수신단에 도달한 신호 $U(r, t)$ 는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

$$U(r, t) = \int_0^{T_s} \frac{Q(\tau)}{4\pi D(t-\tau)^{\frac{3}{2}}} \cdot e^{\frac{-r^2}{4D(t-\tau)}} d\tau \quad (2)$$

2.4 모의실험

본 논문에서는 펄스 포지션의 개수 K 를 1개에서 3개로 가정하고 실험을 진행하였다. K 가 1인 경우는 CPSK 방식을 이용한 경우이며, K 가 2이상인 경우는 MCPSK 방식을 이용한 것이다. 송신단에서 보내는 신호의 데이터는 3bit와 4bit를 가정하고 같은 데이터 양을 전송한 경우의 결과를 비교한다. 데이터를 전송할 때, CPSK와 MCPSK 방식 중 한 가지를 이용하여 데이터를 한 번에 전송할 수 있으며, bit를 나누고 CPSK와 MCPSK 방식을 조합하여 보낼 수도 있다.

송신 방법과 변조 방법의 차이를 확인하기 위해 거리(r)에 따른 ADR(Achievable Data Rate)을 비교한다. ADR은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$ADR = \frac{k}{T_{tx}}(1 - BER) \quad (3)$$

BER(Bit Error Rate)은 총 비트에서 에러가 난 비트의 비율이며, 실험에서는 에러가 발생하였을 때 전송한 비트 수와 상관없이 1bit 에러가 발생하였다고 가정한다.

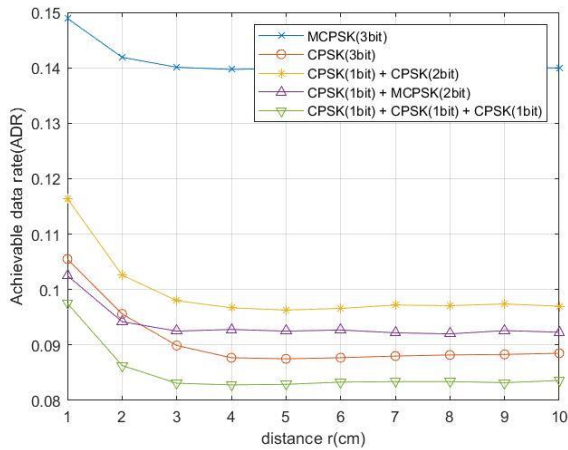


그림 2. 3bit ADR data

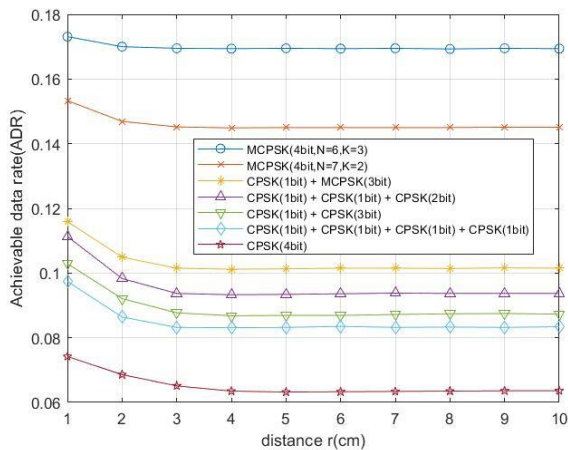


그림 3. 4bit ADR data

그림 2와 그림 3은 실험을 통해 얻은 ADR 값들 중 CPSK와 MCPSK의 성능을 비교할 수 있는 일부를 보여 준다. 그림 2와 그림 3은 N 의 값이 가장 작을 때의 결과

를 비교한 그림이며, MCPSK를 단독으로 이용한 경우에 ADR이 가장 높은 것을 확인할 수 있다. 또한 CPSK와 MCPSK를 조합하여 사용하는 경우에는 MCPSK 방식을 포함하여 얻은 ADR 값이 더 낮음을 확인할 수 있다.

III. 결론

분자 통신은 자연에서 영감을 받은 새로운 통신 패러다임 중 하나이다. 분자 통신은 빛의 속도로 전파하는 전자기 통신에 비해 느리다는 단점이 있다. 하지만, 수중 매체 등 전자기 통신을 사용하기 힘든 공간에서 사용할 수 있어 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 기존의 전자기 통신에서 연구되고 있는 MPPM 방식을 참고하여 분자 통신에서 기존의 CPSK 방식에 다중 펄스 방법을 적용한 MCPSK를 제안하고 구현하였다.

모의 실험 결과를 통해 MCPSK 방식을 이용한다면 같은 bit의 데이터를 전송하는 경우 CPSK 방식보다 더 많은 데이터를 보낼 수 있음을 확인하였다. 따라서 MCPSK 방식을 사용하는 것이 분자 통신에 유리함을 알 수 있었다. 이러한 기초 연구를 기반으로 전자기 통신을 사용하기 힘든 환경에서 분자 통신을 적용할 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022학년도 대학혁신지원사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참 고 문 헌

- [1] I. F. Akyildiz, F. Brunetti, and C. Blazquez, "Nanonetworks: A new communication paradigm," *Computer Networks*, vol. 52, no. 12, pp. 2260–2279, 2008.
- [2] Sugiyama, Hisayoshi, and Kiyoshi Nosu, "MPPM: A method for improving the band-utilization efficiency in optical PPM." *Journal of lightwave technology* 7.3 (1989): 465–472.
- [3] 김수진, and 정성윤. "자유 확산 공간에서의 펄스 위치 변조 기반 CEMC 분자 통신기법 연구." *한국통신학회논문지* 46.10 (2021): 1683–1689.