
고속 데이터 통신을 위한 HSRC-OQPSK 4위상 모호 해결 차동 코딩 송수신기 구조

여협구
한신대학교

HSRC-OQPSK Transceiver Architectures for High-Speed Data Communications using Differential Coding for 4-Phase Ambiguity

Hyeopgoo Yeo
HanShin University
E-mail : hgyeo@hs.ac.kr

요 약

최근 시리얼 데이터 통신 시스템 전송속도를 높이기 위하여 기존 신호의 대역폭을 효율적으로 축소하여 전송하는 HSRC (Half-Symbol-Rate-Carrier) OQPSK 신호가 소개되었다. 이 신호는 4위상 천이 변조 신호를 변형한 것으로 4위상 천이 변조가 가지는 특성을 가지게 된다. 본 연구에서는 고속 데이터 통신 송수신기 구성 시 HSRC-OQPSK 신호가 가지는 4위상 모호(4-phase ambiguity) 문제를 해결하기 위하여 차동 코딩을 적용한 송수신기 구조를 소개하고 시뮬레이션을 통하여 그 기능과 성능을 평가하여 효과적인 송수신기 구조를 제시한다.

ABSTRACT

Recently, HSRC (Half-Symbol-Rate-Carrier) OQPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying) signaling which reduces the bandwidth of transmitted signal for high-speed data communications has been introduced. Since the signal is based on QPSK modulation, it also has the characteristics of QPSK signal. This paper introduces architectures of the transceiver using differential coding to resolve the 4-phase ambiguity problem of the HSRC-OQPSK signaling for high-speed data communications. In addition, this paper proves the functionality of the transceiver with differential coding and shows the BER (bit-error-rate) performance of the transceiver by simulations.

키워드

4위상 모호(4-Phase Ambiguity), 차동 코딩, HSRC-OQPSK, 고속 데이터 통신

1. 서 론

최근 고속 시리얼 데이터 통신을 위하여 전달 신호의 대역폭을 효과적으로 감소시켜 전달 속도를 높이고자 하는 새로운 변조 방식인 HSRC(Half-Symbol-Rate-Carrier) OQPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying)이 제안되었다 [1]. 이 변조 방식은 기저대역 전송 데이터 보다 적은 반송파 주파수를 사용하는 위상변조로 시간축 상의 파형은 그림 1과 같고 신호의

주파수 스펙트럼은 기존의 MSK (Minimum Shift Keying) 신호의 스펙트럼과 유사하다 [2].

기존의 PAM (Pulse Amplitude Modulation) 방식의 데이터 신호 전달과는 달리 HSRC-OQPSK 신호는 4위상 천이 변조를 변형한 것으로 위상 변조의 특징을 가지게 된다. 수신단에서 클럭 동기는 CDR (clock & data recovery)에 의하여 이루어지는데 HSRC-OQPSK 신호의 CDR 역시 위상 변조 신호의 동기에 사용되는 Costas 루프를 변형한 CDR 회로를 사용하게 된

다 [3]. 이러한 위상 동기 과정을 통하여 얻어진 신호는 I/Q 채널의 데이터로 분리가 되는데, 4위상 천이 변조 특징과 마찬가지로 4가지의 서로 다른 위상 점에서 락킹이 되는 4위상 모호(4-phase ambiguity)가 발생하게 된다. 즉, I 채널 데이터가 반전되거나 또는 Q 채널의 데이터가 반전되는 90° 또는 -90° 위상 모호, I/Q 모두 반전되는 180° 위상 모호 그리고 I/Q 데이터가 정상적으로 출력되는 0° 위상이 그것이다.

본 연구에서는 [3]에서 제시된 차동 코딩을 적용 4위상 모호 해결을 위한 송수신기 구조를 검토하고 시뮬레이션을 통하여 제시된 구조가 적용 가능한 지를 평가한다. 그리고 제시된 송수신기 구조의 BER (bit-error-rate) 성능을 차동 코딩이 적용되지 않은 기존 송수신기와 비교한다.

II. 차동 코딩 송수신기 모델

그림 1은 HSRC-OQPSK 신호의 시간에 따른 신호 파형을 보여주고 있다. 전달되는 신호의 대역폭을 효과적으로 줄여 전송률을 높일 수 있다 [2].

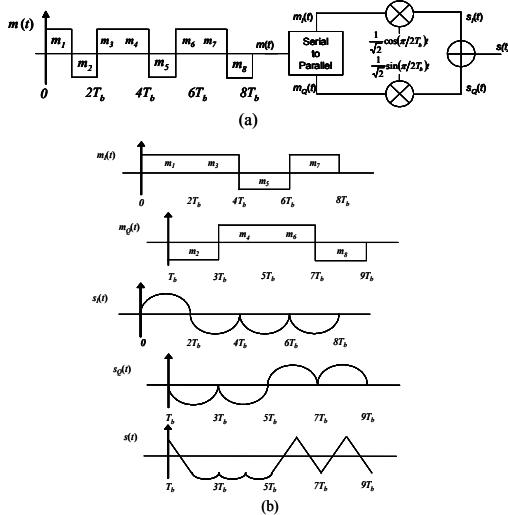


그림 1. 고속 데이터 링크를 위한 HSRC-OQPSK의 (a) 변조 방법 (b) 신호 파형

그러나, HSRC-OQPSK 신호의 경우 I/Q의 quadrature 채널로 데이터가 분리되고 분리된 데이터를 수신단에서 복원하는 과정에서 4위상 모호가 발생하게 된다 [3]. 이것은 4위상 천이 변조신호가 가지는 특징으로 그것을 기초하여 변형된 HSRC-OQPSK 변조 신호의 경우에도 4위상 천이 변조의 특징을 가지고 있기 때문에 발생된 결과이다.

4위상 모호를 해결하기 위하여 차동 코딩을 사용하는 방법과 SYNC 비트를 사용하는 방법을 생

각할 수 있다 [3]. SYNC 비트를 사용하는 경우 추가의 논리 회로를 사용해야 하기 때문에 수신기 구조가 조금 더 복잡해 질 수 있다. 본 연구에서는 차동 코딩 방법을 이용하여 제시된 [3] 두 가지 구조의 송수신기 구조를 시뮬레이션을 통하여 검증하고 그 성능을 차동 코딩이 적용되지 않은 송수신기와 비교해 본다.

그림 2, 그림 3은 차동 코딩이 적용된 HSRC-OQPSK 송수신기 구조이다. HSRC-OQPSK 송수신기 내부 구조는 논문 [3]을 참조한다. 그림 2와 같이 차동 엔코딩 회로를 송신기 입력단에 추가하고 수신단에도 마찬가지로 차동 코딩 회로를 추가로 적용하였다. 그림 3은 변형된 수신단 회로로 수신단에서 복원된 I/Q 채널의 데이터는 OQPSK 특성상 1비트씩 어긋나 있기 때문에 그림 2에 있는 2:1 MUX를 사용하지 않고 바로 XNOR에 I/Q 데이터를 바로 입력하여 차동 코딩을 하는 방식으로 수신단의 구조를 개선하였다.

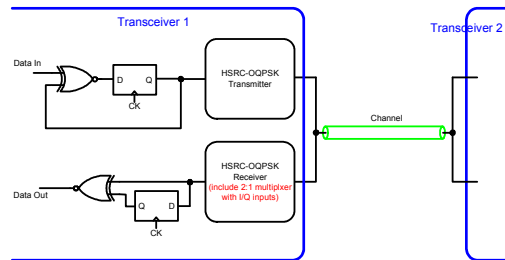


그림 2. 차동 코딩 적용 HSRC-OQPSK 송수신기 구조 (수신단 I/Q 채널 데이터 통합용 2:1 MUX 사용)

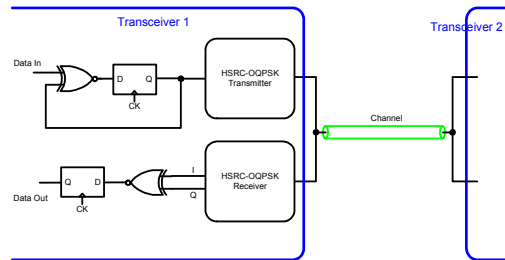


그림 3. 차동 코딩 적용 개선된 HSRC-OQPSK 송수신기 구조 (2:1 MUX 미사용)

III. 차동 코딩 시뮬레이션

앞서 언급한 바와 같이, HSRC-OQPSK 신호의 경우 I/Q quadrature 채널로 데이터가 분리되고 이렇게 분리된 데이터를 수신단에서 복원하는 과정에서 4위상 모호가 발생하게 된다. 4위상 모호 해결을 위해 송신부 입력단에 차동 코드 회로를 거쳐 HSRC-OQPSK 송수신기에 데이터를 입력한다. 차동 코딩은 상대적인 위상 차이만을 고려하여

위상을 복원하기 때문에 위상 모호를 효과적으로 해결할 수 있다 [4].

MATLAB Simulink를 이용하여 차동 코딩 송수신기 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 4는 HSRC-OQPSK 송수신단과 차동 코딩 입출력부 MATLAB Simulink 모델이다. 본 논문에서는 HSRC-OQPSK 송수신기의 자세한 구조는 생략하며 [3]을 참조한다.

그림 4는 2:1 MUX를 사용하여 I/Q로 나누어진 데이터를 1비트의 시리얼 데이터로 만들고 다시 차동 디코더를 통하여 최종 데이터를 발생시키게 된다. 반면, 그림 5는 개선된 수신기 구조로 2:1 MUX를 사용하지 않고 OQPSK 특성상 I/Q 데이터의 1비트 차이가 나기 때문에 이를 이용하여 I/Q 데이터를 직접 XNOR로 입력하여 차동 디코딩을 한다. 이 구조는 2:1 MUX와 차동 디코더를 따로 설계할 필요가 없기 때문에 수신기 복잡성을 효과적으로 개선할 수 있다.

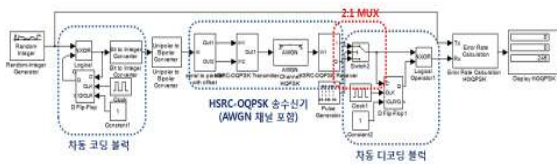


그림 4. 차동 코딩 HSRC-OQPSK 송수신기 MATLAB Simulink 모델

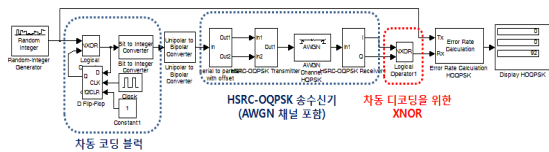


그림 5. 개선된 차동 디코딩 HSRC-OQPSK 송수신기 MATLAB Simulink 모델

차동 코딩을 적용한 송수신기와 차동 코딩을 적용하지 않은 송수신기를 시뮬레이션 결과를 통하여 검증하였다. 그림 6은 위상 모호가 발생하지 않은 경우로 차동 코딩을 적용하지 않은 송수신기 I/Q 채널 데이터이다. 2 비트의 지연시간을 가지고 수신기의 I/Q가 정확하게 일치하며 송신된 신호가 수신기에서 정확하게 복원되는 것을 확인할 수 있다. 차동 코딩을 적용한 송수신기의 경우 올바르게 데이터 송수신이 됨을 확인할 수 있었다.

그림 7은 90° 위상 모호가 발생한 경우로 차동 코딩이 적용되지 않은 송수신기의 Q 채널의 데이터가 반전된 경우이다. Q채널의 데이터가 반전이 되어 있기 때문에 신호의 에너지가 충분한 경우라도 전체 데이터의 BER이 0.5를 넘지 못하게 된다. 시뮬레이션에서는 수신단의 Q 채널 반송파 신호의 위상을 조정하여 위상 모호를 발생시키는 방법으로 시뮬레이션을 수행하였다.

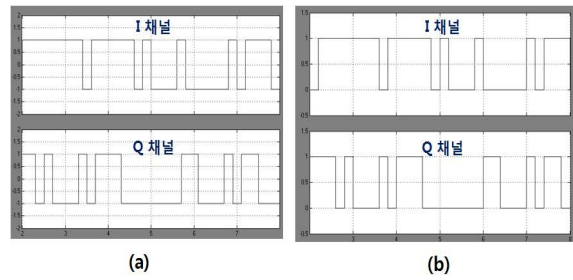


그림 6. HSRC-OQPSK 신호의 위상 모호가 없을 때 일반 (a)송신기 I/Q 채널 데이터 (b) 수신기 I/Q 채널 데이터

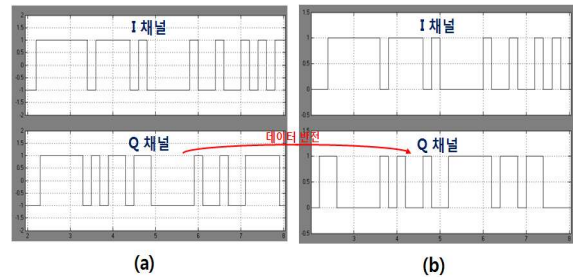


그림 7. HSRC-OQPSK 신호의 90° 위상 모호가 발생했을 때 (a)송신기 I/Q 채널 데이터 (b) 수신기 I/Q 채널 데이터

그림 8은 차동 코딩을 적용한 송수신기에서 90° 위상 모호가 발생한 경우 송신된 데이터와 수신된 데이터를 비교하였다. 차동 코딩의 적용으로 I/Q 데이터를 바로 비교하지 못하고 차동 디코딩한 최종 데이터 출력과 송신된 입력 데이터를 비교하였다. 그 결과 90° 위상 모호가 발생하더라도 차동 코딩이 적용된 송수신기는 정확한 데이터 복원이 이루어 지는 것을 볼 수 있다.

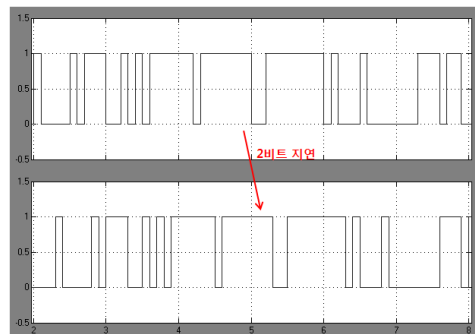


그림 8. 90° 위상 모호 발생 시 차동 코딩 HSRC-OQPSK 송수신기의 입출력 데이터

그림 9는 -90° 위상 모호가 발생한 경우 차동 코딩을 적용한 송수신기의 입출력 데이터이다. 차동 코딩이 적용되지 않은 송수신기의 경우 I/Q 채널 중 1개 채널 데이터가 반전되는 반면 차동 코딩을 적용한 수신기의 경우 송신된 데이터 전체가 출력에서 반전이 되었다. 즉, 180° 위상 반

전이 생겼음을 알 수 있다. 이 경우 차동 코딩을 사용하더라도 180° 위상 반전은 해결할 수 없음을 보이고 있다. 이것은 차동 코딩 송수신기의 한계로 4위상 모호 전부를 해결하지 못하고 2위상 모호로 개선시킴을 알 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 전 비트 구간에서 에러 발생시 데이터를 반전시키는 추가적인 처리가 추가적인 처리가 필요하나 본 연구에서는 다루지 않는다. 또한 차동코딩을 적용하지 않는 SYNC 신호를 이용한 송수신기 구조도 생각해 볼 수 있다 [3].

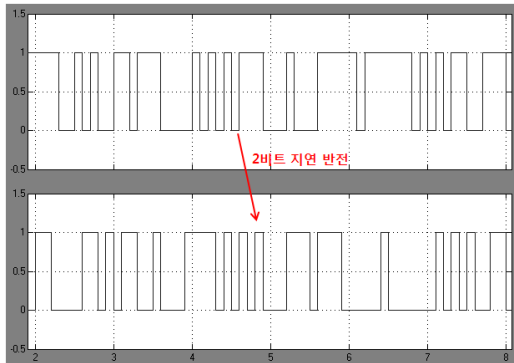


그림 9. -90° 위상 모호 발생 시 차동 코딩 HSRC-OQPSK 송수신기의 입출력 데이터

IV. BER 성능 평가

차동 코딩을 적용하게 되면 3dB 만큼의 BER 성능에서 저하가 일어나게 되는데 이것은 이전 데이터와의 상대적인 위상만을 가지고 평가하는 특성 때문에 에러 발생 시 다음 신호 평가에도 영향을 주기 때문이다 [4]. 본 장에서는 차동 코딩을 적용한 송수신기와 일반 송수신기의 BER 특성을 비교 평가하였고 그 결과 그림 10과 같이 차동 코딩 적용된 수신기의 BER 성능이 일반 수신기에 비해 약 3dB 저하된 특성을 시뮬레이션 결과로 확인할 수 있었다.

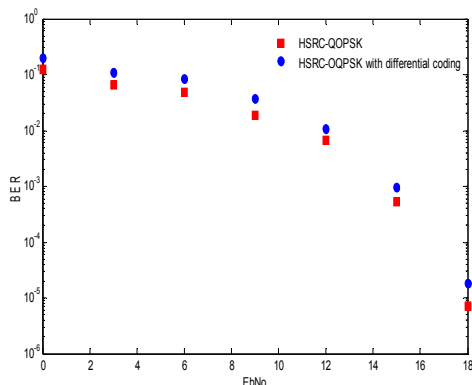


그림 10 HSRC-OQPSK와 차동 코딩 적용된 HSRC-OQPSK 수신기의 BER 성능 비교

V. 결 론

HSRC-OQPSK 송수신기의 4위상 모호 해결을 위해 차동 코딩을 적용한 송수신기 구조와 2:1 MUX를 제거한 개선된 수신기 구조를 제시하고 MATLAB Simulink를 이용하여 모델링 하여 시뮬레이션을 통하여 기능을 검증하였다. 시뮬레이션 결과 차동 코딩 송수신기가 4위상 모호를 효과적으로 해결하였으나 2위상 모호에 대해서는 추가적인 처리가 필요함을 보였다. BER 성능은 일반 수신기에 비하여 3dB 저하된 특성을 가지며 그 결과를 시뮬레이션으로 검증하였다. 또한, 4위상 모호를 해결하면서도 BER을 저하시키지 않는 SYNC 신호를 이용하는 수신기 구조의 설계가 필요하며 [3], 이는 HSRC-OQPSK 신호의 4위상 모호 해결의 효과적인 방법이 될 것이다.

참고문헌

- [1] H. Yeo, Y. Lee, J. Chen, and J. Lin "Half-Symbol-Rate-Carrier Offset QPSK Transmitter for Bandwidth-Efficient High-Speed Data Communications," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 17, no. 6, pp. 466-468, June 2007.
- [2] H. Yeo, J. Chen, Y. Lee, and J. Lin, "Half-symbol-rate-carrier PSK modulation for bandwidth-efficient high-speed data communications," *International Journal of Electronics and Communications*, Online, June 2008
- [3] H. Yeo, *Design of Multi-Gigabit Serial Link Transceiver using Bandwidth-Efficient Half-Symbol-Rate-Carrier Offset Quadrature Phase Shift Keying Modulation*. Ph.D. dissertation, University of Florida, 2007
- [4] J.G. Proakis, *Digital Communications*, New York:McGraw-Hill, 1995.