

Pulse Shaping

2016707079 하상천

과제

1) 기존 시뮬레이터에 추가했던 pulse shaping 부분을 Square root raised cosine filter를 사용하여 pulse shaping 하는 부분으로 대체하고 수신단에 Matched filter를 사용하는 부분을 추가하시오.

2) 수신단에서 최적의 sampling point를 어디에 잡는 것이 좋을지 고민해 보시오.

기존 시뮬레이터에서 사용했던 삼각파 대신 square-root-raised cosine filter를 사용하는 pulse shaping으로 바꾸어주었다. roll-off factor와 symbol period, over sampling ratio 값을 하이퍼파라미터로 받고, square-root-raised cosine filter를 만들어주었다.

또한 sampling point도 하이퍼파라미터로 받아, 수신단에서 matched filter를 사용하고 입력된 sampling point에서 값을 뽑아내었다. 앞 뒤쪽 delay부분을 자를 때 인덱스 접근이 조금 달라서 sampling point가 1일 때랑 그렇지 않을 때로 나누어서 접근하였고 또한 symbol period 값에 따라서도 달라져서 그 부분도 고려하여 코딩하였다. sampling point에서 뽑아낸 값이 0.5보다 작을 때는 0으로, 0.5이상 1.5미만이면 1로, 1.5이상 2.5미만이면 2로, 2.5이상은 3으로 symbol 값을 mapping 하였다. 처음에는 round 함수를 사용해서 반올림 하려고 하였는데, 노이즈가 없을 때는 BER과 BLER가 0으로 잘 나왔지만 노이즈를 더하니 sampling point에서 뽑아낸 값이 6도 나오고 -1도 나오는 것을 보고 위의 방법으로 바꾸게 되었다.

송신부에서 symbol값 0 1 2 3을 0 5 10 15로 mapping 해주고 똑같이 진행해보았는데, decision boundary가 넓어지니까 확실히 BER과 BLER가 0에 가

까운 값으로 나오는 것을 확인해볼 수 있었다.

최적의 sampling point가 아닐 때는 신기하게 노이즈를 추가하지 않았는데도 BER과 BLER가 0이 아닌 값이 나왔다. 아날로그와 다르게 디지털은 ISI까지 신경써줘야 된다는 것을 다시한번 느끼게 되었다.

※아래의 결과 사진을 첨부하였습니다.

수신단에서 최적의 sampling point로 하여 진행하고,

$rx_pulse_out = tx_pulse_out + randn(1, length(tx_pulse_out))$ 를 통해서 noise를 더해주고 실행한 결과 사진이다.

<div>명령 창</div> <pre> What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 4 (6,3) Linear Block Code BER은 0.3120 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.4940 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.3313 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.5570 입니다. >> </pre>	<div>명령 창</div> <pre> What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 16 (6,3) Linear Block Code BER은 0.3090 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.4940 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.3003 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.5170 입니다. >> </pre>
over sampling value를 4로 한 결과	symbol period value를 3으로 한 결과
<div>명령 창</div> <pre> What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 8 (6,3) Linear Block Code BER은 0.3237 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.5210 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.2960 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.5210 입니다. >> </pre>	<div>명령 창</div> <pre> What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 8 What is the oversampling ratio value? 16 (6,3) Linear Block Code BER은 0.3083 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.4920 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.3173 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.5370 입니다. >> </pre>
over sampling value를 8로 한 결과	symbol period value를 8로 한 결과

<div>명령 창</div> <pre> What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 16 (6,3) Linear Block Code BER은 0.3090 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.4940 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.3003 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.5170 입니다. >> </pre>	<div>명령 창</div> <pre> What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 16 What is the oversampling ratio value? 16 (6,3) Linear Block Code BER은 0.2990 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.4990 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.3073 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.5360 입니다. >> </pre>
over sampling value를 16로 한 결과	symbol period value를 16으로 한 결과

<div>명령 창</div> <pre> What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 16 (6,3) Linear Block Code BER은 0.3090 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.4940 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.3003 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.5170 입니다. >> </pre>
roll-off factor value를 0.22로 한 결과
<div>명령 창</div> <pre> What is the roll-off factor value? 0.5 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 16 (6,3) Linear Block Code BER은 0.3213 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.5130 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.3103 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.5350 입니다. >> </pre>
roll-off factor value를 0.5로 한 결과

명령 창
What is the roll-off factor value? 1 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 16 (6,3) Linear Block Code BER은 0.3077 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.4990 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.3267 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.5420 입니다. >>
roll-off factor value를 1로 한 결과

rx_pulse_out = tx_pulse_out + 0.1 * randn(1,length(tx_pulse_out))를 통해서 20dB 낮은 noise를 더해주고 실행한 결과 사진이다.

<div>명령 창</div> <div>What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 4 What is the sampling point value? 1 (6,3) Linear Block Code BER은 0.0000 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.0000 입니다. >> </div>	<div>명령 창</div> <div>What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 16 What is the sampling point value? 1 (6,3) Linear Block Code BER은 0.0000 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.0003 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.0010 입니다. >> </div>
over sampling value를 4로 한 결과	symbol period value를 3으로 한 결과
<div>명령 창</div> <div>What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 8 What is the sampling point value? 1 (6,3) Linear Block Code BER은 0.0000 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.0000 입니다. >> </div>	<div>명령 창</div> <div>What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 8 What is the oversampling ratio value? 16 What is the sampling point value? 1 (6,3) Linear Block Code BER은 0.0000 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.0000 입니다. >> </div>
over sampling value를 8로 한 결과	symbol period value를 8로 한 결과

<div data-bbox="252 280 783 309" data-label="Section-Header"> 명령 창 </div> <div data-bbox="252 311 783 591" data-label="Text"> <pre> What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 16 What is the sampling point value? 1 (6,3) Linear Block Code BER은 0.0000 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.0003 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.0010 입니다. >> </pre> </div>	<div data-bbox="817 280 1348 309" data-label="Section-Header"> 명령 창 </div> <div data-bbox="817 311 1348 591" data-label="Text"> <pre> What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 16 What is the oversampling ratio value? 16 What is the sampling point value? 1 (6,3) Linear Block Code BER은 0.0000 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.0000 입니다. >> </pre> </div>
<div data-bbox="277 633 751 663" data-label="Text"> <p>over sampling value를 16로 한 결과</p> </div>	<div data-bbox="826 633 1326 663" data-label="Text"> <p>symbol period value를 16으로 한 결과</p> </div>

<div data-bbox="252 945 1000 974" data-label="Section-Header"> 명령 창 </div> <div data-bbox="252 976 1000 1373" data-label="Text"> <pre> What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 16 What is the sampling point value? 1 (6,3) Linear Block Code BER은 0.0000 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.0000 입니다. >> </pre> </div>	<div data-bbox="376 1406 876 1435" data-label="Text"> <p>roll-off factor value를 0.22로 한 결과</p> </div>
<div data-bbox="252 1456 1000 1485" data-label="Section-Header"> 명령 창 </div> <div data-bbox="252 1487 1000 1906" data-label="Text"> <pre> What is the roll-off factor value? 0.5 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 16 What is the sampling point value? 1 (6,3) Linear Block Code BER은 0.0000 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.0000 입니다. >> </pre> </div>	<div data-bbox="381 1933 871 1962" data-label="Text"> <p>roll-off factor value를 0.5로 한 결과</p> </div>

명령 창
What is the roll-off factor value? 1 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 16 What is the sampling point value? 1 (6,3) Linear Block Code BER은 0.0000 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.0000 입니다. >>
roll-off factor value를 1로 한 결과

noise를 더하지 않고 송수신한 결과 사진이다.

sampling point를 1로 하였을 때는 BER과 BLER가 모두 0이 나오지만, 나머지의 경우에는 ISI 때문에 그렇지 않은 것을 확인할 수 있다.

명령 창
What is the roll-off factor value? 0.22 What is the symbol_period value? 3 What is the oversampling ratio value? 16 What is the sampling point value? 1 (6,3) Linear Block Code BER은 0.0000 입니다. (6,3) Linear Block Code BLER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BER은 0.0000 입니다. (7,3) Cyclic Code BLER은 0.0000 입니다. >>
sampling point를 1로 한 결과

명령 창

```
What is the roll-off factor value? 0.22
What is the symbol_period value? 3
What is the oversampling ratio value? 16
What is the sampling point value? 4
(6,3) Linear Block Code BER은 0.5510 입니다.
(6,3) Linear Block Code BLER은 0.9090 입니다.
(7,3) Cyclic Code BER은 0.5007 입니다.
(7,3) Cyclic Code BLER은 0.8640 입니다.
>> |
```

sampling point를 4로 한 결과

명령 창

```
What is the roll-off factor value? 0.22
What is the symbol_period value? 3
What is the oversampling ratio value? 16
What is the sampling point value? 8
(6,3) Linear Block Code BER은 0.4733 입니다.
(6,3) Linear Block Code BLER은 0.7700 입니다.
(7,3) Cyclic Code BER은 0.3747 입니다.
(7,3) Cyclic Code BLER은 0.6810 입니다.
>> |
```

sampling point를 8로 한 결과