Network protocol 중간고사 대체 과제

2016026080 한다진

1. 전송 시 장애를 일으키는 3가지 대표적인 유형에 대해서 개념을 정리하여 요약하시오.

* 전송 시 장애를 일으키는 3가지 대표적인 유형은 Attenuation, Distortion, Noise이다.
* Attenuation은 신호의 감쇠를 의미한다. 주로 장거리의 신호 전송이 이루어질 때, 신호가 전송된 지 오래되어서 신호의 세기, 즉 진폭이 약해지는 것을 의미한다. 이를 방지하기 위한 수단으로 amplifier를 사용하기도 한다.
* Distortion은 신호의 왜곡을 의미한다. 아날로그 신호로 데이터를 보낼 때 보통 여러 주파수의 신호를 섞어서 보낸다. 이때, 주파수에 따른 신호의 지연차이가 전체 아날로그 신호의 위상차이를 발생하는 경우가 생긴다. 위상차이가 변한다는 것은 신호의 그래프 개형이 바뀌는 것으로, 즉 수신기에서 잘못된 정보를 읽게 된다..
* Noise는 신호가 전파되는 transmission medium에서 원본 아날로그 신호에 잡음이 섞이는 것을 의미한다. Signal to noise rate를 통해 잡음이 얼마나 섞였는지를 나타낼 수 있다. 이 값이 클수록 변형이 적은것이다.

1. 통신 채널의 용량을 규정하는 2가지 공식에 대해서 수식을 통해 설명하시오.

* 통신 채널의 용량을 규정하는 2가지 공식은 Shannon 공식과, Nyquist공식이 있다.
* Shannon 공식의 수식은 “C = B \* log2(1+SNR)”이다.

C는 Capacity로 최대 bps를, B는 Bandwidth를, SNR은 Signal to Noise Rate (average signal power / average Noise power)를 의미한다.

Shannon 공식은 Bandwidth와 SNR에 따른, 최대 bit rate 값을 도출해내는 식이다. 식을 다르게 정리하는 경우 다른 방식으로도 활용할 수 있다.

* Nyquist 공식의 수식은 “N = 2 \* B \* log2(L)” 이다.

N은 bit rate로 C보다 작거나 같은 값을 이용한다. B는 Bandwidth, L은 사용하는 level의 수를 의미한다.

Nyquist 공식의 우변의 맨 앞에 있는 상수 2는 bit rate를 잘 검출하기 위해서 설정한 상수다. Nyquist 이론에 의거하면 bit rate가 대역폭의 2배 이상이 되어야 원본 신호를 정상적으로 복원할 수 있다. 디지털 신호로부터 아날로그 신호를 추정하기 위해서는 bandwidth가 bit rate의 절반보다 작아야하기 때문에 2라는 값이 사용되었고, log2(L)이 곱해진 것은 한 signal의 level을 표현하여 보내기 위해 여러 bit를 보내야 하는데, 그 bit의 수를 계산하기 위해 log2를 씌웠다..

* 전반적인 흐름은 현재 제공된 대역폭에서 사용할 수 있는 신호의 최대 level수를 구하는 것이다. 주어진 bandwidth와 SNR값을 이용해서 C를 구하고, 이 C값을 maximum bit rate로 설정해서 nyquist공식에서의 L값을 구한다. 물론 주어진 값이 무엇인지에 따라 다른 방향으로 사용되기도 한다.

1. 디지털 전송에서 대표적인 Polar 라인 코딩의 경우 NRZ, RZ, Biphase 방식에 대해 3가지 평가 기준으로 비교하시오.

* Poloar 방식의 line coding은 양과 음 두 가지 전압 준위를 사용하는 방식이다. 양과 음을 통해 평균 전압의 준위를 낮출 수 있다는 장점이 있고, 평균전압이 Unipolar 방식에 비해 0에 가까워지기 때문에 Unipolar방식보다는 DC Component가 줄어든다는 장점이 있다.
* 디지털 전송의 라인 코딩을 평가하는 세 가지 기준은 Bandwidth, DC, self-synchronization이다.   
  Bandwidth는 대역폭으로, 대역폭은 적게 사용할 수록 좋다.  
  DC component는 전류가 전반적으로 직류의 성질을 갖고 있는지를 의미한다. 주파수가 낮은 성분은 통과 못하는 시스템이 존재하기 때문에 직류가 아닌 것이 좋다.  
  self-synchronization은 신호의 clock신호를 함께 추출할 수 있는지를 의미한다. 이 능력을 가지고 있는 코딩을 더 좋은 코딩으로 평가한다.
* NRZ 방식은 NRZ-L, NRZ-I 두가지가 있다. NRZ-L는 전압의 레벨값으로 신호를 사용하는 것이고 NRZ-I는 전압 준위가 바뀌는 것으로 신호를 사용하는 것이다. 1과 0 두 가지 신호의 비중에 따라 DC component가 발생할 수 있다. Self-synchronizing은 나쁘며, block coding을 통해 해결은 가능하다. 전압의 전이가 별로 발생하지 않기 때문에 bandwidth가 좋다(작다).
* RZ 방식은 return to zero의 줄임말로, 한 비트에서 두가지 신호로 데이터를 표현하는 방식이라고 설명할 수 있다. 한 비트 동안, NRZ-L처럼 표현할 데이터를 표현하고, 다시 0으로 돌아가는 신호다. 0값을 지니는 신호의 수가 늘어나기 때문에 DC component가 NRZ 방식에 비해 줄어든다는 장점이 있지만, 여전히 존재한다. 접압이 0으로 계속 유지되는 것을 이용하여 self-synchronization이 가능하다는 장점이 있다. 대신 0으로 자주 바뀌는 전압의 전이로 인해 bandwidth가 NRZ보다 나쁘다.
* Biphase 방식은 비트의 중앙에 신호 전이를 발생시켜서 self-synchronization이 가능하도록 신호구조를 만든 것이다. 0과 1 두 가지 비트에 따라 신호가 결정되는 manchaster 방식과, 0과 1 두 가지 비트에 따라 시작 전이의 발생 유무를 통해 신호를 결정하는 differential manchester 방식으로 나뉜다. 두 방식 모두 한 시그널 동안 +v와 -v의 전위를 한번씩 갖는 구조기 때문에 DC component가 없고, bandwidth는 NRZ 방식의 두배가 된다. 비트의 값에 상관없이 꾸준히 전위가 발생하는 시점이 존재하기 때문에 self-synchronization에 좋다.
* 비교  
  방식 Bandwidth DC components self-synchronization  
  NRZ 좋음(N/2) 있음 나쁨  
  RZ 나쁨(N. NRZ보다 큼) 있지만 NRZ보다 좋음 좋음  
  Biphase 나쁨(N. NRZ보다 두배 큼) 없음 좋음

1. 아날로그->디지털 변환에서 대표적인 PCM 변조 방식에 대해 3단계 동작 절차를 설명하시오.

* PCM 변조 방식은 Sampling, Quantizing, Encoding의 3단계 과정으로 이루어진다.
* Sampling은 아날로그 신호로부터 데이터를 주기적으로 받아오는 과정이다. 아날로그 신호의 amplitude 값을 측정하여 가져온다. 세부적인 방식으로는 ideal, natural, flat-top 방식 등이 있다. 가장 이상적인 방법은 주기적인 시점의 데이터 값을 측정하는 것이다. 하지만 이 ideal한 방식은 현실적으로 어려운 때문에, 아날로그 데이터의 파형을 따라가는 natural 방식과 처음측정값을 유지하며 측정 시간동안 레벨을 유지하는 flat-top방식이 있다. 샘플링은 nyquist이론에 의거하여 신호의 최고 주파수의 2배 이상으로 샘플링을 한다. 하지만 bandpass signal처럼 bandwidth의 범위를 확정지을 수 없는 경우 sampling주기(혹은 sampling rate)를 구할 수 없다.
* Quantizing은 sampling을 거쳐서 받아온 데이터를 표현 가능한 레벨로 바꾸는 과정이다. 우선 받아온 데이터를 normalized 하고, 표현 가능한 레벨에 해당하는 값 중 가장 근사한 값으로 바꾼다. 그 후 변환된 값을, 해당하는 레벨값으로 바꾼다.
* Encoding은 quantizing을 거쳐서 받아온 레벨값을 이진수로 바꾸는 과정이다. 이 과정을 거친 후, 아날로그 신호는 비트 형태의 디지털 신호로 변환된다.

1. 디지털->아날로그 변환에서 3가지 기본적인 변조 방식(Shift Keying)에 대해 개념을 설명하고, 특히 바이너리의 경우 대역폭을 비교하시오.

* 디지털->아날로그 변환의 가장 대표적인 3가지 변조 방식은 ASK, FSK, PSK이다.
* r은 신호 중 비트의 비율이고, S는 신호전달속도 N은 비트전달속도, B는 대역폭 d는 상수값이다. 2df는 두 진동수간의 차이값이다.
* ASK는 Amplitude Shift Keying으로, 진폭값을 조정하여 디지털 신호를 아날로그 신호로 바꾸는 방식이다. 진폭값을 조정하는 방식이기 때문에, Attenuation에 매우 취약하다.   
  r=1, S=N, B=(1+d)S
* FSK는 Frequency Shift Keying으로, 진동수의 변화를 일으켜서 디지털 신호를 아날로그 신호로 바꾸는 방식이다. 진동수를 바꾸는 방식이기 때문에 전송로 상에서의 정보손실로부터 비교적 안전하다. 송수신기가 움직이면서 생기는 도플러 효과를 제외한다면 매우 안전한 형태의 변조 방식이다.

주파수 변동이 일어나는 시점에 순간적으로 대역폭이 넓어지는 단점이 있다.

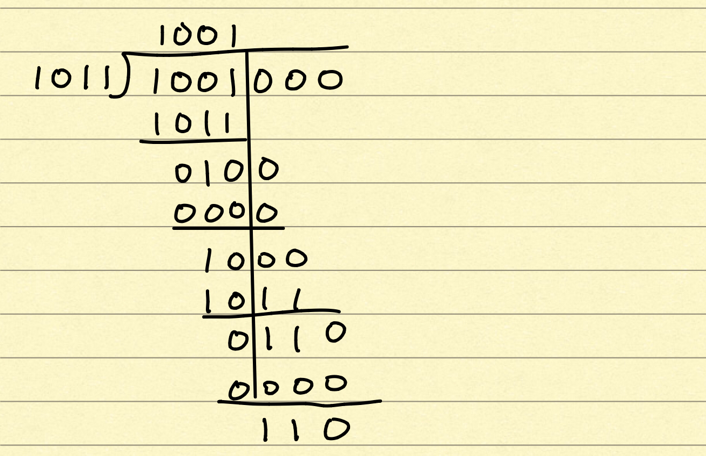
r=1, S=N, B=(1+d)S+2df

* PSK는 Phase Shift Keying으로 line-coding에서의 biphase 방식과 매우 유사하게 동작하는 변조 방식이다. 현재 보낼 신호가 바로 이전에 보낸 신호와 같은지, 다른지에 따라 그래프의 위상을 바꾸어 보내는 방식이다. 일정한 진폭이 유지되기 때문에, 전송로 상에서의 레벨변동 및 에러에 매우 강하다.   
  r=1, S=N, B=(1+d)S

1. Hamming distance를 정의하고, 에러검출 및 에러정정 능력을 수식으로 비교하시오.

* 기본적으로 coding이 이루어지면 워본 Dataword로부터 dataword+remainder 형태의 codeword가 생성된다. Hamming distance란 coding에 의해 생성된 codeword간의 유사도를 확인하기 위한 지표로 사용된 용어로, 두 codeword를 xor연산을 거쳐서 나온 결과의 1의 개수로 그 값을 표현한다. 즉 두 codeword에서 서로다른 값을 갖고 있는 자릿수의 개수다.
* 모든 codeword의 조합에 대해서 hamming distnace를 구하고 그 중 최솟값을 minimum hammming distance라 하는데, 이 값으로 해당 coding을 평가할 수 있다.
* 에러검출 능력(=s) 및 에러정정 능력(=t)은 아래의 식으로 구해진다.
* Minimum hamming distance = s+1 = 2t+1
* s와 t값 모두 클수록 능력이 좋은 것으로 평가한다. s개 이하의 비트에 에러가 생긴 경우 에러검출이 가능한 것이고, t개 이하의 비트에 에러가 생긴 경우 정정이 가능하다는 것을 의미한다.

1. CRC 코드의 생성 및 에러검출 방식을 설명하고, 또한 Generator g(x) 함수의 필요한 특성을 나열하시오.

* 기본적으로 dataword와 CRC 코드를 통해 생성되는 codeword는 두가지 규칙이 있다.  
  1. codeword = dataword + remainder 형식이다.  
  2. len(dataword) – 1 == len(remainder)
* dataword로부터 remainder를 구하는 과정은 나눗셈과 유사하다. xor 연산으로 진행되는 나눗셈 연산을 통해 dataword로 부터 그에 해당하는 remainder를 계산해낼 수 있다. 이때 dataword를 나누는 값이 Generator g(x)의 핵심적인 부분으로 코드의 성능에 가장 큰 영향을 끼친다.  
    
  예를 들어 dataword가 1001이고, 나누는 값이 1011인경우 위의 연산을 통해 110이라는 remainder가 생성된다. 그리고 codeword를 “1001”+”110” 해서 “1001110”으로 한다. 연산 과정에서 첫번째 값이 1인 경우, 나누는 값(=“1011”)과 xor연산을 시키고, 첫번째 값이 0인경우, “0000”과 xor연산을 한다.
* CRC 코드의 생성방식은 generator g(x) 함수를 이용해 dataword로부터 remainder를 구해내고, 이를 이어붙여 codeword를 생성하는 것이다.
* CRC 코드의 에러검출 방식은 generator g(x) 함수를 이용해 주어진 codeword의 dataword로부터 이에 해당하는 remainder를 구하고 이것을 주어진 codeword의 remainder부분과 비교하는 것이다. 만약 값이 같으면 오류없음으로 표현하고, 값이 다른 경우, 테이블을 보고 확인하여 해당하는 동작을 수행한다. 에러 정정이 가능한 경우 정정하고, 데이터가 틀렸다는것만 아는 경우에는 데이터를 새로 다시 보내주기를 요청한다.
* CRC 코드를 생성하는 generator g(x)에서 dataword를 나누는 값에는 네가지 조건이 있다.  
  1. 두 개 이상의 항을 가져야 한다.  
  2. 상수항이 있어야 한다.  
  3. X^t+1 형태면 안된다  
  4. (x+1)을 factor로 가져야 한다.

1. 연속적인 재전송 방식인 GBN(Go-Back-N) & SR(Selective Repeat) ARQ 프로토콜에 대해서 동작 원리를 설명하고, 또한 장단점 및 윈도우 크기를 비교하시오.

* ARQ 프로토콜은 Automatic Repeat reQuest의 약자로, data transmission의 문제가 생겼을 경우 자동으로 다시 전송하는 프로토콜을 의미한다. ARQ 프로토콜은 data가 전송되는 channel이 noisy한지에 따라 두 가지 범주로 나뉘고, noisy channel에 해당하는 ARQ프로토콜로 stop-and-wait, Go-Back-N, Selective Repeat 세 가지 방식이 있다.
* ARQ 프로토콜의 성능을 평가하는 기준은 bandwidth-delay product다. Bandwidth는 데이터 전송 대역폭이고, delay는 sender로부터 데이터가 receiver로 전송되고, 다시 receiver로부터 ack값이 sender로 전송되는 시간이다. 이 둘의 곱으로 프로토콜의 성능을 판단할 수 있다. GBN 방식과 SR방식의 ARQ프로토콜이 나온 이유는 stop-and-wait 방식보다 bandwidth-delay product를 높이기 위해서다. Sender에서 수신확인 신호나 timeout이 발생하기 전까지 데이터를 다시 보낼 수 없기 때문에 속도가 느려지는 문제를 해결하기 위해서 sliding-window 방식의 아이디어를 사용했다.
* 공통으로 사용되는 변수
  + s\_size

window size로 그 값은 GBN의 경우 2^m – 1, SR의 경우 2^(m-1) 이다.   
(m은 송수신 확인용으로 쓰는 비트의 개수다.)

* + s\_f

window\_sender의 첫번째 sequence number이다.   
초기값은 0이다.

* + s\_n

sender에서 다음번에 보낼 프레임의 sequence number이다. (다시 보내는 프레임은 해당되지 않는다.)   
초기값은 0이다.

* + r\_n

receiver에서 다음번에 받을 프레임의 sequence number이다.

* GBN ARQ protocol
  + Sender는 상위 계층으로부터 request가 들어올 때 마다 window\_sender의 sequence number가 s\_n인 위치에 전송요청된 frame을 저장한다. 그리고 s\_n의 값을 (s\_n+1)%s\_size로 갱신해준다. 그리고 방금 입력된 frame을 receiver에 전송한다.  
    (단 valid한 frame의 수는 s\_size보다 작거나 같다. 그렇지 않을 경우 예외처리 코드가 동작한다)
  + Receiver는 매번 전송된 frame이 손상되었는지 확인하고, 손상된 경우 아무 행동을 하지 않는다. 손상되지 않은 경우, frame의 sequence number가 r\_n과 동일한지 확인하고 다른 경우, 아무런 동작을 하지 않는다.  
    동일한 경우 수신된 프레임을 상위 레이어에 전달하고, r\_n을 (r\_n+1)%s\_size로 갱신해주고 sender에 “ACK r\_n” 신호를 보낸다.
  + Sender는 receiver로부터 “ACK r\_n” 한 가지 신호만 받을 수 있다.  
    “ACK r\_n” 신호를 받은 경우, s\_f는 r\_n으로 갱신되며 window\_sender 역시 그 시작 지점이 새로 갱신된 s\_f에 맞추도록 슬라이딩된다.   
    ACK 신호를 제한시간 내에 받지 못한 경우 timeout 이벤트가 발생하고, timeout 이벤트를 발생시킨 현재 window\_sender에 입력된 마지막 프레임까지 순차적으로 전부 다시 sender에 보낸다.
  + 장점  
    receiver의 구현복잡도가 낮다.
  + 단점  
    receiver는 프레임이 하나 손실된 경우, 손실된 프레임부터 마지막 프레임까지 전부 다시 받아야 하기 때문에 전송 효율이 나쁘다.
* SR APQ protocol
  + Sender는 상위 계층으로부터 request가 들어올 때 마다 window\_sender의 sequence number가 s\_n인 위치에 전송요청된 frame을 저장한다. 그리고 s\_n의 값을 (s\_n+1)%s\_size로 갱신해준다. 그리고 방금 입력된 frame을 receiver에 전송한다.  
    (단 valid한 frame의 수는 s\_size보다 작거나 같다. 그렇지 않을 경우 예외처리 코드가 동작한다)
  + Receiver는 매번 전송된 frame이 손상되었는지 확인하고 손상된 경우 해당 sequence number에 해당하는 NAK을 보내고 동작을 끝내거나 아무 동작을 하지 않는다. 손상되지 않은 경우, 수신된 frame의 sequence number가 window\_receiver내부에 있는 sequence number들 중 하나면서, 아직 수신이 안된 sequence number인 경우 window\_receiver의 sequence number 위치에 해당하는 프레임이 수신되었음을 표시하고 프레임을 상위 레이어에 전달한다. 그리고 window\_receiver의 앞 순서부터 현재 받은 frame의 순서까지, 누락된 frame이 있는 경우 NAK 신호를 sender에 보낸다. 만일 현재까지 받은 frame까지 누락없이 전부 수신이 된 경우 r\_n을 (r\_n+1)%s\_size로 갱신해주고 sender에 “ACK r\_n” 신호를 보낸다.
  + Sender는 receiver로부터 “ACK r\_n”나 “NAK r\_n”의 두가지 신호를 받을 수 있다.  
    “ACK r\_n” 신호를 받은 경우, s\_f는 r\_n으로 갱신되며 window\_sender 역시 그 시작 지점이 새로 갱신된 s\_f에 맞추도록 슬라이딩된다.  
    “NAK r\_n” 신호를 받은 경우, window\_sender의 r\_n의 위치하는 frame만을 다시 한번 더 sender로 보낸다.  
    송신한 frame이 제대로 수신되었다는 신호를 제한시간 내에 받지 못한 경우 timeout 이벤트가 발생하고, timeout 이벤트를 발생시킨 frame만을 다시 sender에 보낸다.
  + 장점  
    수신되지 못한 프레임만 다시 전송하는 방식이기 때문에 전송효율이 GBN보다 향상된다.
  + 단점  
    receiver의 구현 복잡도가 높아진다. Window\_receiver의 사이즈만큼 버퍼로 담아둬야하고, 입력된 순서와 저장순서를 다르게 하는 ordering 기능이 추가되어야 하기 때문이다.
* 윈도우 크기 비교
  + GBN과 SR 모두 worst case를 감안하여 window size를 설정했다.
  + Window\_sender의 사이즈와 window\_receiver의 사이즈의 합은 2^m이여야 한다. Worst case는 sender가 window\_sender의 사이즈만큼의 frame을 전부 sender에 송신했고 receiver가 송신된 모든 frame을 정상적으로 수신했지만 receiver가 sender로 보낸 모든 ACK 신호가 전송 실패된 경우다. 이 경우, r\_n은 (s\_f+s\_size)%s\_size이다. 이 worst case에서 GBN과 SR모두 r\_n이 window\_sender의 범위 내에 없어야 하고, GBN은 window\_receiver의 크기가 1이여야 하고, SR은 window\_sender와 window\_receiver의 크기가 서로 같아야 한다. 그리고 모든 sequence number는 m개의 비트로 표현이 가능해야한다. 그렇기 때문에 GBN에서 window\_sender의 크기는 2^m – 1보다 작거나 같아야 하고, SR의 window\_sender의 크기는 2^(m-1) 보다 작거나 같아야 한다. 그래서 두 방식 모두 최대값을 채택한 것이 GBN과 SR의 윈도우의 크기다.