

컴퓨터 네트워크

1단원 문제 풀이

제출일: 3월 25일 월요일

담당 교수: 이혁준

학 번: 2015722025

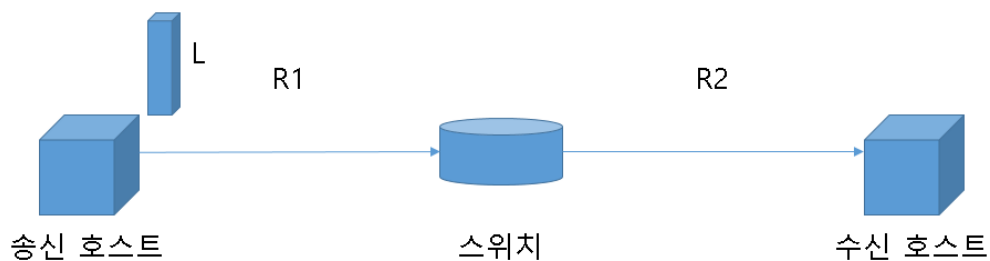
학 과: 컴퓨터정보공학부

이 름: 정용훈

R11

Suppose there is exactly one packet switch between a sending host and a receiving host. The transmission rates between the sending host and the switch and between the switch and the receiving host are R_1 and R_2 , respectively. Assuming that the switch uses store-and-forward packet switching, what is the total end-to-end delay to send a packet of length L ? (Ignore queuing, propagation delay, and processing delay.)

해당 문제를 해석하면 다음과 같은 그림으로 설명할 수 있다.



L 크기의 패킷이 있고 송신 호스트에서 스위치까지는 R_1 의 전송률 스위치부터 수신 호스트까지는 R_2 의 전송률로 패킷이 이동하게 된다. 스위치인 라우터가 **저장 후 전달 전송(store-and-forward transmission)**방식을 사용한다면 패킷이 완벽하게 스위치에 전달 되기 전까지 라우터에서 나머지 비트를 기다리기 때문에 총 지연시간은 다음을 성립한다. 송신 호스트부터 스위치까지 L/R_1 , 스위치부터 수신 호스트까지 L/R_2 .

그러므로, **종단간의 총 지연시간** = $L/R_1 + L/R_2$.

P6

This elementary problem begins to explore propagation delay and transmission delay, two central concepts in data networking. Consider two hosts, A and B, connected by a single link of rate R bps. Suppose that the two hosts are separated by m meters, and suppose the propagation speed along the link is s meters/sec. Host A is to send a packet of size L bits to Host B.

- Express the propagation delay, d_{prop} , in terms of m and s .
- Determine the transmission time of the packet, d_{trans} , in terms of L and R .
- Ignoring processing and queuing delays, obtain an expression for the end-to-end delay.
- Suppose Host A begins to transmit the packet at time $t=0$. At time $t = d_{\text{trans}}$, where is the last bit of the packet?
- Suppose d_{prop} is greater than d_{trans} . At time $t = d_{\text{trans}}$, where is the first bit of the packet?
- Suppose d_{prop} is less than d_{trans} . At time $t = d_{\text{trans}}$, where is the first bit of the packet?
- Suppose $s = 2.5 \times 10^8$, $L = 120$ bits, and $R = 56\text{kbps}$. Find the distance m so that d_{prop} equals d_{trans} .

다음 문제를 풀기 위해서는 전송 지연과 전파 지연의 개념을 이해하고 있어야 한다. 전송 지연은 라우터가 패킷을 내보내는데 필요한 시간이며, 패킷의 길이와 전송률에 관련한 함수이다. 반면 전파 지연은 비트가 한 라우터에서 다음 라우터로 전파되는데 걸리는 시간이고 두 스위치의 거리에 대한 함수이며, 패킷의 길이나 전송률과는 관계가 없다. 위 같은 개념을 이해한다면 이번 문제의 답은 다음과 같이 나올 수 있다.

- m/s**
- L/R**
- $m/s + L/R$**
- 전송이 모두 완료되는 시점이고 전파되기 전이므로 **호스트 A에 남아있다.**
- 전파 시간이 전송 시간보다 크기 때문에 전송이 다 완료된 그 순간엔 첫 비트는 **호스트 B에 도달하지 못하고 link에 남아있다.**
- 전파 시간이 전송 시간보다 작기 때문에 전송이 완료된 시점에서 전파된 첫 비트는 **호스트 B에 이미 도달한 상태다.**
- a와 b에서의 도출한 식을 정리하면 $m/s = L/R$ 로 정리할 수 있다. 다시 정리하면 $m = (L/R) \cdot s$ 이며, 값을 대입하면 $m = \frac{120}{56 \times 10^3} (2.5 \times 10^8) = 536\text{km}$

P11

Consider the scenario in Problem P10 again, but now assume the links between the hosts and Router A have different rates R_1 and R_2 byte/s in addition to different propagation delays d_1 and d_2 . Assume the packet lengths for the two hosts are of L bytes. For what values of the propagation delay will no queuing delay occur at Router A?

라우터 A에서 큐잉지연이 없기 위해서는 패킷이 동시에 도착하는 일이 없어야 하며, 전파지연, d_1 , d_2 가 조건에 따라 바뀔 수 있다. hosts에서 라우터 A까지의 전송지연은 각각 L/R_1 , L/R_2 이며, 전파지연은 d_1 , d_2 다. Router A의 전송지연을 고려하지 않는다면, **$L/R_1 + d_1 > L/R_2 + d_2$, 이거나 $L/R_2 + d_2 > L/R_1 + d_1$** 이면 라우터 A에서 큐잉지연이 발생하지 않으며, 라우터 A의 전송지연을 고려한다고 해도 각각의 식에 라우터 A의 전송지연을 더해주면 된다. (ex $L/R_1 + d_1 > L/R_2 + d_2 + \text{전송지연}$ or $L/R_2 + d_2 > L/R_1 + d_1 + \text{전송지연}$)

조건과 식을 정리하면 다음과 같다.

(R_a 는 라우터A의 전송 지연)

Router A의 전송 지연 고려(x)

$$d_1 - d_2 > L/R_2 - L/R_1 \quad \text{or} \quad d_2 - d_1 > L/R_1 - L/R_2$$

Router A의 전송 지연 고려(o)

$$d_1 - d_2 > L/R_2 - L/R_1 + L/R_a \quad \text{or} \quad d_2 - d_1 > L/R_1 - L/R_2 + L/R_a$$

P13

- a. Suppose N packets arrive simultaneously to a link at which no packets are currently being transmitted or queued. Each packet is of length L and the link has transmission rate R .

What is the average queuing delay for the N packets?

- b. Now suppose that N such packets arrive to the link every LN/R seconds.

What is the average queuing delay of a packet?

큐잉 지연이란 패킷이 전송되기 위한 작업을 받기 전까지 지연되는 시간을 의미한다. 쉬운 예로 전송 속도가 L/R 이기 때문에 1개의 패킷이 들어온다면 큐잉 지연은 0, 2개의 패킷이 들어온다면 L/R , 3개면 $2/R$ 로 평균 시간을 따지면 아래와 같은 식으로 정리할 수 있다.

- a. $(L/R + 2L/R + \dots + (N-1)L/R)/N$

$$=L/(RN)*(1 + 2 + \dots + (N-1))$$

$$=L/(RN)*N(N-1)/2$$

$$=LN(N-1)/(2RN)$$

$$= \mathbf{(N-1)L/2R}$$

- b. 링크가 비어있는 경우 N 개의 패킷은 LN/R 초마다 링크에 도착하는 경우는 위에서 도출한 평균 큐잉 지연에 해당하기 때문에 큐잉 지연은 위와 같다. $\mathbf{(N-1)L/2R}$

P25

Suppose two hosts, A and B, are separated by 20,000 kilometers and are connected by a direct link of $R = 2$ Mbps. Suppose the propagation speed over the link is 2.5×10^8 meters/sec.

- Calculate the bandwidth-delay product, $R \times d_{\text{prop}}$
- Consider sending a file of 800,000 bits from Host A to Host B. Suppose the file is sent continuously as one large message. What is the maximum number of bits that will be in the link at any given time?
- Provide an interpretation of the bandwidth-delay product
- What is the width (in meters) of a bit in the link? Is it longer than a football field?
- Derive a general expression for the width of a bit in terms of the propagation speed s , the transmission rate R , and the length of the link m .

다음 문제를 풀기 위해선 bandwidth와 전파 지연의 관계를 잘 이해하고 있어야 한다. 비트율 단위에서 bandwidth는 링크의 비트 전송 속도를 의미하며, 전파지연은 패킷이 종단 시스템에서 다른 스위치나, 시스템에 모두 도착하기 위한 시간을 의미한다.

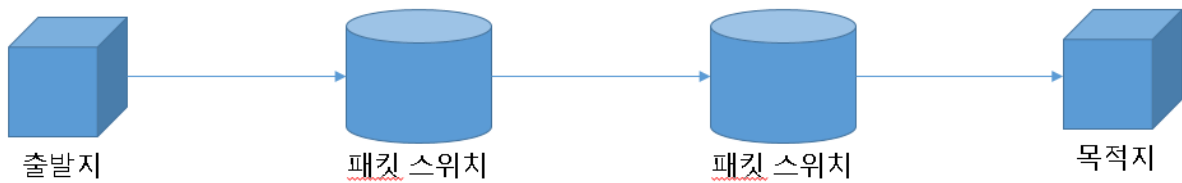
- 우선 대역폭 즉 전송속도 R 은 2Mbps로 정해져 있으며, 전파 지연 시간을 구하면 되는데 $\text{시간} = \text{거리} / \text{속도}$ 이므로 $t = \frac{20000\text{km}}{2.5 \times 10^8 \text{m/s}}$ $t = 0.08\text{s}$ 라는 결과가 나온다. 그러므로 지연시간 * 대역폭은 **160,000bits** 라는 결과가 도출된다.
- b의 문제는 복잡해 보이고 생각할게 많아 보이지만 “어느 주어진 시간에 링크에 있을 최대 비트 수”가 key point다. 대역폭과 지연 곱은 링크를 채울 수 있는 최대 비트수로 정의되기 때문에 a와 마찬가지로 **160,000bits**를 도출할 수 있다.
- 위에서 언급한 것처럼 **대역폭과 지연 곱은 링크를 채울 수 있는 최대 비트 수로 정의된다.**
- 링크에 있는 한 비트의 넓이는 링크의 총 길이를 전체 비트로 나누면 되므로 다음과 같은 식을 도출할 수 있다. $20000 \times 10^3 / 160000 = 125\text{m}$ 축구장의 정식 규격이 90~120m 이므로 **축구장보다 길다.**
- 주어진 “전파 속도= s , 전송률= R , 링크 길이= m ”을 위에서 한 비트의 넓이를 구한 것처럼 순차적으로 값을 도출하면 $\text{delay}(\text{propagation}) = m/s$, 그러므로 링크를 채울 수 있는 최대 비트 수는 Rm/s 가 된다. 링크의 총 길이 m 을 Rm/s 로 나누게 되면 한 비트의 넓이가 나오게 되므로 $m/(Rm/s)$ 는 **s/R** 로 정리할 수 있다.

P31

In modern packet-switched networks, including the Internet, the source host segments long, application-layer messages (for example, an image or a music file) into smaller packets and sends the packets into the network. The receiver then reassembles the packets back into the original message. We refer to this process as message segmentation. Figure 1.27 illustrates the end-to-end transport of a message with and without message segmentation. Consider a message that is $8 \cdot 10^6$ bits long that is to be sent from source to destination in Figure 1.27. Suppose each link in the figure is 2 Mbps. Ignore propagation, queuing, and processing delays.

- Consider sending the message from source to destination without message segmentation. How long does it take to move the message from the source host to the first packet switch? Keeping in mind that each switch uses store-and-forward packet switching, what is the total time to move the message from source host to destination host?
- Now suppose that the message is segmented into 800 packets, with each packet being 10,000 bits long. How long does it take to move the first packet from source host to the first switch? When the first packet is being sent from the first switch to the second switch, the second packet is being sent from the source host to the first switch. At what time will the second packet be fully received at the first switch?
- How long does it take to move the file from source host to destination host when message segmentation is used? Compare this result with your answer in part (a) and comment.
- In addition to reducing delay, what are reasons to use message segmentation?
- Discuss the drawbacks of message segmentation.

아래 답



문제에서 주어진 그림은 다음과 같으며, a, b의 차이로는 메시지의 분할이 있고 없고의 차이이다. 각각의 문제를 살펴보면 아래와 같은 답을 도출할 수 있다.

- 그림과 같이 링크는 3개로 구분되어 있으며, 조건에서 볼 수 있는 것처럼 전송 지연을 제외한 나머지 지연은 생각하지 않는다. 우선 출발지에서 첫째 스위치로 가는 전송 지연은 L/R 로 $\frac{8 \times 10^6}{2 \times 10^6} \text{sec} = 4 \text{sec}$ 이며, 총 시간은 4×3 으로 **12sec**로 정의할 수 있다.
- 메시지를 10,000비트의 패킷 800개로 나눈다고 했을 때, 첫 번째 패킷이 첫 번째 스위치로 운반되는 시간은 주어진 비트를 전송속도로 나누면 되므로 다음식이 도출된다. $\frac{10000}{(2 \times 10^6)} \text{sec} = 5 \text{ m sec}$, 다음으로 첫 번째 패킷이 두 번째 스위치로 이동하고 두 번째 패킷이 첫 번째 스위치로 이동하는 시점이다. 해당 문제는 간단하다. **5m sec이후 바로** 패킷들이 비트단위로 이동할 것이고 마지막 질문인 두 번째 패킷이 첫 번째 스위치에서 모두 받아지기 위해선 위 식에서 도출한 5m sec에 곱을 해주면 된다-> **2 * 5 m sec.**
- 첫 번째 패킷이 목적지에 도착하기 위한 시간은 다음과 같다 $5 \text{ m sec} \times 3 = 15 \text{ m sec}$. 그 후로 매 5 m sec마다 패킷이 계속 도착하기 때문에 800개로 분할한 메시지가 출발지에서 목적지까지 가기 위한 총 시간은 다음과 같다. $15 \text{ m sec} + 799 \times 5 \text{ m sec} = \mathbf{4.01 \text{sec.}}$
- 데이터를 전송할 경우 전송 중 오류가 생겼을 때 전체 패킷을 전부 재 전송 해야 하는 문제에 있어 단일 패킷이 아닌 분할을 하여 전송하면 재전송하는 문제에 있어 굉장히 효율적일 수 있다. 또한 분할되지 않은 거대한 패킷을 라우터가 수용할 수 있어야 하며, 용량이 큰 패킷 때문에 작은 패킷들의 큐잉 지연 시간이 늘어날 수도 있다.
- 패킷이 순차적으로 목적지가 되는 종단시스템에 도착해야 한다. 또한 거의 모든 대부분의 패킷의 헤더바이트는 패킷의 사이즈에 관련 없이 비슷한데, 패킷 분할을 하면 총 헤더 바이트의 수가 크다는 단점이 있다.