

p1

K time unit마다 N bit를 전송하는 프로그램이 있다. 즉, 일정한 속도로 데이터를 전송한다.

i) 프로그램이 상대적으로 오랜 시간 동안 동작했다고 가정했을 때 다음 질문에 답하라

bursty에 적합

conversation 동안 하나의 packet 유지

Q. 이 프로그램에는 packet switch 네트워크와

Circuit switch 네트워크 중 어느 것이 적합한가?

long-term에 적합

A. Circuit switch가 더 적합하다. 일정 속도로 꾸준히 데이터를 전송하려면 긴 세션동안 예측가능하고 bursty하지 않은 bandwidth가 필요하다. Circuit switch 네트워크는 bandwidth를 예약하여 이를 가능케 한다.

또한, 오랜 시간 사용할 수록 connection을 설정하고 삭제하는 비용이 줄어든다.

b. packet switch 네트워크를 사용하고 유일한 트래픽이 위의 어플리케이션에서 발생한다고 가정하자.

추가적으로, 어플리케이션의 data rate의 합이 각각의 link의 capacity 보다 적다고 가정하자.
이 경우 congestion control이 필요한가?

congestion은 capacity보다 data rate가 높을 때 발생

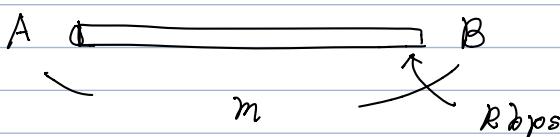
A. 최악의 경우, 모든 어플리케이션에서 동시에 해상 이상의 링크로 전송을 한다. 하지만 각각의 link는 그 data rate의 총합을 커버하는 capacity를 가지므로 congestion이 발생하지 않는다.
따라서 congestion control은 필요하지 않다.

p6. 두 개의 호스트 A, B가 R bps의 환경의 link로 연결되어 있다. A, B 사이의 거리는 m이며 propagation speed는 s/m/s이다. A에서 B로 L bit 크기의 packets을 전송한다.

이 때 다음 질문에 답하라

$\frac{m}{s}$ m/s

d_{prop}, d_{trans} 개념 이해



a. d_{prop}은 m과 s로 표현하자. A. $d_{prop} = \frac{m}{s \text{ m/s}} = \frac{m}{s} \text{ seconds}$

b. d_{trans} = ? A. $d_{trans} = \frac{L \text{ bit}}{R \text{ bit/sec}} = \frac{L}{R} \text{ sec}$

c. processing delay와 queuing delay를 무시했을 때 d_{end-to-end} = ?

A. $d_{end-to-end} = d_{prop} + d_{que} + d_{trans} + d_{proc} = (\frac{L}{R} + \frac{m}{s}) \text{ seconds}$

d. t=0에 패킷의 전송을 시작 했을 때 t = d_{trans} 일 때 패킷의 마지막 bit는 어디에 있는가?

A. 아직 A에 남아 있다.

c. $d_{prop} > d_{trans}$ 라고 가정할 때 $t = d_{trans}$ 일 순간에 패킷이 첫 번째 bit는 어디에 있는가?

A. link 안에 있으나 host A에는 아직 도달하지 않았다.

f. $d_{prop} < d_{trans}$ 라고 가정할 때 $t = d_{trans}$ 일 순간에 패킷이 첫 번째 bit는 어디에 있는가?

A. Host B에 도달했다.

$$g. S = 2 \times 10^8 \text{ m/s} \quad L = 1024 \text{ bit} \quad R = 256 \text{ Kbps} \text{ 이고 } d_{prop} = d_{trans} \text{ 일 때 } m \text{ 을 구하라}$$

$$d_{trans} = \frac{L}{R} = \frac{1024}{256 \times 10^6} = \frac{m}{2 \times 10^8} = \frac{m}{S} = d_{prop}$$

$$m = \frac{1024}{256 \times 10^6} \times 2 \times 10^8 = 8 \times 10^6 \text{ m}$$

p13 (a) N 개의 패킷이 동시에 하나의 link에 도달한다. 그 link에는 현재 어떤 패킷도 전송되지 않았고 queuing도 없다. 각 패킷의 크기는 L , link의 transmission rate를 R 이라 할 때 N 개의 패킷의 평균 queuing delay는?

답: 1st packet queuing delay = 0

$$2nd \quad " \quad = \frac{L}{R}$$

$$3rd \quad " \quad = \frac{L}{R} * 2$$

:

$$Nth \quad = \frac{L}{R} * (N-1)$$

$$\text{평균} = \frac{0 + \frac{L}{R} + \frac{L}{R} * 2 + \dots + \frac{L}{R} * (N-1)}{N}$$

$$= \frac{L}{RN} * (1+2+\dots+(N-1)) = \frac{L}{RN} * \frac{N(N-1)}{2} = \frac{N-1}{2} * \frac{L}{R}$$

(b) N개의 패킷이 $\frac{L}{R}$ seconds마다 link에 도달하는지 하자
하나의 패킷의 평균 queuing delay는?

답: N개의 패킷을 전송하려면 $\frac{L}{R}$ 이 소요된다. 따라서 새로운 패킷이 도달하고 나서 큐는 비게 된다. 그러므로 N개의 패킷 중 하나의 패킷의 queuing delay는 N개의 패킷의 그것과 같다.

$$\text{따라서 답은 } \frac{N-1}{2} \times \frac{L}{R}$$

p18.

21

4

다

```
C:\Users\wlska>tracert www.dongguk.edu
최대 30홉 이상의
www.dongguk.edu [210.94.190.35](으)로 가는 경로 추적:

  1 <1 ms <1 ms <1 ms 192.168.0.1
  2 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  3 1 ms 2 ms 1 ms 112.188.9.141
  4 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  5 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  6 9 ms 7 ms 7 ms 112.174.32.22
  7 27 ms 24 ms 23 ms 211.44.125.5
  8 3 ms 7 ms 7 ms 58.229.12.245
  9 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  10 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  11 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  12 3 ms 4 ms 4 ms 1.232.249.82
  13 5 ms 5 ms 9 ms 210.94.220.252
  14 5 ms 4 ms 6 ms srd.dongguk.edu [210.94.190.35]

추적을 완료했습니다.
```

```
C:\Users\wlska>tracert www.dongguk.edu
최대 30홉 이상의
www.dongguk.edu [210.94.190.35](으)로 가는 경로 추적:

  1 <1 ms <1 ms <1 ms 192.168.0.1
  2 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  3 1 ms 1 ms 1 ms 112.188.9.141
  4 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  5 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  6 6 ms 7 ms 7 ms 112.174.32.22
  7 8 ms 18 ms 11 ms 211.44.125.5
  8 5 ms 7 ms 7 ms 58.229.12.245
  9 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  10 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  11 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  12 8 ms 9 ms 9 ms 1.232.249.82
  13 6 ms 6 ms 5 ms 210.94.220.252
  14 10 ms 11 ms 10 ms srd.dongguk.edu [210.94.190.35]

추적을 완료했습니다.
```

```
C:\Users\wlska>tracert www.dongguk.edu
최대 30홉 이상의
www.dongguk.edu [210.94.190.35](으)로 가는 경로 추적:

  1 <1 ms <1 ms <1 ms 192.168.0.1
  2 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  3 1 ms 1 ms <1 ms 112.188.9.141
  4 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  5 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  6 2 ms 7 ms 7 ms 112.174.32.22
  7 5 ms 6 ms 3 ms 211.44.125.5
  8 10 ms 7 ms 7 ms 58.229.12.245
  9 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  10 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  11 * * * 요청 시간이 만료되었습니다.
  12 8 ms 6 ms 9 ms 1.232.249.82
  13 6 ms 6 ms 7 ms 210.94.220.252
  14 5 ms 4 ms 3 ms srd.dongguk.edu [210.94.190.35]

추적을 완료했습니다.
```

위는 대한민국 내에서의 IP에 패킷을 보냈을 경우이다.

a. 각 경우에서 round trip delay의 평균과 표준편차를 구하라

$$\text{가의 경우) } \overline{D}_{rt} = \frac{5+4+6}{3} = 5 \text{ ms}$$

$$a_{rt} = \sqrt{\frac{(5-5)^2 + (4-5)^2 + (6-5)^2}{3}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{6}}{3} \text{ ms} \approx 0.8164 \text{ ms}$$

$$\text{사의 경우) } \overline{D}_{rt} = \frac{10+11+10}{3} = 10.3 \text{ ms}$$

$$a_{rt} = \sqrt{\frac{(10-10.3)^2 + (11-10.3)^2 + (10-10.3)^2}{3}} \approx 0.4726$$

$$\text{다의 경우 } \overline{D}_{rt} = \frac{5+4+3}{3} = 4$$

$$a_{rt} = \sqrt{\frac{(5-4)^2 + (4-4)^2 + (3-4)^2}{3}} = \frac{\sqrt{6}}{\sqrt{3}} = 0.8164 \text{ ms}$$

b. 각 경우의 path상의 router 개수를 구하라. 이 router는 계속 바뀌는가?

답: 세 경우 모두 14개의 router를 거친다. 각 경우마다 delay가 다른걸보니 router가 계속 바뀐다고 추측할 수 있다.

c. traceroute 패킷 지나간 ISP 네트워크의 개수를 확인하고 delay가 가장 길 때는 연결 ISP 간의 peering interface 뭘 확인가?

```
C:\Users\wlska>tracert www.yahoo.jp

최대 30홉 이상의
edge12.g.yimg.jp [183.79.219.252] (으)로 가는 경로 추적:

 1  <1 ms    <1 ms    <1 ms  192.168.0.1
 2  3 ms      *        10 ms  175.214.104.254
 3  5 ms      1 ms     4 ms   112.188.9.141
 4  *          *        *      요청 시간이 만료되었습니다.
 5  *          *        *      요청 시간이 만료되었습니다.
 6  7 ms      6 ms     5 ms   112.174.8.94
 7  3 ms      1 ms     17 ms  112.174.83.82
 8  39 ms     35 ms    36 ms  softbank221110131161.bbtec.net [221.110.131.161]
 9  *          *        *      요청 시간이 만료되었습니다.
10  48 ms     48 ms    52 ms  101.102.204.246
11  49 ms     50 ms    49 ms  124.83.228.54
12  47 ms     47 ms    47 ms  124.83.228.222
13  *          *        *      요청 시간이 만료되었습니다.
14  *          *        *      요청 시간이 만료되었습니다.
15  37 ms     37 ms    36 ms  183.79.219.252
```

1 번째 까지는 대한민국 ISP이고
2 번째는 softbank의 Tier2 ISP로 측정된다.

이 마지막으로 delay가 길어지기 시작했다.
따라서 peering interface 간의 질레이는
2 번째부터 생겼다고 생각된다.

d. 같은 대로고 다른 대로의 경우를 비교하기 위해 으에서 사용한 www.yahoo.org를 같은 대로으로
만들하고, www.yahoo.org를 다른 대로으로 예상된다

```
C:\Users\wlska>tracert www.yahoo.org

최대 30홉 이상의
src.g03.yahoodns.net [106.10.248.150] (으)로 가는 경로 추적:

 1  <1 ms    <1 ms    <1 ms  192.168.0.1
 2  2 ms      *        1 ms   175.214.104.254
 3  2 ms      1 ms     2 ms   112.188.9.141
 4  *          *        *      요청 시간이 만료되었습니다.
 5  *          *        *      요청 시간이 만료되었습니다.
 6  2 ms      2 ms     1 ms   112.174.8.54
 7  3 ms      1 ms     1 ms   112.174.83.222
 8  140 ms    140 ms   139 ms  209-8-177-5.static.pccwglobal.net [209.8.177.5]
 9  142 ms    143 ms   142 ms  HundredGE8-4-0-3.br02.tok02.pccwbtn.net [63.218.250.169]
10  67 ms     66 ms    66 ms  63-216-242-26.static.pccwglobal.net [63.216.242.26]
11  65 ms     66 ms    65 ms  et-3-1-0.pat1.jsp.yahoo.com [202.160.176.4]
12  109 ms    107 ms   108 ms  et-10-3-0.pat1.sgx.yahoo.com [202.160.176.8]
13  109 ms    108 ms   108 ms  ae-4-msr1.sg3.yahoo.com [203.84.209.75]
14  109 ms    109 ms   109 ms  ae-2.clr2-a-gdc.sg3.yahoo.com [106.10.128.5]
15  109 ms    107 ms   108 ms  lo0.fab1-3-gdc.sg3.yahoo.com [106.10.131.217]
16  109 ms    107 ms   108 ms  usw2-1-lbb.sg3.yahoo.com [106.10.128.241]
17  108 ms    108 ms   108 ms  w2.srv.vip.sg3.yahoo.com [106.10.248.150]
```

대로간 패킷 전송의 경우 Tier2 뿐만 아니라
Tier1 ISP도 사용되었음을 볼 수 있다.
pccwglobal.net이 global ISP로 측정된다.

Q3. A에서 B로 F bit 크기의 파일을 보내려한다. A와 B 사이에는 세 개의 link와 두 개의 switch가 있다. 각 link에는 congestion이 없어 queuing delay도 없다.

A에서 파일은 S bit 크기의 segment로 분할하고, 각 segment의 헤더에 80 bit를 추가하여 패킷당 $80+S$ bit의 크기를 가진다.

각 link의 transmission rate는 R bps이다. 이 때 A에서 B로 파일을 전송할 때 소요되는 delay가 최소일 때의 S 값을 구하라. 단, propagation delay는 무시한다.

$$\text{답: link 수} = 3$$

$$\text{packet (segment) 수} = F/S$$



$$\text{각 링크에서 transmission delay} = \frac{80+S}{R}$$

$$\text{첫 번째 패킷의 delay} = \frac{80+S}{R} \times 3$$

$$\text{두 번째 이후의 delay} = (\frac{F}{S} - 1) \times \frac{80+S}{R}$$

$$T = \text{total delay} = \frac{80+S}{R} \times 3 + (\frac{F}{S} - 1) \left(\frac{80+S}{R} \right) = \frac{80+S}{R} \left(\frac{F}{S} + 2 \right)$$

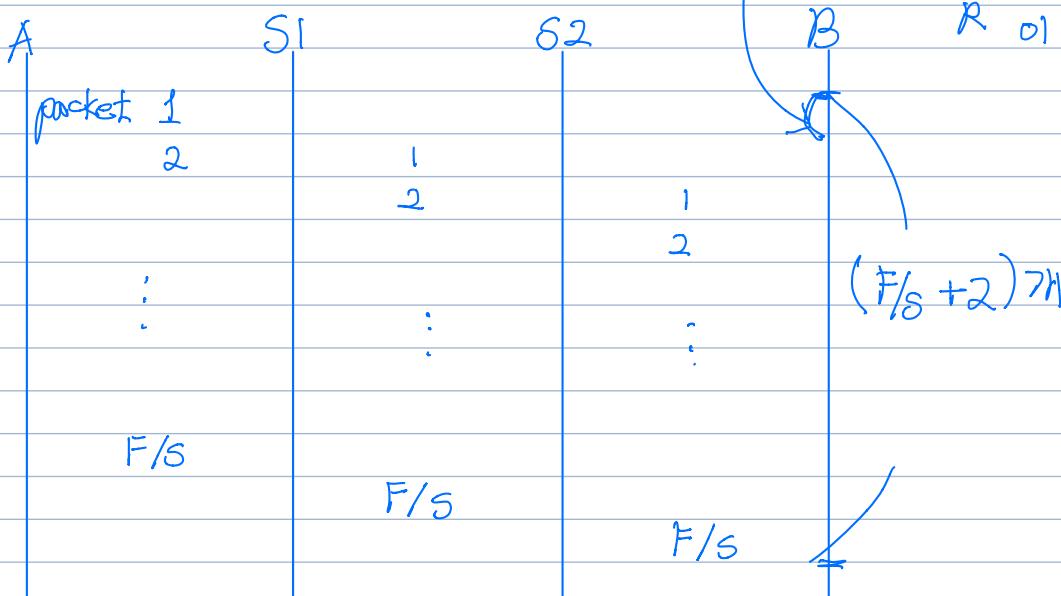
$$\frac{dT}{dS} = \frac{d}{dS} \left(\frac{80+S}{R} \right) \left(\frac{F}{S} + 2 \right) + \frac{80+S}{R} \frac{d}{dS} \left(\frac{F}{S} + 2 \right) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R} \left(\frac{F}{S} + 2 \right) + \frac{80+S}{R} \cdot \left(-\frac{F}{S^2} \right) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{SF + 2S^2 - 80F - SF}{RS^2} = 0$$

$$\Rightarrow 2S^2 - 80F = 0$$

$$S = \sqrt{40F}$$



$$\frac{S+80}{R}$$

$$\frac{S+80}{R} * \left(\frac{F}{S} + 2 \right)$$

$$(F/S + 2) \text{개}$$