

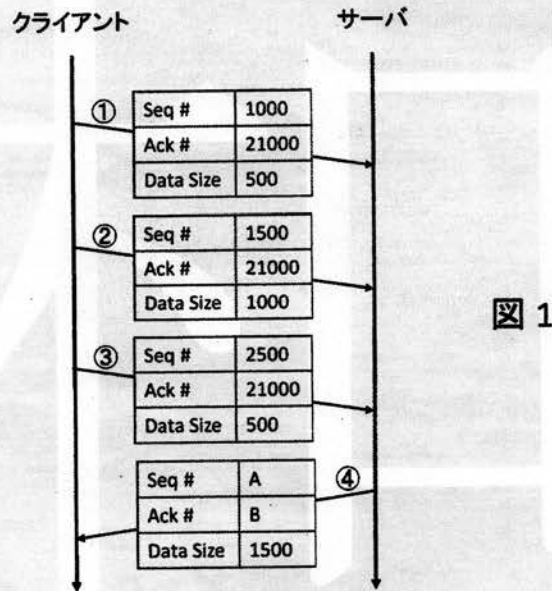
問題 B

IP (Internet Protocol) 通信を行う場合、UDP (User Datagram Protocol) と TCP (Transmission Control Protocol) が広く使われている。以下の間に答えよ。

(1) UDP と TCP のうち、IP マルチキャストに通常用いられるのはいずれか。理由と共に 3 行程度で述べよ。

(2) 図 1 はコネクション成立後の TCP による通信の様子を示している。ここで斜めの矢印はクライアントとサーバの間のセグメントの送受を示している。図中の A, B の値はいくつか。理由と共に示せ。但し、この図に示した以外に A, B の値に影響するセグメントはないものとする。図中の各表記は以下のとおりである。

- Seq #: シーケンス番号 (Sequence number)
- Ack #: 確認応答番号 (Acknowledgment number)
- Data Size : セグメントのペイロードデータサイズ (Payload data size of the segment)



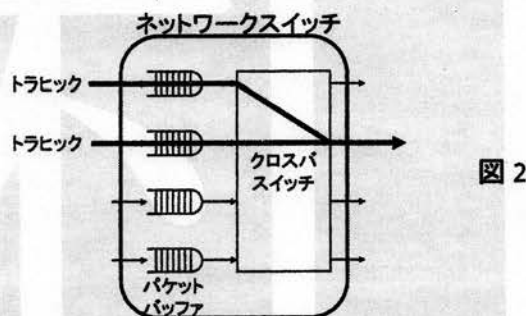
(3) 図 1 において、②のセグメントが伝送の途中で失われサーバに届かなかった場合の A, B の値はいくつか。また、このとき④のセグメントが受け渡された後、どのような振る舞いが起きるか。クライアント側が③に引き続き多数のセグメントを送信しようとしているものとして、理由と共に示せ。但し 3 回の重複 ACK の受信により高速再送が行われるものとし、SACK (Selective Acknowledgment: 選択確認応答) は用いないものとする。

(4) 図 1 において、③のセグメントが伝送の途中で失われサーバに届かなかった場合の A, B の値はいくつか。また、このとき④のセグメントが受け渡された後、クライアント、サーバ共にそれ以上送るデータがない場合に、この後どのような振る舞いが起きるか。理由と共に示せ。

(5) TCP を用いた通信において、以下の条件での最大実効通信帯域（ペイロードデータ転送帯域）を求め bps (bit per second) で答えよ。計算過程を含めて示すこと。

- MSS (Maximum Segment Size)とウィンドウサイズはいずれも 1000 Bytes で固定。
- ネットワークの往復伝送遅延時間 (RTT: Round Trip Time) は 10 ms, 帯域は 8 Mbps.
- 1つのセグメントを送るのに、実際に送る TCP ペイロードの伝送に要する時間に加えて 52 Bytes の伝送分の時間がかかる。
- ACK セグメントのペイロードデータサイズは 26 Bytes.
- セグメントの損失はないものとする。
- 送信側, 受信側でのパケット処理にかかる時間は無視でき, 送信側でのデータ供給, 受信側でのデータ消費速度は十分に速く, ACK はセグメント受領後遅延なく直ちに返される。

インターネットにおいては、トラヒックの集中等によりネットワークの輻輳が発生し、パケットが失われる可能性がある。例えば図2のようにネットワークスイッチの2つの入力が1つの出力に送られる場合、入力トラヒックの帯域の合計が出力ポートの帯域を超えると全パケットを転送することはできない。このような状態を輻輳が発生していると呼ぶ。転送できないパケットは一時的にパケットバッファに格納されるが、パケットバッファが一杯になればその後受信したパケットは失われる。



TCP では、輻輳により連続してパケットが失われるのを防ぐため、輻輳発生時に送信レートを抑さえる制御が行われる。これにはネットワークで輻輳が発生していることを検出する必要がある。この輻輳の検出には、大きく分けてパケットの損失をもって輻輳と判断するパケット損失ベース方式と、パケットの伝送遅延を観測するパケット遅延ベース方式がある。

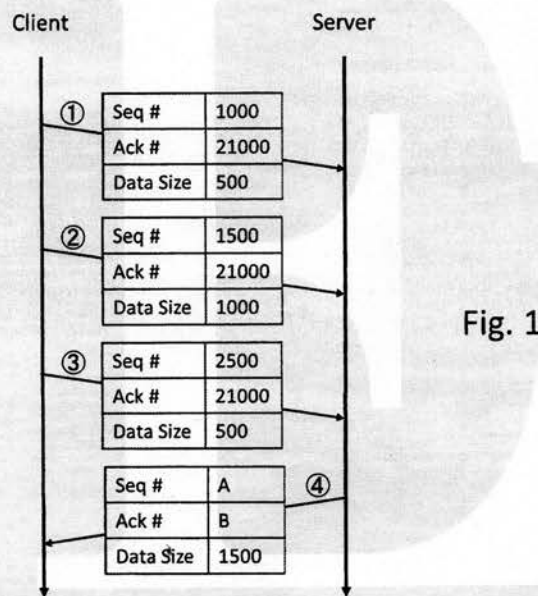
(6) パケットの伝送遅延の観測により輻輳を検出できる理由を 5 行程度で述べよ。

(7) データを送受する利用者（なるべく多くのデータを送りたい）と、ネットワーク運用者（なるべく輻輳を防ぎたい）の両者の観点から、パケット遅延ベース方式とパケット損失ベース方式の利点と欠点を、理由と共に 10 行程度で述べよ。

Problem B

In IP (Internet Protocol) communications, UDP (User Datagram Protocol) and TCP (Transmission Control Protocol) are widely used. Answer the following questions.

- (1) Which of UDP and TCP is commonly used for IP multicast? Answer with the reason in about 3 lines.
- (2) Figure 1 shows a TCP communication sequence after a connection is established. Each slanting arrow shows a delivery of a segment between the client and the server. Derive the values of A and B in the figure with the reason. There are no segments which will affect the values of A and B other than the ones shown in the figure. The notations in the figure are:
 - Seq # : Sequence number
 - Ack # : Acknowledgment number
 - Data Size : Payload data size of the segment

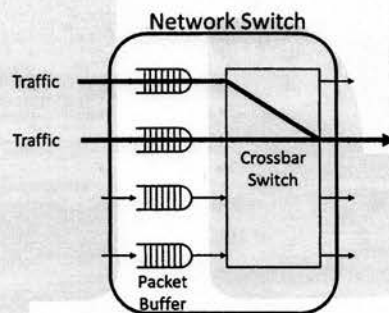


- (3) In Fig. 1, derive the values of A and B when the segment ② is lost and not delivered to the server. In this case, what will happen after the segment ④ is delivered, in the case when the client is going to send many segments immediately after ③? Explain with the reason. Assume that a fast retransmission is risen when three duplicate ACKs are received, and that SACK (Selective Acknowledgment) is not used.
- (4) In Fig. 1, derive the values of A and B when the segment ③ is lost and not delivered to the server. In this case, what will happen after the segment ④ is delivered, in the case when neither the client nor the server has any more data to be sent? Explain with the reason.

(5) For TCP communication with the following conditions, derive the effective maximum communication bandwidth (transfer bandwidth of payload data) in bps (bit per second). Show also the calculation process.

- The MSS (Maximum Segment Size) and the window size are both 1000 Bytes and fixed.
- The RTT (Round Trip Time) of the network is 10 ms. The bandwidth of the network is 8 Mbps.
- To send one segment, the time to send 52 Bytes is required in addition to the time to send the TCP payload.
- The payload data size of an ACK segment is 26 Bytes.
- There is no segment loss.
- The packet processing time at the sender and the receiver is negligible, and the data production and consumption rates at the sender and the receiver are fast enough so that the time required for them can be ignored. An ACK is returned immediately after a segment is received without any delay.

In the Internet, concentration of traffic may cause congestion, and packets may be lost. For example, if traffic coming into two input ports of a network switch is directed to one output port as shown in Fig. 2, it is not possible to deliver all packets if the sum of the input traffic bandwidth is larger than the output port bandwidth. Such a situation is called congestion. Those packets that cannot be delivered will be temporarily stored in the packet buffers. However, if the buffer is full, further incoming packets will be lost.



In TCP, to avoid consecutive loss of packets due to congestion, the transmission rate is lowered when congestion occurs. For such control, network congestion has to be detected. There are mainly two schemes to detect congestion: the packet loss-based scheme which uses observed packet loss as an indication of congestion, and the packet delay-based scheme which observes end-to-end packet propagation delay.

- (6) Explain why congestion can be detected by observing packet propagation delay, in about 5 lines.
- (7) Explain the advantages and the disadvantages of the packet loss-based scheme and the packet delay-based scheme, from the perspectives of both a user (who wants to send as much data as possible) and a network operator (who wants to avoid congestion as much as possible), with the reason in about 10 lines.