

## ネットワークの性能評価

花田英輔

1

## ネットワークの性能とは

- ▶ ネットワークの評価は「早い」か「遅い」か
  - トータルで「早い」のか？
  - 端末が「早い」のか？
  - 回線が「早い」のか？
  - 中継機器が「早い」のか？
  - データの工夫で「早く」なるのか？



2

## ネットワークの性能≠システムの性能

- ▶ ネットワークの性能
  - 本来は「通信速度」の性能
  - しかし、中継機器の「処理速度」は影響を与える
- ▶ システムの性能
  - 本来は「処理」の性能
  - しかし、ネットワークを含む場合、ネットワークの速度は「応答速度」に影響する

3

## ネットワークの性能を測るには

- ▶ 測る対象と目的を明確にする
  - 対象と目的により測る単位が変わる
    - ・ 秒、bps (bit per second)、pps (packet per second)等
- ▶ 対象としたネットワークの構成を把握する
  - 中継機器は何か？
    - ・ ルータ、レピータ、スイッチ等
- ▶ 対象ネットワークの利用状況を把握する
  - 他が使用中に性能測定はしない
  - 他の影響を受ける測定はあらゆる場面でやってはいけない

4

## ネットワークの性能を測る時の注意点

1. 測定サンプル数が十分に大きいこと
2. サンプルデータが代表的なものであること
3. キャッシュが測定に悪影響を与えることに気を付ける
4. テスト中に予期しない事象が起きる可能性があること
5. 精度の低いクロックを使わないこと
6. 結果の推定には要注意

5

## ネットワークの性能を測る時の注意点

1. 測定サンプル数が十分に大きいこと
  - 工学における測定の常識**
    - できるだけ測定回数を稼ぎ、分散等を確認した上で結果(平均値、最大値等)を出す
    - 分散が大きい場合を除き、サンプル数が多ければノイズ成分の影響を除去可能
    - 分散が大きいか、分布の偏りによっては結果の出し方を変える必要有
  - 測定手法によりパケットの送出・到着確認の手順が変化することがある
    - 例) バッファを持つ場合

6

### ネットワークの性能を測る時の注意点

2. サンプルデータが代表的なものであること

- ネットワークの利用率は時間帯・曜日・突発的  
事象で変化する
- 例) 一般的な会社の場合
  - 休日のネットワーク利用は少ない
  - 午前9時ごろと午後1時過ぎはネットワーク利用  
は多い
  - 通常は午後5(7)時を過ぎるとネットワーク利用は  
減る
  - 締切前は夜遅くまでネットワーク利用が多い
- できるだけ条件を網羅するよう測定すべき

7

### ネットワークの性能を測る時の注意点

3. キャッシュが測定に悪影響を与えることに  
気を付ける

- キャッシュがあると、  
1回目と2回目以降で  
測定結果が変わる
- 通るネットワークが変  
わるため
- ネットワークの測定  
結果としては正しくない

- DNSやHTTPを使う場合
- TCPとUDPの違い

8

### ネットワークの性能を測る時の注意点

4. テスト中に予期しない事象が起きる可能性  
があること

- 測定対象の構成やサーバの有無を知っておく  
こと
- 外部向けWebサーバがある場合
  - 通常はアクセス制限は不可能
  - 自動起動されるバッチ処理に注意
  - 例: システムの自動バックアップ
- 測定中に何が起きているかを監視する

9

### ネットワークの性能を測る時の注意点

5. 精度の低いクロックを使わないこと

- クロックは測定の最小単位である
- サンプリング定理
  - 必要な周波数成分の上限( $f_{max}$ )の2倍以上の値がサン  
プリング周波数( $f_s$ )
- $f_s > f_{max}$
- $f_{max}$  を決めること = 時間間隔を決めること
- サンプル数が多ければ、若干精度を上げることは  
可能

10

### ネットワークの性能を測る時の注意点

6. 結果の推定には要注意

- 例) VoIPパケットの応答時間
  - 途中まで単調増加だったので直線推定した
  - VoIPのキュー  
待ち時間は  
 $1/(1-\rho)$
  - 途中から急激  
に上昇する

11

### ネットワーク性能の測定法

- ▶ コマンドを用いた簡易的な測定
  - Pingコマンド
  - Tracerouteコマンド
- ▶ ファイル転送等での計測
  - ファイル転送にかかる時間等での計測
- ▶ 専用ソフトウェアの活用
  - 「ネットワークモニタ」「トラフィックモニタ」等の  
名前が存在
  - フリーウェアもあり

12

### pingコマンド

- ▶ UNIX系、Windows共にping
  - オプションは異なる
- ▶ 相手先アドレスを指定して実行する
  - 反応があれば、応答時間等を表示する
  - 反応が無い場合はTimeout等の表示がある
  - セキュリティ上pingを拒否するサーバもある
- ▶ 実行形態
  - 相手先にIPパケットを送る
  - ICMPパケットの返答内容からある程度のエラーの原因は把握可能

13

### pingの実際

- コマンドの対象ホストと送信されるICMPパケットのデータサイズ
- ▶ pingの成功例
  - 133.11.11.11を相手に発信した例

```

[hanada@ogi ~]$ ping -c 10 133.11.11.11
PING 133.11.11.11 (133.11.11.11) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 133.11.11.11: icmp_seq=1 ttl=54 time=23.7 ms
64 bytes from 133.11.11.11: icmp_seq=2 ttl=54 time=23.7 ms
64 bytes from 133.11.11.11: icmp_seq=3 ttl=54 time=23.8 ms
64 bytes from 133.11.11.11: icmp_seq=4 ttl=54 time=23.4 ms
64 bytes from 133.11.11.11: icmp_seq=5 ttl=54 time=23.5 ms
64 bytes from 133.11.11.11: icmp_seq=6 ttl=54 time=23.6 ms
64 bytes from 133.11.11.11: icmp_seq=7 ttl=54 time=24.4 ms
64 bytes from 133.11.11.11: icmp_seq=8 ttl=54 time=23.6 ms
64 bytes from 133.11.11.11: icmp_seq=9 ttl=54 time=23.9 ms
64 bytes from 133.11.11.11: icmp_seq=10 ttl=54 time=23.6 ms

--- 133.11.11.11 ping statistics ---
10 packets transmitted, 10 received, 0% packet loss, time 9038ms
rtt min/avg/max/mdev = 23.422/23.781/24.400/0.259 ms
  
```

各回のパケットの送受信ステータス

- 「time」:パケットを送信してから受信するまでにかかった時間(単位はミリ秒)
- 「<」あるいは「>」:で表された場合は、示された時間以下/以上の時間がかかっている
- 「TTL」:Time To Live
- IPパケットにおける「生存時間」(通過可能なネットワーク/ルータ数)
- 結果が表示されているので詳しくは通過したルータでの減算を念入りにする

実行の結果

- 「Transmitted」「Received」:送信/受信したパケット総数
- 「Lost」:送信したが受信できなかったパケットの数と損失率。ここでは10回試行し失敗はなかったため損失率は0%
- 「Min」「Avg」「Max」「mdev」は全体のうち、送受信にかかった最小、平均、最大時間、かかった時間の平均偏差を示す。対象ホスト間のネットワークのスループットをこから測定可能

14

### pingの失敗例

- ▶ 相手先に届かなかった(と思われる)例

```

[hanada@ogi ~]$ ping -c 10 192.168.0.4
PING 192.168.0.4 (192.168.0.4) 56(84) bytes of data.
From 133.49.100.1: icmp_seq=1 Time to live exceeded
From 133.49.100.1: icmp_seq=2 Time to live exceeded
From 133.49.100.1: icmp_seq=4 Time to live exceeded
From 133.49.100.1: icmp_seq=5 Time to live exceeded
From 133.49.100.1: icmp_seq=6 Time to live exceeded
From 133.49.100.1: icmp_seq=7 Time to live exceeded
From 133.49.100.1: icmp_seq=8 Time to live exceeded
From 133.49.100.1: icmp_seq=9 Time to live exceeded
From 133.49.100.1: icmp_seq=10 Time to live exceeded

--- 192.168.0.4 ping statistics ---
10 packets transmitted, 0 received, +9 errors, 100% packet loss, time 19012ms
  
```

TTLを使い果たしている

- ▶ この例ではルーティング上、ループとなっているか、TTLの設定がおかしい可能性がある
- ▶ Traceroute等での調査が必要

15

### tracerouteコマンド

- ▶ UNIX系ではtraceroute、Windowsではtracertと表記
  - オプションも異なる
- ▶ 相手先と、途中経由するホストについて、それぞれホスト名(またはIPアドレス)と応答時間を表示
- ▶ 注意点
  - セキュリティ上、応答を拒否するホストもある
  - 時間切れ等で応答しない場合も有る

16

### traceroute実行例

- ▶ 成功例

```

[hanada@ogi ~]$ traceroute 133.11.11.11
traceroute to 133.11.11.11 (133.11.11.11), 30 hops max, 60 byte packets
 1  10.10.0.254 (10.10.0.254)  1.284 ms  1.261 ms  1.241 ms
 2  133.49.50.254 (133.49.50.254)  1.522 ms  1.614 ms  1.718 ms
 3  133.49.100.254 (133.49.100.254)  2.299 ms  2.286 ms  2.265 ms
 4  133.49.200.1 (133.49.200.1)  2.991 ms  3.355 ms  3.695 ms
 5  hakata-dc-rrm-xe-11-1-3-100_s4.sinet.ad.jp (150.99.187.81)  3.795 ms  3.926 ms  3.913 ms
 6  osaka-dc-rrm-ae2-vlan10_s4.sinet.ad.jp (150.99.2.41)  16.511 ms  15.598 ms  15.698 ms
 7  tokyo-dc-rrm-ae12-vlan10_s4.sinet.ad.jp (150.99.2.97)  23.589 ms  23.497 ms  23.603 ms
 8  utnet-1_gw.sinet.ad.jp (150.99.190.102)  23.838 ms  23.693 ms  23.677 ms
 9  ra35-vlan3.nc.u-tokyo.ac.jp (133.11.127.66)  23.998 ms  24.706 ms  24.499 ms
10  ax6706s-1b-b143.adm.s.u-tokyo.ac.jp (133.11.125.148)  26.061 ms  26.987 ms  26.806 ms
11  ns1.s.u-tokyo.ac.jp (133.11.11.11)  24.102 ms !X 24.089 ms !X 24.398 ms !X
  
```

最大Hop数と、送信パケット長

経路しているホスト名 所要時間(3回試行、単位ミリ秒)  
(最初は自ネットワークのGW、最後は宛先)

17

### 無線LANの性能測定における注意

- ▶ 無線LANはチャンネルが異なると別の通信路
- ▶ 無線LANの性能評価では無線部分とAPより先の有線部分を分ける必要がある
- ▶ 「サーバまでの反応速度」は有線部分を含む
- ▶ 無線部分の測定は無料アプリでも可能
  - チャンネル別に受信信号強度などを測定可
  - 受信信号強度は通信速度に直結する (IEEE802.11シリーズ)

18

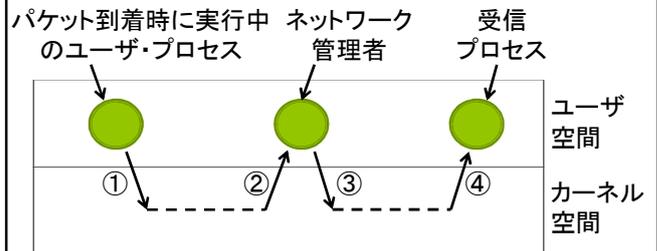
## 高速ネットワークを作るためのホスト

1. ホストの速度(通信速度・処理速度)はネットワーク(回線)速度よりも重要
2. 流すパケットの個数を減らすことでソフトウェアのオーバーヘッドを減らす
3. データ操作を最小にする
4. コンテキストスイッチの回数を最小にする
  - Conetxt switch: OSのモード(カーネルとユーザ)の移行等
5. 輻輳からの回復より、輻輳を起こさないこと
6. タイムアウトを回避する

19

## コンテキストスイッチ

- ▶ ユーザであるネットワーク管理者により1パケットにつき4回のコンテキストスイッチが起きる



20

## 今回の課題

1. 「ネットワークの性能」とは何か、定義を説明せよ
  2. pingおよびtracerouteコマンドについて、それぞれの動作を説明せよ
  3. 本日の感想
- ▶ 締切: 1月29日(月) 18:00
  - ▶ 本講義に関する情報は(この講義資料も)次のWebpageに掲載するので、時々参照すること  
<http://www.ai.is.saga-u.ac.jp/~hanada/DCT/>

21