

## 計算機通信基礎(4)

2014年度

九州工業大学大学院  
情報工学研究院  
尾家祐二、川原憲治



Kyushu Institute of Technology

## 2. インターネットの実験



Kyushu Institute of Technology

- ◆ ツールを用いたインターネットの実験における注意点
  - ツールは、本来、調査する対象のものが異常な状態になっていないかや、異常な場合にどのように異常かを調べるなどのネットワーク管理に用いられるもので、実験用ではない
  - これらのツールを用いると、それらは実際にネットワークにパケットを送出し、相手のホストやインターネットのサーバやルータに対して、何らかの処理負荷をかける
  - さらに、送出するパケットおよびそれへの応答パケットが、ネットワークの通信回線の一部を実際に使用する
    - ツールの使用は、これらのことを十分理解して行うべき

Kyushu Institute of Technology

4

## 今日の授業の概要



Kyushu Institute of Technology

- ◆ 2. インターネットの実験
  - 2.1 DNSの機能を用いた実験
  - 2.2 ドメインに関する情報の取得
  - 2.3 データの到達性および経路に関する実験
  - 2.4 アプリケーションプログラムの実験
  - 2.5 LANIに関する実験

Kyushu Institute of Technology

2

## 2.1 DNSの機能を用いた実験



Kyushu Institute of Technology

- ◆ ドメインネームシステム(DNS)
  - 階層的な名前(ドメイン名)空間を備える
  - 階層的な名前空間の部分集合はゾーンと呼ばれ、各ゾーンにネームサーバが割り当てられている
    - ネームサーバも階層的に配置され協調する
    - 様々なドメインに所属するホストの情報を分散管理することが可能になる
  - 以降では、説明の便宜上、複数ドメインからなるゾーンのことをドメインと呼ぶ

Kyushu Institute of Technology

5

## 2. インターネットの実験



Kyushu Institute of Technology

- ◆ インターネットにおいては、ネットワーク管理のために、ネットワークの状態、サーバの状態、ホストの状態などを調べるソフトウェアツールが種々開発されている
- ◆ インターネットの仕組みを実感するために、これらのソフトウェアツールを利用する
  - これらにより、ネームサーバの働きやルータによる中継によってパケットが運ばれる経路を調べることができる

Kyushu Institute of Technology

3

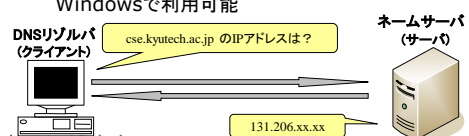
## 2.1 DNSの機能を用いた実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ ホスト名とIPアドレスの対応

- nslookup
  - DNSの機能を調べることができるソフトウェアツール
    - ネームサーバは、リゾルバからホスト名を送られると、そのホストのIPアドレスを返す → 正引き
    - その逆に、ホストのIPアドレスに対してホスト名を返す → 逆引き
  - UNIX、Linux、およびWindows 2000以降のWindowsで利用可能



Kyushu Institute of Technology

6

## 2.1 DNSの機能を用いた実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ nslookupの使用例(1)

- ドメイン名がinternet-u.ac.jpであるインターネット大学(架空)において、その大学のホストであるmiraiのIPアドレスを調べる
  - "%および">"は計算機からのプロンプト
  - 利用者の入力部分は太字

```
% nslookup
Default Server: ns.internet-u.ac.jp
Address: 192.168.10.1
> mirai.internet-u.ac.jp
Server: ns.internet-u.ac.jp
Address: 192.168.10.1
Name: mirai.internet-u.ac.jp
Address: 192.168.10.163
> quit
```

問い合わせたいホスト名  
ネームサーバのホスト名  
ネームサーバのIPアドレス  
ホスト名  
ホストのIPアドレス

Kyushu Institute of Technology

7

## 2.1 DNSの機能を用いた実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ nslookupの使用例(2) (続き)

#### ■ 別のドメイン内のホスト情報の問い合わせ

1. ネームサーバns.internet-u.ac.jpは質問された情報を管理していない
2. そのため、トップレベルのネームサーバに問い合わせ、トップレベルは関連する次の下位のレベルのネームサーバに問い合わせ、最終的にngi-u.ac.jpドメインのネームサーバからホスト情報を得る
3. したがって、ネームサーバns.internet-u.ac.jpは、この情報を回答する際には、自分が管理する情報ではないことを表す"Non-authoritative answer" (権威のある回答ではない)と注釈を添えている

Kyushu Institute of Technology

10

## 2.1 DNSの機能を用いた実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ nslookupの使用例(1) (続き)

#### ■ 同一ドメイン内のホスト情報の問い合わせ

1. nslookupと入力すると、そのドメインのネームサーバ情報が出力されている
  - ホスト名 ns.internet-u.ac.jp、IPアドレス 192.168.10.1
2. 利用者がmirai.internet-u.ac.jpと入力
  - これはIPアドレスを尋ねていることになる
3. その回答として、その回答を行ったネームサーバの情報と、回答であるmirai.internet-u.ac.jpのIPアドレスを答えている
4. nslookupはquitと入力すると終了する

Kyushu Institute of Technology

8

## 2.1 DNSの機能を用いた実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ nslookupの使用例(3)

- インターネット大学のウェブサーバのホストwww.internet-u.ac.jpについて尋ね、複数のIPアドレスが返される場合
  - 参照頻度が高いウェブサーバは、同じ名称を付けた複数の計算機に対応させる場合がある。これによりスムーズな応答が可能

```
% nslookup
Default Server: ns.internet-u.ac.jp
Address: 192.168.10.1
> www.internet-u.ac.jp
Server: ns.internet-u.ac.jp
Address: 192.168.10.1
Name: www.internet-u.ac.jp
Address: 192.168.10.64, 192.168.10.65, 192.168.10.66
```

ホストのIPアドレス

Kyushu Institute of Technology

11

## 2.1 DNSの機能を用いた実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ nslookupの使用例(2)

- インターネット大学において、ドメイン名がngi-u.ac.jpのNGI(Next Generation Internet)大学のホストであるinfontetのIPアドレスを尋ねる
- 少し前に、ネームサーバns.internet-u.ac.jpに同じホストの問合せがあった場合は、キャッシュ(cache)として蓄積されており、そこから回答する場合があります → 応答が速くなる

```
% nslookup
Default Server: ns.internet-u.ac.jp
Address: 192.168.10.1
> infontet.ngi-u.ac.jp
Server: ns.internet-u.ac.jp
Address: 192.168.10.1
Non-authoritative answer:
Name: infontet.ngi-u.ac.jp
Address: 10.10.10.1
```

問い合わせたいホスト名  
ネームサーバのホスト名  
ネームサーバのIPアドレス  
ホスト名  
ホストのIPアドレス

Kyushu Institute of Technology

9

## 2.1 DNSの機能を用いた実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ 一つのホストが複数のIPアドレスを持つ場合もある

- あるホストが複数のネットワークインターフェースを備え、複数のネットワークに接続していると、複数のIPアドレスを持つことになる。ルータの役割をする計算機など

### ◆ nslookupの使用例(4)

- IPアドレスを入力してそれを持つホスト名を尋ねる場合

```
% nslookup
Default Server: ns.internet-u.ac.jp
Address: 192.168.10.1
> 192.168.10.163
Server: ns.internet-u.ac.jp
Address: 192.168.10.1
Name: mirai.internet-u.ac.jp
Address: 192.168.10.163
```

問い合わせたいホストのIPアドレス  
ネームサーバのホスト名  
ネームサーバのIPアドレス  
ホスト名  
ホストのIPアドレス

Kyushu Institute of Technology

12

## 2.1 DNSの機能を用いた実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆(b) 電子メールサーバの情報

- DNSでは、ネームサーバが、質問されたドメインのメールサーバ(メールエクスチェンジャーと呼ばれる)のホスト名とIPアドレスを答える
- MX(Mail eXchange)レコード
  - DNSにおいて、あるドメインとそのドメインのメールサーバのホスト情報が記述されたもの
  - nslookupに **-q=mx** オプションをつけることにより、問い合わせが可能

Kyushu Institute of Technology

13

## 2.1 DNSの機能を用いた実験



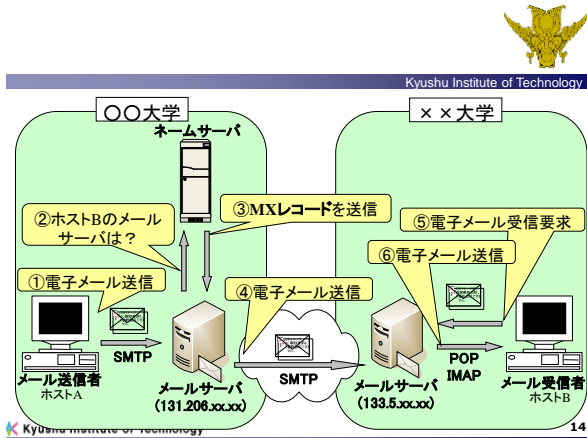
Kyushu Institute of Technology

### ◆MXレコードの問い合わせ例 (続き)

- internet-u.ac.jpドメインにおいて質問しているため、そのネームサーバns.internet-u.ac.jpが答えている
- 質問は、ngi-u.ac.jpドメインのmail exchanger(メールサーバ)のホスト情報
- 回答
  - ngi-u.ac.jpのメールサーバは、mx2.ngi-u.ac.jpとmx1.ngi-u.ac.jpであり、それらのIPアドレスが返されている
  - preferenceは、プレファレンス値(メールサーバの優先度)を表しており、小さな値を持つサーバほど優先度が高い
    - 一番高い優先度を持つサーバが最初に選択され、メールが配送される
    - もし、そのサーバが停止しているなどのため、メールの配送を失敗すると、次に優先度の高いサーバにメールを配送する
  - 今回の例だと、まずmx1.ngi-u.ac.jp、次にmx2.ngi-u.ac.jp

Kyushu Institute of Technology

16



Kyushu Institute of Technology

14

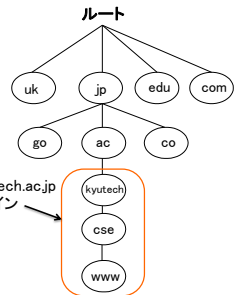
## 2.2 ドメインに関する情報の取得



Kyushu Institute of Technology

### ◆DNSにおけるドメイン

- 木構造
- 各ドメインは各自で管理され、全体としては分散管理されている
- ドメイン名は、企業や大学などの実際の組織に対応している



Kyushu Institute of Technology

17

## 2.1 DNSの機能を用いた実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆MXレコードの問い合わせ例

- ドメイン名がinternet-u.ac.jpであるインターネット大学において、ドメイン名ngi-u.ac.jpのMXレコード情報を問い合わせた場合

```
% nslookup -q=mx ngi-u.ac.jp
Server: ns.internet-u.ac.jp
Address: 192.168.10.1
Non-authoritative answer:
Ngi-u.ac.jp preference = 20, mail exchanger = mx2.ngi-u.ac.jp
Ngi-u.ac.jp preference = 10, mail exchanger = mx1.ngi-u.ac.jp
Authoritative answers can be found from:
Ngi-u.ac.jp nameserver = ns.ugi-u.ac.jp
Mx2.ngi-u.ac.jp internet address = 10.10.10.32
Mx1.ngi-u.ac.jp internet address = 10.10.10.31
```

Kyushu Institute of Technology

15

## 2.2 ドメインに関する情報の取得



Kyushu Institute of Technology

### ◆whois

- ある組織に関する情報、ネームサーバ、使用しているIPアドレスに関する情報は、サーバにおいてデータベース化されている。それを参照するソフトウェアツール
  - コマンドwhoisは、UNIXで使用可能
  - Windowsで使用したい場合は次のURLでWebサーバを通じて実行することが可能
    - <http://www.nic.ad.jp/ja/whois/ja-gateway.html>
    - [nic.ad.jp](http://nic.ad.jp)
      - 社団法人 日本ネットワークインフォメーションセンター(Japan Network Information Center: JPNIC)のドメイン名

Kyushu Institute of Technology

18

## 2.2 ドメインに関する情報の取得



Kyushu Institute of Technology

### ◆ドメインの情報取得の例

- whoisサーバであるwhois.nic.ad.jpに対して、ドメイン名internet-u.ac.jpに関する情報を問い合わせている

```
% whois -h whois.nic.ad.jp internet-u.ac.jp
Domain Information: [ドメイン情報]
a. [ドメイン名]      INTERNET-U.AC.JP
f. [組織名]         インターネット大学
g. [Organization]   Internet University
h. [郵便番号]      101-8002
i. [住所]           東京都*****
k. [組織種別]       大学
l. [Organization Type] University
p. [ネームサーバ]   ns.internet-u.ac.jp
s. [使用IPネットワーク] 192.168.10.0
```

Kyushu Institute of Technology

19

## 2.2 ドメインに関する情報の取得



Kyushu Institute of Technology

### ◆Webサーバを介したwhoisの実行例

The screenshot shows the JPNIC WHOIS Gateway interface. A search box contains 'internet-u.ac.jp'. The results table shows the following information:

項目	値	コメント
ドメイン名	INTERNET-U.AC.JP	
組織名	INTERNET UNIVERSITY	
住所	東京都*****	
郵便番号	101-8002	
ネームサーバ	NS.INTERNET-U.AC.JP	
IPアドレス	192.168.10.0	

Kyushu Institute of Technology

22

## 2.2 ドメインに関する情報の取得



Kyushu Institute of Technology

### ◆ドメインの情報取得の例 (続き)

- 与えられたドメイン名に対応する組織に関する情報が返されている
- そのドメインが使用しているIPアドレスが表示されている
- 198.168.10.0となっているのは、192.168.10.0がそのドメインのネットワークアドレスであることを示している
  - IPアドレス(第4章で詳しく説明)は、32ビットのうち、上位のいくつかのビットがネットワークアドレス部であり、続く残りの下位ビットがホストアドレス部を示している
  - IPアドレスは、申請に応じて各組織に割り当てられる際に、ネットワークアドレスの部分だけが割り当てられ、残りのホストアドレスの部分はその組織内で管理される

Kyushu Institute of Technology

20

## 2.2 ドメインに関する情報の取得



Kyushu Institute of Technology

### ◆Webサーバを介したwhoisの実行例 (続き)

The screenshot shows the detailed search results for 'internet-u.ac.jp' on the JPNIC WHOIS Gateway. The results include:

- ドメイン名: INTERNET-U.AC.JP
- 組織名: INTERNET UNIVERSITY
- 住所: 東京都\*\*\*\*\*
- 郵便番号: 101-8002
- ネームサーバ: NS.INTERNET-U.AC.JP
- IPアドレス: 192.168.10.0

Kyushu Institute of Technology

23

## 2.2 ドメインに関する情報の取得



Kyushu Institute of Technology

### ◆ネットワークの情報取得の例

- whoisサーバであるwhois.nic.ad.jpに対して、ネットワークアドレス192.168.10.0を使用しているドメインの情報を問い合わせている

```
% whois -h whois.nic.ad.jp 192.168.10.0
Network Information: [ネットワーク情報]
a. [IPネットワークアドレス] 192.168.10.0
b. [ネットワーク名]      INTERNET-NET
f. [組織名]             インターネット大学
g. [Organization]       Internet University
h. [郵便番号]          101-8002
i. [住所]               東京都*****
p. [ネームサーバ]       ns.internet-u.ac.jp
```

Kyushu Institute of Technology

21

## 目次



Kyushu Institute of Technology

### ◆2. インターネットの実験

- 2.1 DNSの機能を用いた実験
- 2.2 ドメインに関する情報の取得
- 2.3 データの到達性および経路に関する実験
- 2.4 アプリケーションプログラムの実験
- 2.5 LANIに関する実験

Kyushu Institute of Technology

24

## 2.3 データの到達性および経路に関する実験



Kyushu Institute of Technology

◆インターネットにおいては、データはIPデータグラムを単位としてホストからホストへ運ばれるが、宛先ホストまでの到達性を調べるツール、および宛先ホストに至る経路を調べるツールが存在する

### ■ ping

- ホストからホストへのIPデータグラムの到達性を調べるツール

### ■ traceroute

- ホストからホストへの経路を調べるツール

Kyushu Institute of Technology

25

## 2.3 データの到達性および経路に関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ pingコマンドの使用例

- ホストwww.ngi-u.ac.jpへの到達性およびその状態を調べる場合

```
% ping www.ngi-u.ac.jp
PING www.ngi-u.ac.jp (10.10.10.32): 56 data bytes
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=0 time=11 ms
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=1 time=13 ms
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=2 time=10 ms
(途中略)
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=6 time=20 ms
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=7 time=21 ms
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=9 time=18 ms
^C
--- www.ngi-u.ac.jp PING Statistics ---
10 packets transmitted, 9 packets received, 10% packet loss
round-trip (ms) min/avg/max =10/14/21
```

Ky

28

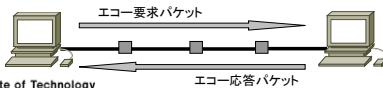
## 2.3 データの到達性および経路に関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆(a) 到達可能性の実験(ping)

- pingは、UNIX、Windowsで利用可能
- pingは、ホストあるいはルータに、ある**特殊なパケット**を送り、それを受け取ったホストもしくはルータは、それに対して**応答パケット**を返す
  - 特殊なパケット
    - ICMP(Internet Control Message Protocol)の**エコー要求パケット**(ICMP Echo Request)
  - それに対する**応答パケット**
    - **ICMPのエコー応答パケット**(ICMP Echo Reply)



Kyushu Institute of Technology

26

## 2.3 データの到達性および経路に関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ pingコマンドの使用例 (続き)

1. 10パケット送信した場合の宛先ホストまでの到達性と往復遅延時間(round trip time, RTT)が表示されている
2. icmp\_seq は、pingがICMPというプロトコルを用いてパケットを送信していることを示し、それらのパケットの番号が示されている
3. icmp\_seq=7までは、順に届いているが、次にicmp\_seq=9に飛んでいる。これは、送信された10パケットのうちicmp\_seq=8のパケットが消失したことを示している
4. 戻ってきた9パケットの往復遅延時間の最小、平均、および最大値が表示されている

Kyushu Institute of Technology

29

## 2.3 データの到達性および経路に関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ ICMP(Internet Control Message Protocol)

- IPによるデータの配送には信頼性がなく、ネットワーク内の異常な状態に対応する機能は備えていない(このことについては第3章で詳しく)
- ICMPは、IPの**そのような特性を補う機能を提供**
  - インターネット内の異常な状態やエラー状態をホストに通知したり、遠隔ホストやルータの状態に関する問い合わせを可能にするプロトコル



pingは、ICMPの機能を用いて、ネットワークやホストの状態を調べ、遅延等の結果を表示する

Kyushu Institute of Technology

27

## 2.3 データの到達性および経路に関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ パケットが消失する原因

1. パケットを受け取ったホストが過負荷のため処理し切れず、パケットが破棄される
2. ネットワークが混雑し、パケットがネットワーク内で破棄される
  - ネットワークの混雑のことを、**輻輳**(congestion)と呼ぶ
  - ネットワーク内のルータに到着するパケットが、一時的にそのルータの処理能力以上に到着したために、処理しきれずにそのルータの中のメモリー(バッファ)が一杯になり、さらにその際に新たに到着したパケットがバッファに入りきれずに破棄されてしまうことになる
    - パケットが破棄されたことを検出し、それを再送する制御を行う
    - パケットの送信量を制御するフロー制御を行う

Kyushu Institute of Technology

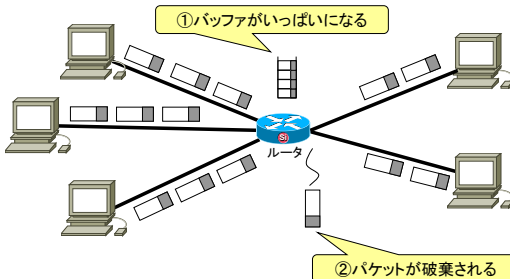
30

## 2.3 データの到達性および経路に関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ ネットワークが混雑 → 輻輳 (congestion)



Kyushu Institute of Technology

31

## 2.3 データの到達性および経路に関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ tracerouteコマンドの使用例 (続き)

- インターネット大学のあるホストからNGI大学のウェブサーバまで、6台のルータを経由し、7回目で目的のウェブサーバに到着
- ホップ (hop) とは機器を経由することを意味し、NGI大学のウェブサーバまで7ホップであることを意味する
- 各ホップに対して3つの往復時間が示されている
  - 各ホップごとに3回調べているからである
- 30 hops max とは最大30ホップまで調べることを示す

Kyushu Institute of Technology

34

## 2.3 データの到達性および経路に関する実験

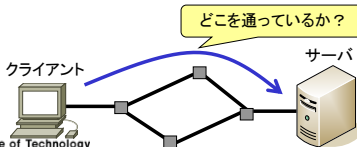


Kyushu Institute of Technology

### ◆ (b) 経路の確認

#### ■ traceroute

- あるホストから宛先ホストへ到達するには、いくつかの中継ルータを経由しているが、それら途中の中継機器の名前やIPアドレス、および各中継機器までの往復遅延時間を知ることができる
- Windowsでは、tracert コマンド



Kyushu Institute of Technology

32

## 2.3 データの到達性および経路に関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ tracerouteの方法

- IPデータグラムには、宛先IPアドレスを書き込むためのヘッダがあり、そこには他にも様々な情報が書き込まれる
- IPデータグラムのヘッダには、その生存時間 (Time To Live, TTL) を表すフィールドがある
  - これはIPデータグラムが長い間ネットワーク内を転送され続けることを防ぐために設けられている
- 送信の際には、IPデータグラムの生存時間フィールドにある値を書き込み、中継ルータにおいては1ずつ減少させ、0になるとそのIPデータグラムは破棄される
- IPデータグラムの破棄と同時に、ICMPはTTL超過が生じたことを異常な状態と認識し、ICMPエラーメッセージを生成し、そのIPデータグラムの送信ホストに知らせる

Kyushu Institute of Technology

35

## 2.3 データの到達性および経路に関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ tracerouteコマンドの使用例

- ホスト www.ngi-u.ac.jpまでどのようなルータを経由したかを表示する
  - 中継ルータについてはIPアドレスで表示されている
  - オプション"-a"を指定すると機器のホスト名がFQDN (Fully Qualified Domain Name) 形式で表示される

```
% traceroute -n www.ngi-u.ac.jp
traceroute to www.ngi-u.ac.jp (10.10.10.32), 30 hops max,
20 byte packets
 1 192.168.10.16  1 ms  1 ms  1 ms
 2 123.123.123.2 11 ms  3 ms  3 ms
 3 123.123.123.3  8 ms  6 ms  7 ms
   (途中略)
 6 10.10.10.2    15 ms 12 ms 20 ms
 7 10.10.10.32  15 ms 13 ms 20 ms
```

Kyushu Institute of Technology

33

## 2.3 データの到達性および経路に関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ tracerouteの方法 (続き)

1. TTLを1としてパケットを送る
2. 1ホップ目のルータからエラーメッセージが返ってくる
3. これを3回行い、3パケットのICMPエラーメッセージが返送され、往復遅延時間が計測される
4. 次に、同様のことをTTLを2として行い、さらには宛先ホストに到着するまでTTLを増加させる

### ◆ 経路制御

- 送信ホストから宛先ホストまでパケットが届けられるためには、いくつものルータを経由する
- ルータは到着パケットの宛先を理解し、それをもとに適切な経路を選択し、次のルータに転送する

Kyushu Institute of Technology

36

## 2.3 データの到達性および経路に関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ pingとtracerouteの利用シーン

1. ネットワーク管理者がネットワークの何らかの異常を認識
2. あるホストまで到達できないことをpingで確認
3. どこの中継ルータまで到達できているかをtracerouteで調査

### ◆ pingとtracerouteの結果について

- ICMPパケットを用いており、相手ホストもしくはルータに処理負荷をかけてしまうため、この種のパケットを受けつけなかったりする場合がある
- 受け付けた場合でも、最も低い優先度を与える場合もある
- 従って、この種のコマンドで得られるネットワーク遅延時間の正確さは保証されない

Kyushu Institute of Technology

37

## 2.4 アプリケーションプログラムの実験

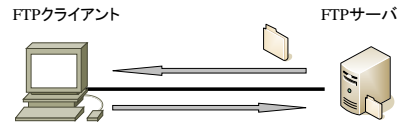


Kyushu Institute of Technology

### ◆ ftp 利用開始

#### ■ ftp ホスト名

を入力すると、そのサーバに接続され、サーバからユーザ名とパスワードが問われる



Kyushu Institute of Technology

37

Kyushu Institute of Technology

40

## 2.4 アプリケーションプログラムの実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ アプリケーションプログラムの ftp と telnetを用いた実験

- プログラムftp(→小文字表記)はプロトコルFTP(→大文字表記)を用いる
- プログラムtelnet(→小文字表記)はプロトコルTELNET(→大文字表記)を用いる

### ◆ アプリケーションプロトコルは、その下の層のトランスポートプロトコルに支えられている

- トランスポートプロトコルには、TCPとUDPの2種類があるが、HTTPもSMTPもFTPもTELNETも、トランスポートプロトコルとしてTCPを用いる

Kyushu Institute of Technology

38

## 2.4 アプリケーションプログラムの実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ ftpコマンドの使用例

- ftpを用いて、ホストhere.internet-u.ac.jpからホストthere.internet-u.ac.jpにアクセス

```
here% ftp there.internet-u.ac.jp
Connected to there.internet-u.ac.jp
220 there.internet-u.ac.jp FTP server ready.
Name (there.internet-u.ac.jp): ohnishi
331 Password: *****
230 User ohnishi logged in.
ftp> ls
(ファイルの一覧を表示)
ftp> get test.doc
(ファイルtest.docをhereに転送)
ftp> quit
here%
```

接続したいサーバを指定

接続したファイルを転送する

終了

Kyushu Institute of Technology

38

Kyushu Institute of Technology

41

## 2.4 アプリケーションプログラムの実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ (a) ファイル転送(ftp)

- インターネット初期から1995年ごろまではファイル転送がインターネットの主な目的であった
- FTP (File Transfer Protocol)を利用し、任意の長さのファイルの転送を可能にする
- サーバ側で、ユーザの認証を行い、認証が成功すればユーザに許可を与え、そうでなければアクセスを禁止する
- 情報を開放するために、認証を行わない匿名FTPサーバ(anonymous FTP server)もある

Kyushu Institute of Technology

39

## 2.4 アプリケーションプログラムの実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ ftpコマンドの使用例 (続き)

1. ホストthere.internet-u.ac.jp上で稼働しているFTPサーバが準備状態(FTP server ready)になったことが示されている
2. ホストthere.internet-u.ac.jpのファイルへのアクセス権利が認められているか否かを調べるために、ホストthere.internet-u.ac.jpで登録しているユーザ名とパスワードの入力を求めている
3. それが認められ、プロンプト“ftp>”が表示されている
4. ftpで利用可能な多数のコマンドのうち、ファイルの一覧を見るlsと、ファイルを転送してくるためのgetを用いている

Kyushu Institute of Technology

39

Kyushu Institute of Technology

42

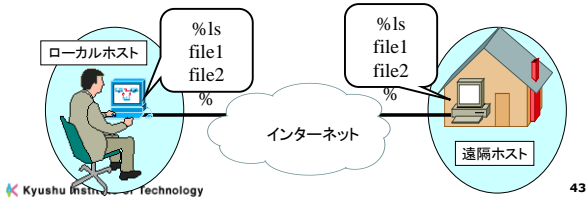
## 2.4 アプリケーションプログラムの実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆(b) 遠隔端末アクセス(telnet)

- 仮想端末機能を提供し、離れた場所にありながら、目の前にあるホストを、遠隔地にあるホスト端末のように利用できる
- 通信内容を暗号化する等より安全な通信が行えるSSH(Secure SHell)もある



Kyushu Institute of Technology

## 2.5 LANに関する実験



Kyushu Institute of Technology

- ◆ 2.4節までは、インターネット技術(TCP/IPプロトコルスイートに関連する技術)の実験
- ◆ 私たちの計算機は、LANを介してインターネットに接続されることが多い
  - ただし、LANにおいても、データリンク層より上の層は、TCP/IPプロトコルスイートが用いられている
- ◆ ここでは
  1. LANの技術とTCP/IPを融合するプロトコルであるARPの実験
  2. LAN固有の技術であるデータリンク層におけるCSMA/CD方式に関する実験

Kyushu Institute of Technology

46

## 2.4 アプリケーションプログラムの実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆telnetコマンドの使用例

- telnetを用いて、ホストhere.internet-u.ac.jpからホストthere.internet-u.ac.jpにアクセス

```
here% telnet there.internet-u.ac.jp ← 接続したいサーバを指定
Trying 192.168.38.15...
Connected to there.internet-u.ac.jp.
Escape character is '^]'.
login: ohnishi
Password: *****
(途中略)
there% exit
Logout
Connection closed by foreign host.
```

Kyushu Institute of Technology

44

## 2.5 LANに関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆(a) MACアドレスとIPアドレスの対応(ARP)

- LANにおいては、一つの伝送媒体を共用するため、効率の良い利用のためのアクセス制御が重要
- イーサネットでは、伝送媒体へのアクセス制御にCSMA/CD方式が採用されている
- このようなアクセス制御方式は、一般にメディアアクセス制御方式(Media Access Control, MAC)と呼ばれる
- したがって、データリンク層で用いられるアドレスは、MACアドレスと呼ばれる(これはIEEE802.3の用語で、イーサネットではイーサネットアドレスと呼ばれる)
  - MACアドレスは変更不可(NICに書き込まれている)
  - IPアドレスは経路制御を可能にするアドレスであるが、変更可能

Kyushu Institute of Technology

47

## 2.4 アプリケーションプログラムの実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆telnetコマンドの使用例 (続き)

1. telnetで遠隔ホストにアクセスすると、“Login:”というプロンプトが返ってくる
2. そこでユーザ名とパスワードを入力すると、遠隔ホストがプロンプト“there”を返す
3. これ以降は、目の前のホストはhere.internet-u.ac.jpであるが、there.internet-u.ac.jpというホストを、その前にいるような感覚で利用できる
  - この状態で何らかのコマンドを入力すると、それを解釈して応答するのはホストthere.internet-u.ac.jpとなる

Kyushu Institute of Technology

45

## 2.5 LANに関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ARP(Address Resolution Protocol)

- 3つの識別子:ホスト名、IPアドレス、MACアドレス
- ホスト名とIPアドレスの対応付け
  - DNSにおいて、データベースを管理するネームサーバが行う
- IPアドレスとMACアドレスの対応
  - ARPが行う
    - ARPは、ルータを経由しない範囲において、ハブやスイッチングハブなどで接続されたネットワーク内において、全てのホストに問い合わせる
    - この問合せは、ブロードキャスト(一斉同報)通信による
    - IPアドレスにより問合せがあれば、MACアドレスを返す
    - 一度問い合わせた応答が得られたものは、ARPテーブルにキャッシュしておく
    - arpコマンドは、ARPテーブルを参照して表示する機能を持つ

Kyushu Institute of Technology

48



## 2.5 LANに関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ arpコマンドの使用例(1)

- ホストthereのMACアドレスを問い合わせる場合
- 48ビットからなるMACアドレスが、16進数で表示

```
%arp there
there(192.168.10.48) at 00:12:34:56:78:9A
```

### ◆ arpコマンドの使用例(2)

- オプション"-n"を指定すると、ARPテーブルの内容を全て表示
- IPアドレス、MAC(ここではイーサネット)、MACアドレス、ネットワークインターフェースの名称が表示されている。オプション"-o"でホスト名の表示も可能

```
%arp -n
Address HWtype HWaddr Iface
10.0.1.1 ether 00:23:45:67:89:AB eth0
10.0.1.226 ether 00:34:56:78:9A:BC eth0
10.0.1.35 ether 00:45:67:89:AB:CD eth0
```

Kyushu Institute of Technology

49

## まとめ



Kyushu Institute of Technology

### ◆ 2. インターネットの実験

- 2.1 DNSの機能を用いた実験
  - nslookup
- 2.2 ドメインに関する情報の取得
  - whois
- 2.3 データの到達性および経路に関する実験
  - ping traceroute
- 2.4 アプリケーションプログラムの実験
  - ftp telnet
- 2.5 LANに関する実験
  - arp netstat

Kyushu Institute of Technology

52

## 2.5 LANに関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ (b)パケットの衝突

- CSMA/CD方式
  - イーサネットにおいて、衝突をあまり起こさずに、起こったときに影響を少なくする機構
    - イーサネットにおいては、バス型の接続形態を採用し、各ホストは伝送したいときにパケットを送信する
    - 複数のホストが同時に伝送すると、干渉し合い電気信号に誤りが生じる → 衝突(collision)
    - 衝突について調査するツールに、netstat がある

Kyushu Institute of Technology

50

## 2.5 LANに関する実験



Kyushu Institute of Technology

### ◆ netstatコマンドの使用例

- あるホストのイーサネットインターフェースに注目し、そこでの衝突の情報を含め、OS内部のネットワーク関連情報を表示する
- 通信インターフェースの状態、経路制御に用いる表(経路表)なども調べることができる

```
%netstat -ni
Name Mtu Network Address Ipkts Ierrs Opkts Oerrs Coll
de0 1500 <Link> 00.12.34.56.78.9A 8982149 0 8871340 2 16
de0 1500 10.0.1/24 10.0.1.1 8982149 0 8871340 2 16
```

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

①インターフェース名 ②最大伝送単位(Maximum Transfer Unit, MTU)  
③ネットワークのアドレス ④ホストのアドレス  
⑤入力パケット数 ⑥エラー入力パケット数  
⑦出力パケット数 ⑧エラー出力パケット数 ⑨衝突パケット数

Kyushu Institute of Technology

51