

情報通信システム概論

第11回
～コンピュータネットワークの基礎～

2020-11-28

情報システム工学科
福田 浩



ゴールイメージ

- ・コンピュータネットワークの用語を説明できる
- ・WebブラウザがWebサーバに辿り着くまでの手順を説明できる





目次

- ・コンピュータネットワークの登場人物
- ・WebブラウザのリクエストとWebサーバのレスポンス
- ・IPアドレスの割り当て
- ・DNS (Domain Name System)による名前解決
- ・ソケットの作成
- ・LANアダプタから送信される電気信号

コンピュータネットワークの登場人物

	一般的な登場人物	今回の物語の登場人物
アプリケーション	Webブラウザ, Webサーバ, メーラー, メールサーバー, ...	Webブラウザ
OS (プロトコルスタック)	TCP, UDP, IP, ...	ユニファイド
ドライバ	LANドライバ, ネットワーク ドライバ, ...	LANドライバ
ハードウェア	LANアダプタ(NIC: ネット ワークインターフェイスカー ド), ハブ, ルータ, ...	LANアダプタ

IPアドレス

DNSサーバ



URL (Uniform Resource Locator)

Webブラウザが初めに行なうことは、URLの解析



https://portal.mc.chitose.ac.jp/portal/?0

スキーム ホストネーム パス

http
ftp
mailto
file
:

開発者ツール

[F12]ボタンで開発者ツールを表示すると、ブラウザの動きを見ることが出来る

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://portal.mc.chitose.ac.jp/>. The main content area displays a '連絡掲示' (Announcement Board) section with various notices. Below it is a '休講情報' (Absence Information) section with a table of scheduled absences. To the right of the main content, the Chrome Developer Tools are open, specifically the Network tab. This tab lists all the resources loaded by the page, including scripts, stylesheets, and images, along with their status, protocol, type, size, and a waterfall chart. At the bottom of the developer tools, there are several informational panels: 'Console' (empty), 'What's New' (highlighting the Chrome 86 update), 'New Media panel' (describing media information download), 'Issues tab updates' (noting the replacement of the warning bar with a regular message), and 'Emulate missing local fonts' (with a 'new' button).

例：Chromeで開発者ツールを表示させて、本学ポータルサイトを訪ねたとき

WebブラウザとWebサーバがやりとりするmethodは(通常は)

GET: WebブラウザがWebサーバから情報を取り出す

PUT: WebブラウザからWebサーバに情報を送る

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://portal.mc.chitose.ac.jp/portal/>. The main content area displays a table of course schedules:

日時	講時	授業名
2020/11/09	3 講目	生物学応用
2020/11/10	3 謲目	画像工学
2020/11/11	3 謲目	ロボティクス
2020/11/13	1 謲目	エレクトロニクス計測
2020/11/13	2 謲目	ナノフォトニクスデバイス
2020/11/13	3 謲目	医用レーザ工学

At the bottom left, there are two orange buttons: "CIST Portal" with a logo and "千歳科学技術大学 授業支援ポータルサイト". On the right, the browser's developer tools Network tab is open, showing a list of resources loaded for the page. A callout box highlights the request details:

Request URL: <https://portal.mc.chitose.ac.jp/portal/>
Request Method: GET
Status Code: 200 200
Remote Address: 192.168.1.52:443



リクエストとレスポンス

Webブラウザからリクエスト・メッセージを送り、Webサーバがレスポンス・メッセージを返す

リクエスト・メッセージでのリクエストは1つだけ



例えば
文章に加え、図が3つあるWebsiteの場合、4回のリクエストとそれぞれのレスポンスが生じる

▼ Response Headers [view source](#)

Cache-Control: no-cache, no-store
Connection: Keep-Alive
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
Date: Fri, 13 Nov 2020 06:50:04 GMT
Expires: Thu, 01 Jan 1970 00:00:00 GMT
Keep-Alive: timeout=5, max=100
Pragma: no-cache
Server: Apache/2.4.6 (CentOS) OpenSSL/1.0.2k-fips
Transfer-Encoding: chunked

▼ Request Headers [view source](#)

Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9
Accept-Encoding: gzip, deflate, br
Accept-Language: ja,en-US;q=0.9,en;q=0.8
Cache-Control: max-age=0
Connection: keep-alive
Cookie: JSESSIONID=36BAAF5251F367FD0606125DD1AACB9A;
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/85.0.4183.122 Safari/537.36

リクエストとレスポンス

```
x Headers Preview Response Initiator Timing Cookies
1 <!DOCTYPE html>
2 <html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" lang="ja" xml:lang="ja">
3   <head><script type="text/javascript" src=".wicket/resource/org.apache.wicket
4 <script type="text/javascript" src=".wicket/resource/org.apache.wicket.ajax.Abst
5 <script type="text/javascript" src=".wicket/resource/org.apache.wicket.ajax.Abst
6 <script type="text/javascript" id="wicket-ajax-base-url">
7 /*<![CDATA[*/
8 WicketAjax.baseUrl=?0";
9 /*]]>*/
10 </script>
11
12   <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
13   <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/theme.css" />
14 <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/bootstrap.min.css" />
15 <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/bootstrap-theme.min.css" />
16 <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/signin.css" />
17 <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/portal-info.css" />
18 <script type="text/javascript" src="js/jquery-1.11.1.min.js"></script>
19 <script type="text/javascript" src="js/bootstrap.min.js"></script>
20 <script type="text/javascript" src="js/ie10-viewport-bug-workaround.js"></script>
21 <script type="text/javascript" >
22 /*<![CDATA[*/
23 Wicket.Event.add(window, "domready", function(event) {
24 WicketAjax.ajax({"u":"./?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-0-link","c":
25 WicketAjax.ajax({"u":"./?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-1-link","c":
26 WicketAjax.ajax({"u":"./?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-2-link","c":
27 WicketAjax.ajax({"u":"./?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-3-link","c":
28 WicketAjax.ajax({"u":"./?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-4-link","c":
29 WicketAjax.ajax({"u":"./?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-5-link","c":
30 WicketAjax.ajax({"u":"./?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-6-link","c":
31 WicketAjax.ajax({"u":"./?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-7-link","c":
32 WicketEvent.publish(WicketEvent.Topic.AJAX_HANDLERS_BOUND);
33 });
34 /*]]>*/
35 </script>
36 </head>
37   <body>
```

レスポンス・メッセージの例

Internetでアドレスと言えば“IPアドレス”
すべての情報はIPアドレス宛に発信される

```
選択コマンドプロンプト
Microsoft Windows [Version 10.0.18363.1139]
(c) 2019 Microsoft Corporation. All rights reserved.

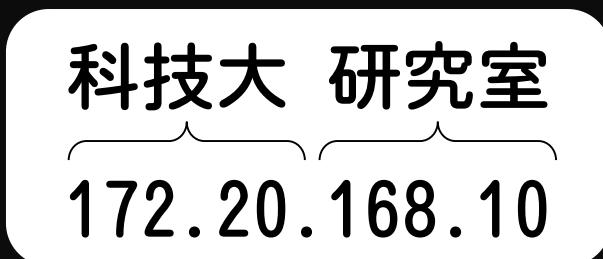
C:\Users\Fukuda>ipconfig /all

Windows IP 構成

ホスト名 . . . . .: MyComputer
プライマリ DNS サフィックス . . . . .: 
ノード タイプ . . . . .: ハイブリッド
IP ルーティング有効 . . . . .: いいえ
WINS プロキシ有効 . . . . .: いいえ

イーサネット アダプター イーサネット:

接続固有の DNS サフィックス . . . . .: 
説明. . . . .: Intel(R) Ethernet Connection (7) I219-V
物理アドレス . . . . .: A8-A1-59-04-02-94
DHCP 有効 . . . . .: いいえ
自動構成有効. . . . .: (はい)
リンクローカル IPv6 アドレス . . . . .: fe80::fdd3:2449%5:af:c1bf%13(優先)
IPv4 アドレス . . . . .: 172.20.168.10(優先)
サブネット マスク . . . . .: 255.255.0.0
デフォルト ゲートウェイ . . . . .: 172.20.0.1
DHCPv6 IAID . . . . .: 111714649
DHCPv6 クライアント DUID. . . . .: 00-01-00-01-25-E6-7A-C3-A8-A1-59-04-02-94
DNS サーバー. . . . .: 172.16.1.30
                                                172.16.1.31
NetBIOS over TCP/IP . . . . .: 有効
```



IPアドレス

グローバルIPアドレス：世界に唯一のアドレス
プライベートIPアドレス：ネットワーク内に唯一のアドレス

The screenshot shows a web page titled "IPアドレス確認" (IP Address Confirmation) from the CMAN network monitoring service. The main content displays the IP address "210.128.52.4" which is highlighted with a pink oval. Below the IP address, there is a link to "IPアドレス変換" (IP Address Conversion). The left sidebar contains a navigation menu with various network monitoring and configuration options.

このスライドを描いているときの、
グローバルIPアドレス

The screenshot shows the "TCP/IP Properties" window for a network adapter. The "General" tab is selected. A note at the top states: "Network where this function is supported, IP settings can be automatically obtained. If it is not supported, please ask the network administrator for appropriate IP settings." Below this, there are two radio button options: "Obtain IP address automatically" and "Use the following IP address". The "Use the following IP address" option is selected, and the IP address field contains "172.20.168.10", which is also highlighted with a pink oval. The subnet mask is listed as "255.255.0.0".

このスライドを描いているマシンに
固定のプライベートIPアドレス

静的割り当てと動的割り当て

IPアドレスの割り当てには、静的割り当てと動的割り当てがある

日	月	火	水	木	金	土
1	2	3	4	5	6	切 断 7
					172.20.168.10	
8	接 続 9	10	11	12	13	切 断 14
					172.20.168.10	
15	接 続 16	17	18	切 接 19	20	21
		172.20.168.10	断 続	172.20.168.10		
22	23	24	25	26	27	切 断 28
					172.20.168.10	
29	接 続 30					
					172.20.168.10	

静的割り当て

サーバやルータ、共有プリンタなどの基幹装置
比較的少人数のユーザから成るネットワークのクライアント

日	月	火	水	木	金	土
1	2	3	4	5	6	切 断 7
					172.20.168.10	
8	接 続 9	10	11	12	13	切 断 14
					172.20.168.21	
15	接 続 16	17	18	切 接 19	20	21
		172.20.168.18	断 続	172.20.168.33		
22	23	24	25	26	27	切 断 28
		172.20.168.33				
29	接 続 30					
				172.20.168.50		

動的割り当て

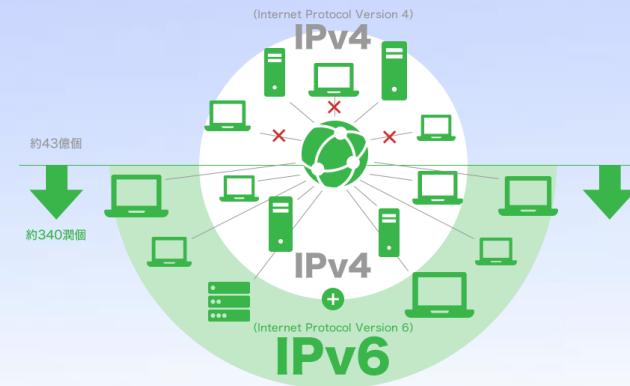
DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

大勢のユーザがいる大規模ネットワークのクライアント

IPv4 vs IPv6

インターネット接続機器の増加に対応して、より多くのIPアドレスを使うことが可能なIPv6が実用化されている

- IPv4
 - 4,294,967,296 個
 - XXX.XXX.XXX.XXX
- IPv6
 - 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456 個
 - XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX

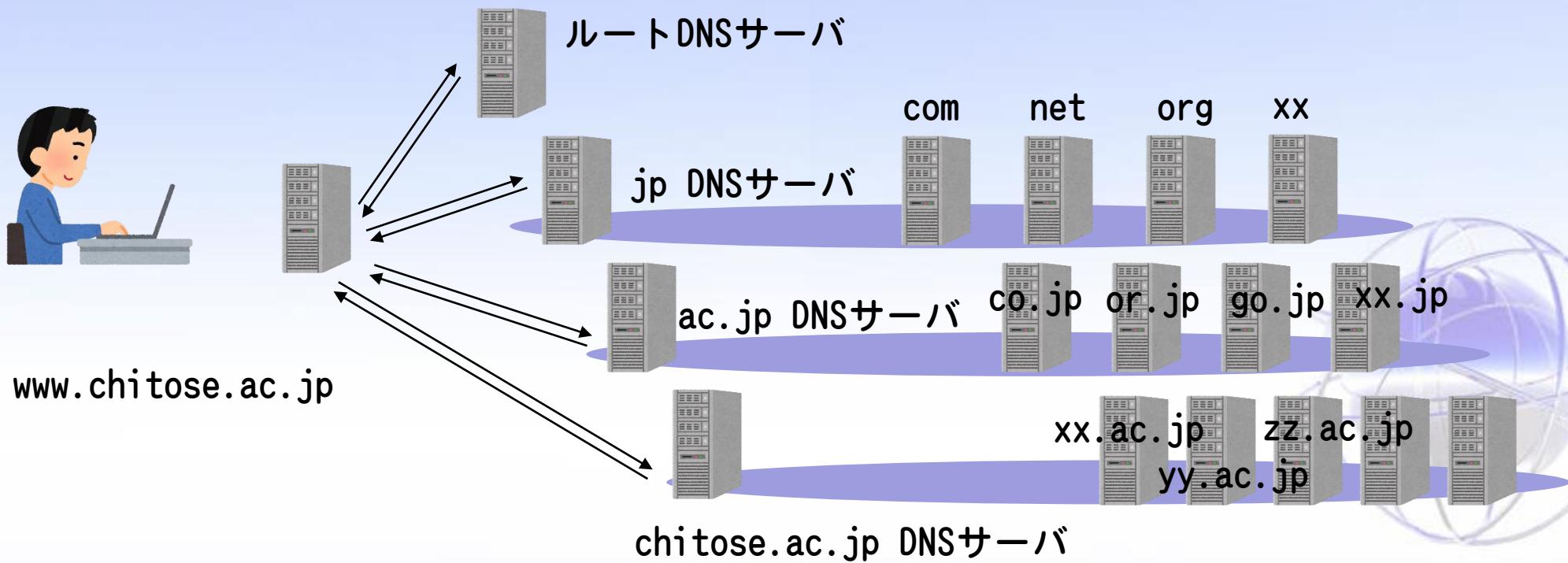


数字の組合せであるIPアドレスに代わり、人間に理解しやすい
“名前”でIPアドレスを解決する手段がある

- ・ インターネット上のホスト名や電子メールに使われるドメイン名と、IPアドレスとの対応づけ(正引き、逆引き)を管理するため使用されているシステム
 - 正引き：ホスト名から対応するIPアドレスを引く
 - 逆引き：IPアドレスから対応するホスト名を引く

名前解決の仕組み

世界中の多くのDNSサーバの協力により名前解決できる



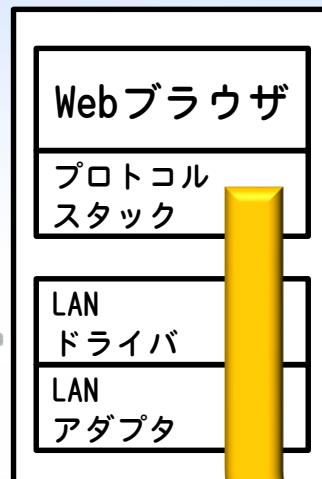
ドメインネームをカバーするDNSサーバとして、権威DNSがある
中でも最上位のDNSをルートサーバと呼び、世界に13拠点ある

ルートサーバ一覧

頭文字	IPv4アドレス	IPv6アドレス	古い名前	管理者	サーバ所在地	ソフトウェア
A	198.41.0.4	2001:503:BA3E::2:30	ns.internic.net	アメリカ合衆国 VeriSign	エニーキャストによる負荷分散	BIND
B	192.228.79.201(2017年10月24日まで) 199.9.14.201(2017年10月24日から) ^[10]	2001:500:84::b	ns1.isi.edu	アメリカ合衆国 南カリフォルニア大学情報科学研究所	アメリカ合衆国 マリナ・デル・レイ	BIND
C	192.33.4.12	2001:500:2::c	c.psi.net	アメリカ合衆国 Cogent Communications	エニーキャストによる負荷分散	BIND
D	199.7.91.13	2001:500:2d::d	terp.umd.edu	アメリカ合衆国 メリーランド大学カレッジパーク校	アメリカ合衆国 カレッジパーク	BIND
E	192.203.230.10	2001:500:a8::e	ns.nasa.gov	アメリカ合衆国 アメリカ航空宇宙局	アメリカ合衆国 マウンテンビュー	BIND
F	192.5.5.241	2001:500:2f::f	ns.isc.org	アメリカ合衆国 Internet Systems Consortium	エニーキャストによる負荷分散	BIND 9 ^[15]
G	192.112.36.4	2001:500:12::d0d	ns.nic.ddn.mil	アメリカ合衆国 アメリカ国防情報システム局	エニーキャストによる負荷分散	BIND
H	128.63.2.53(2015年11月30日まで) 198.97.190.53(2015年12月1日から) ^[9]	2001:500:1::803f:235(2015年11月30日まで) 2001:500:1::53(2015年12月1日から) ^[9]	aos.arl.army.mil	アメリカ合衆国 アメリカ陸軍研究所	アメリカ合衆国 アバディーン	NSD
I	192.36.148.17	2001:7fe::53	nic.nordu.net	スウェーデン Autonomica	エニーキャストによる負荷分散	BIND
J	192.58.128.30	2001:503:C27::2:30		アメリカ合衆国 VeriSign	エニーキャストによる負荷分散	BIND
K	193.0.14.129	2001:7fd::1		オランダ RIPE NCC	エニーキャストによる負荷分散	NSD ^[16]
L	199.7.83.42	2001:500:3::42		アメリカ合衆国 ICANN	エニーキャストによる負荷分散	NSD ^[17]
M	202.12.27.33	2001:dc3::35		日本 WIDEプロジェクト	エニーキャストによる負荷分散	BIND

ソケット

通信関係の命令はWebブラウザ以外のアプリケーションでも共通なので、OSのプロトコルスタックが司る
プロトコルスタックは、自身と相手方の間に「ソケット」を作成する

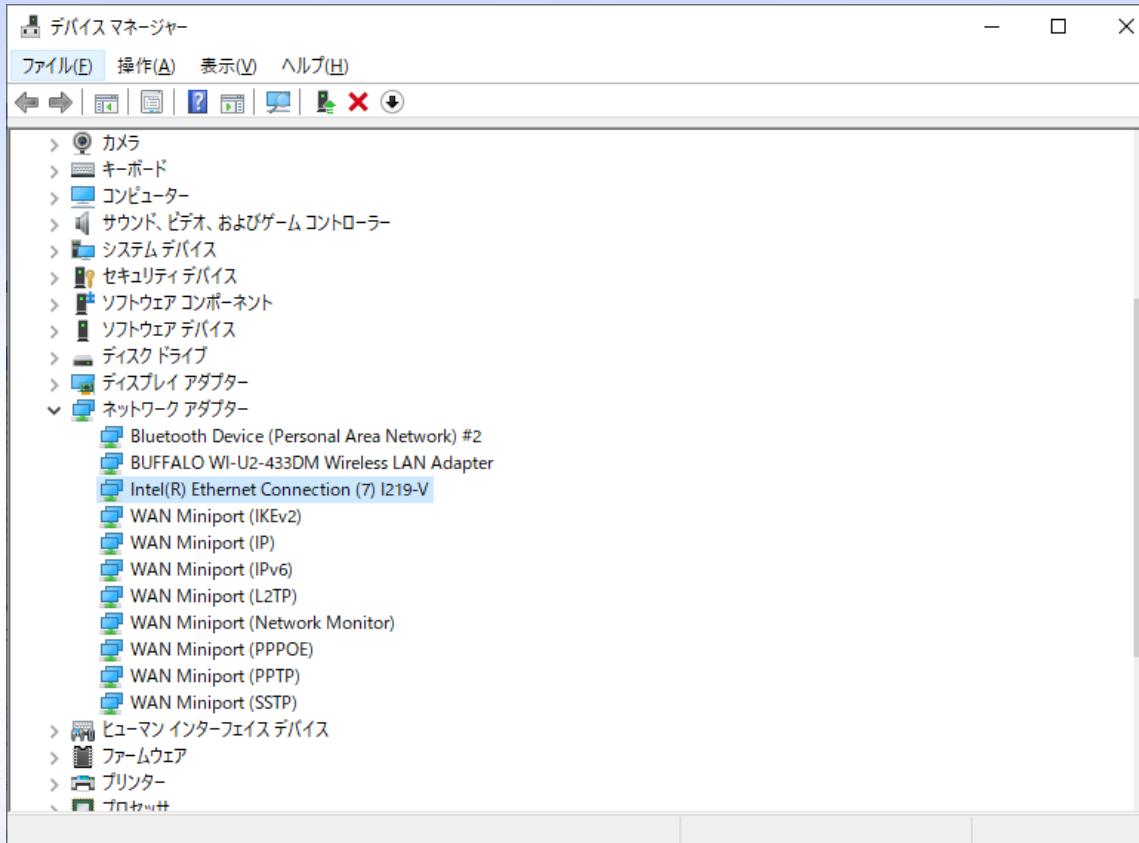


ソケット



LAN ドライバ

LAN ドライバはソケット経由でプロトコルスタックからの命令を受け取り、ハードウェアである LAN(ネットワーク)アダプタへの命令に変換する

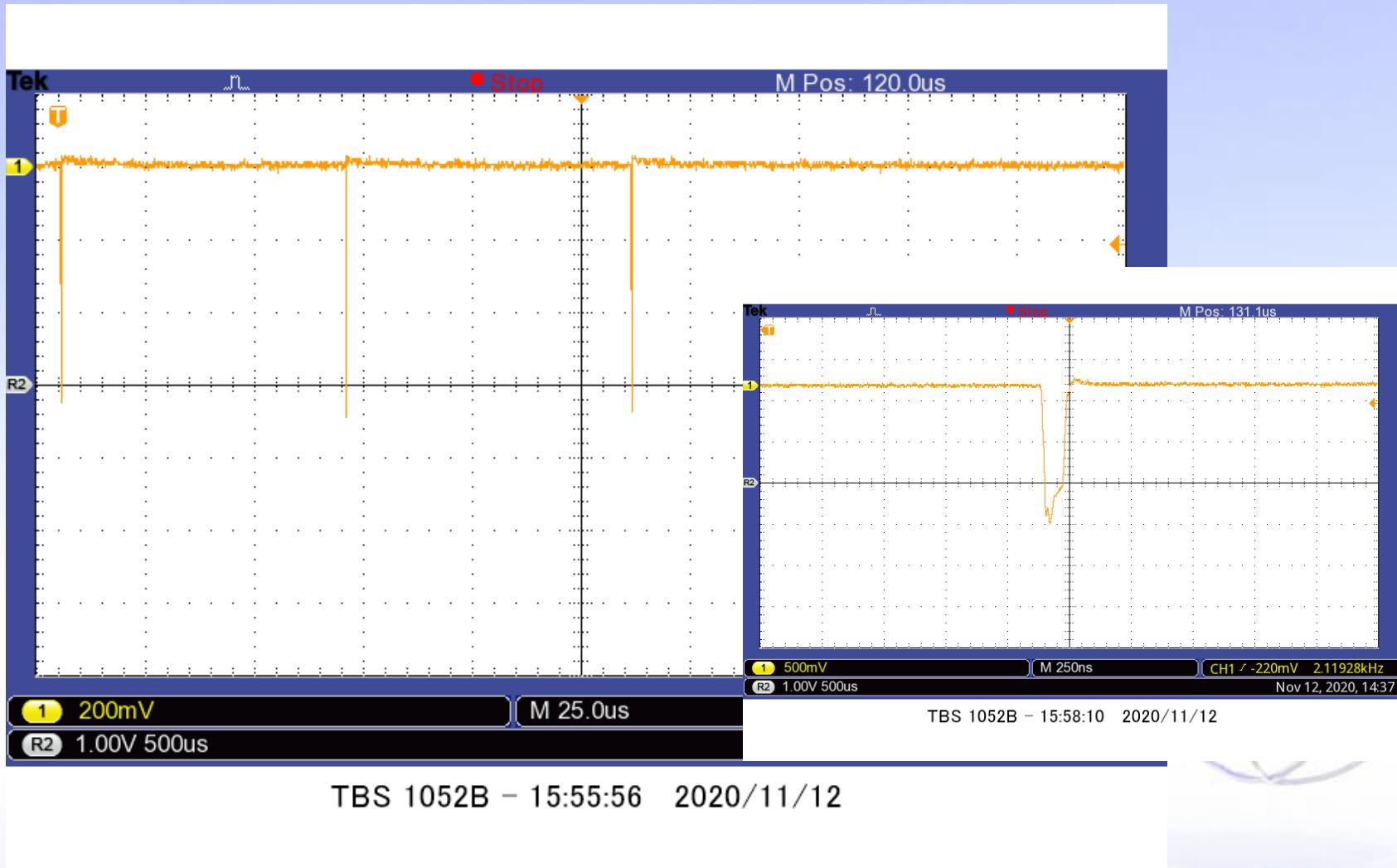


LANアダプタ

LANドライバからの命令に従い、LANアダプタ(NIC)から電気信号で
LANケーブルにデータが送信される



NICから出力される信号波形



まとめ

Webブラウザが初めに行なうことは、URLの解析

WebブラウザとWebサーバがやりとりするmethodは(通常は)

GET: WebブラウザがWebサーバから情報を取り出す

PUT: WebブラウザからWebサーバに情報を送る

Webブラウザからリクエスト・メッセージを送り、Webサーバがレスポンス・メッセージを返す

Internetでアドレスと言えば“IPアドレス”

すべての情報はIPアドレス宛に発信される

グローバルIPアドレス：世界に唯一のアドレス

プライベートIPアドレス：ネットワーク内に唯一のアドレス

IPアドレスの割り当てには、静的割り当てと動的割り当てがある

まとめ

インターネット接続機器の増加に対応して、より多くのIPアドレスを使うことが可能なIPv6が実用化されている

数字の組合せであるIPアドレスに代わり、人間に理解しやすい“名前”でIPアドレスを解決する手段がある

世界中の多くのDNSサーバの協力により名前解決できる

ドメインネームをカバーするDNSサーバとして、権威DNSがある

中でも最上位のDNSをルートサーバと呼び、世界に13拠点ある

通信関係の命令はWebブラウザ以外のアプリケーションでも共通なので、OSのプロトコルスタックが司る

プロトコルスタックは自身と相手方の間に「ソケット」を作成する

LANドライバからの命令に従い、LANアダプタ(NIC)から電気信号でLANケーブルにデータが送信される