

ゼミ Kickoff: Computer Networks 5th edition

久野 靖*

2014.9.5

□ Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall, Computer Networks, 5th ed. ,Pearson, 2010.

□ 多数のテキストを書いている Tanenbaum 先生のネットワーク本

- 我々が (IP で) よく知ってるネットワーク層より「下」がすごく詳しい
- 下から順なので順にやっていると新しいことが学べるのでは
- 最後のセキュリティの章をどこかで先にやるのもいいかも

-1 Preface

□ 第5版だよ。どの版もそれぞれ「時代」に対応している

- 第1版: 1980: ネットワークはアカデミックな興味の対象
- 第2版: 1988: ネットワークは大学や大企業が使用
- 第3版: 1996: インターネットが大衆のものに
- 第4版: 2003: ワイヤレス・モバイルの時代に
- 第5版: 2010: ネットワークはコンテンツ配布 (CDN、P2P) のために、スマホはインターネット端末

□ 色々変更したが、最大ものは共著者 David の参加 (初期からのネットの専門家で今はワシントン大)

□ もちろん内容も細かく改良 --- ワイヤレス (802.12, 802.16)、3G、RFID、CDN、P2P、リアルタイム、VoIP、遅延耐性

□ 各章の概観

□ 略語集(?)

□ 使い方: コアとオプション (*印) を区分

□ ネットサイト

□ 謝辞

0 Introduction

□ 過去3世紀はそれぞれ単一の新技术が支配

- 18C: 機械装置, 19C: 蒸気機関
- 20C: 情報の収集・伝達 --- 電話網、ラジオ・テレビ、コンピュータの誕生、通信衛星、インターネット

□ 21C: 情報の収集・処理・伝達の各領域が急速に統合

□ コンピュータは短期間に急速に発達

- 誕生から最初の20年は、集中型 (巨大で専用の部屋に鎮座) (しばしばその部屋の壁の一部はガラス貼り)
- 巨大組織でもコンピュータの台数はせいぜい30台くらい
- 40年後にはそれより強力な切手サイズのマシンが… なんて SF

□ コンピュータと通信の融合はコンピュータシステムの形態を変革

- 「コンピュータセンタ」「1台を多人数で共用」は時代遅れに
- 多数のネットをつなげたコンピュータによるサービス→その「ネットワーク」が本書のテーマ

□ def: 「コンピュータネットワーク」==「自律動作するマシン群が単一の技術によって相互接続されているもの」

- 相互接続とは、互いに情報をやりとりできること
- 接続方法は銅線のほか光ファイバ、電波、赤外線、衛星通信等
- サイズはさまざま。ネットどうしがさらに接続 → インターネット

□ QUIZ: 「コンピュータネットワーク」と「分散システム」の違い?★

□ QUIZ: 身近な分散システムの例をあげると?★

□ 分散システムでは多数の独立したマシンの集まりがユーザからは「1つ」に見える

- ユーザに提示するパラダイムは1つ

*筑波大学ビジネスサイエンス系

- それはしばしば OS より上のミドルウェア層によって提供
 - よく知られた分散システムの例： 「WWW」
- コンピュータネットワークではそのような単一のモデルや見え方は無い
- ユーザは個々のマシンを意識
 - それぞれのマシンのハードや OS が違えばその違いはユーザに見える
 - 「よそのマシンでプログラムを動かすにはリモートログインしてそこで起動」
- 分散システムはネットワークの上に構築されるソフトウェアシステム
- そのソフトウェアが均質性・透明性を提供
 - ということは → ネットと分散システムの違いはソフト的な違い（ハードは同一）
- しかしながら→ネットと分散システムには多くの重なり
- 分散システムでもネットワークでもファイルの移動は必要
 - ただ、動かすのがシステムなのかユーザなのかが違う
 - 本書はネットワークの本だが多くの部分は分散システムでも同じ
 - 後者をもっと知りたければ「分散システム」を読んでね
- これらの情報が利用できなかつたら 3 分と業務できない
 - 3 人でやってる旅行代理店でも多くの情報アクセスはコンピュータで
- 大企業では各地にある多数のオフィス→しかし情報は共有
- VPN (Virtual Private Network) ← 各地の LAN を 1 つのネットに
 - この場合の目標は「地理的障壁の克服」
- 最も単純な場合、企業の情報は 1 つの DB に格納と考えられる
- データはサーバに格納 ← 管理者が管理
 - 利用は社員の PC(クライアント) から。その利用者をクライアントと呼ぶこともある
 - クライアントとサーバはネットで接続 (図 1-1)。ネットは楕円で示す
- これがクライアントサーバ (C/S) モデル→広く使われている
- 最も普及してるのは Web アプリケーション
 - C/S はサーバが同建物内なら当然 OK だが、もっと離れていても OK
 - Web ページを家から見るとかもこれに相当
 - Web サーバは多数 (何百、何千) のユーザをサポート

- C/S モデルをより詳細に見ると…
- 2 つ (サーバに 1 つ、クライアントに 1 つ) のプロセス (図 1-2)
 - クライアント → (要求) →サーバ → (応答) →クライアント
- 通信手段←情報やコンピュータの問題というより人の問題【2】
- 多くの企業内ではメールで相互に連絡
 - 雑談の愚痴： 多くのメールが来る、そして無意味なもの多数 (ボスは簡単に全員あてにメールできるから)
- 社内電話もネットワークかも： IP テレフォニないし VoIP (Voice over IP)
- VoIP 電話器やコンピュータで通話。電話代が節約される
- より高度な通信： 音声+ビデオ
- 遠隔会議 → 出張の削減

1 Uses of Computer Networks

- なぜコンピュータネットワークを使うのか、何に使えるのか、を見ておく価値あり
- 古典的な用途からはじめて、家庭とか最近の発展とかまで

1.1 Business Applications

- 多くの企業は多数のコンピュータを使用
- 最初は独立していたかも→やがてつなげて使うように
- ここでの目的→資源共有【1】
- データやプログラムを誰もが活用できるように
 - プリンタとか共有した方が安くて速くて快適
- しかし、ハード資源の共有より情報の共有がより大切
- 顧客情報とか在庫情報とか経理とかの情報は各部署が使う

- デスクトップ共有 → 黒板の共有のようなことができる
 - 誰かが書き込むと直ちに全員が見られる
 - 遠く離れた人どうして協力して仕事
 - さらなる進歩： 遠隔患者モニタリングなど→今後重要になるかも
 - 「通信と運送は争っている」
- 多くの企業の目標： 電子的ビジネス遂行 (e コマース) [3]
- 航空会社、書店、その他の小売店は顧客がネットから注文
 - 多くの企業はカタログも注文もネットで
 - 自動車や航空機の製造会社もサブシステムをネット購入することで在庫を削減し効率化
- 寝てる間にあなた好みの記事が PC にダウンロード
 - 新聞少年が失業するかも、でも新聞社はこの弱いリンクを克服したい
 - ただし新聞社はどう課金するか考える必要 (ネットユーザは無料で当然という考えが強い)
- 新聞・雑誌のつぎはデジタル図書館

- ACM や IEEE-CS は既にやっている
- 電子書籍リーダーとデジタル図書館により紙の本は遺物に?
- 紙に印刷がいいという懐疑派もあり

□ 多くの情報は C/S でアクセスだが、P2P もある

- 個人が緩いグループを構成して情報流通、決まったサーバは無し

□ BitTorrent など多くの P2P システムは中央データベースも無い

- 代わりに各ユーザのマシンが隣人と持ちもの情報を交換
- これを伝播していくことで大規模な DB が可能
- 人間にはとてもやっつけられないがコンピュータには OK

□ P2P は多く音楽・ビデオに使用

- 2000 年に Napstar が停止させられるという事件があった
- P2P の適法な利用ももちろんある
- パブリックドメインなコンテンツやフリーソフトの流通や取り寄せ
- 実際のところ、メールだって P2P

□ ここまでは遠隔 DB にアクセスのようなものだったが…

□ 次のカテゴリとして個人間のコミュニケーションがある [2]

- 19 世紀の電話にとって代わるもの
- メール (文字)、ビデオ、音声によるやりとり。香りはまだちょっと

□ 多くのティーンはインスタントメッセージ中毒

- Unix の talk が発祥 (そうなの?★)。実時間でメッセージ交換
- 複数人グループのサービスも。Twitter とか

□ インターネットは音声伝達にも。ネットラジオ、YouTube

- 友人とテレビ電話もできるが、遠隔教育にも使える

1.2 Home Applications

□ 1977、Ken Olsen (DEC --- IBM に続く No.2 コンピュータ製造会社--- 社長) 談

- 「なぜ DEC はパソコン市場に進出しないのか?」「いかなる個人も自宅にコンピュータを置く理由などないから」(DEC 社はもはやない)
- 今日では PC を買う最大の理由はネットアクセス (でもスマホやタブレットでいいよね★)
- 多くのコンシューマー機器はコンピュータ入り+ネットつき
- ホームネットワークは娯楽 (音楽再生やビデオ視聴) に活用

□ インターネットアクセスがあれば遠隔接続可能

- これによりよその情報にアクセスしたりコミュニケーションしたり e コマースを利用できる
- Bob Metcalfe (イーサネット発明者) の仮説: ネットの価値はそこにつながっている利用者数の 2 乗に比例 (Metcalfe's Law)
- だからインターネットには価値がある

□ 遠隔情報のアクセスしかたはさまざま [1]

- Web サーフィン: アート、ビジネス、料理等多様な情報
- 楽しみはあらゆる多様な形態で (言えないようなものまで) 来る

□ 多くの新聞はオンライン化/個人化

- 「汚職政治家、火事、スキャンダルは見たい、フットボール不要」

- 対人コミュニケーションの用途は今考えられているより重要かも
 - 地理的に不便な場所に場所にいる人も街中の人と同じアクセス
- SNSによるコミュニケーション。Facebook
 - 集合知。Wiki, Wikipedia
 - そして広い意味でのeコマース【3】
 - ホームショッピング、対話的カタログ、ネットによるサポート
 - 金融も重要。ネットバンキング、ネット取引
 - 誰も予想しなかったもの： ネットオークション
 - オンラインショップはC/Sのよう、オークションはP2P?
 - 「2」のつく略語： B2C, B2B, G2C, C2C, P2P
 - さらに新しいカテゴリ： エンターテインメント【4】
 - 音楽、ラジオ番組、テレビ番組、映画の配布
 - 音楽や映画を購入可能。テレビもIPTVで多くの視聴者へ
 - どの媒体も家庭内でどこからでも楽しめるように
 - 今後： 検索で世界中の過去の番組から欲しいものがすぐ再生?
 - 新作映画は対話的に? (ストーリーが選べるみたいな)
 - 生放送も対話的に (それは既にあるような★)
 - エンターテインメントといえばゲームも。多人数オンラインとか
 - 何千ものユーザがそれぞれ3Dで自分の視点で参加
 - 最後のカテゴリ： ユビキタスコンピューティング【5】
 - コンピューティングが日常生活に埋め込まれている ← Mark Weiser(誰?★)
 - 多くの家庭はすでにホームセキュリティ導入。窓や戸にセンサ
 - 電気やガスなどもネット経由で報告： 検針人は不要に
 - 煙感知器から直接消防署に→留守でも対応できる
 - 消費者向け機器もネットワーク化
 - カメラもネットで画像を送受し近くの画面で観賞可能
 - プロのカメラも直ちに編集者に写真送信
 - TVなどの機器は電灯線ネットで接続
 - シャワーなどもお湯の消費を記録して節水に貢献?
 - RFID(Radio Frequency IDentification)： 受動的タグで安価→多くのもに埋め込み(本、パスポート、ペット、カード…)
 - RFIDリーダは数メートル内のタグを検知できる
 - もとはバーコードの代替だったが、前者は無料、RFIDは数セントという違いで普及せず
 - しかしより多くのことができ、値段も下がっているのでこれから普及かも。IoT
- ### 1.3 Mobile Users
- ノートPC、タブレット等は急速に発達中の領域(デスクトップを既に凌駕)
 - なぜニーズが? ← 移動中でも、どこでも、情報をやりとりしたい
 - 移動中のインターネット接続は有線は無理→無線に関心
 - 1つは携帯電話ネットワーク(cellular)、もう1つは無線LAN(802.11)
 - これらはどこにでも(つぎはぎで)存在し、多くの場所がカバーされる
 - 無線アダプタ+機器とかでいつでもこれらに接続
 - 無線はトラック、タクシー、配達、修理などの人に役立つ
 - 多くの都市でタクシーは個人事業、配車センターの情報に応答
 - 最初に応答したタクシーがその顧客を獲得
 - 軍にも無線は重要
 - どこかに行ってそこで戦うにはそのネット設備に頼れない
 - 自前の無線設備を持って行く
 - 無線とモバイルはしばしば関係しているが同じではない(図1.5)
 - 固定無線と移動無線の違い/ノートPCでも有線接続は使う
 - 家庭LANは動かないものが多いが無線が便利。配線は邪魔/無線の設定が多少手間でも、配線工事してもらいより安い
 - 本当に歩きながら使うモバイルは当然あり(レンタカーの受け取り人など→車のRFIDやバーコードをスキャンしながら確認)
 - モバイル・無線アプリの主流は携帯電話あたり(当然★)
 - テキストメッセージ(texting、SMS)は広く普及

- 打ち込んだメッセージがすぐに他人の画面に表示される
 - こんなに若者に普及するとは予測されていなかった
 - キャリアにとっては通信の少ない SMS は稼ぎどころ (しかし LINE は…★)
- 電話とインターネットの統合は待ち望まれて来たが実現
- iPhone などのスマホは携帯電話とモバイルコンピュータの融合
 - 3G/4G は電話に加えて高速なネット接続も提供
 - ホットスポットでは無線 LAN に自動切り替え
- 3G/4G やホットスポットは電話以外の機器でも利用
- 電子書籍リーダーや電子写真立てのコンテンツ取り寄せなど
- スマホは (携帯電話も★)GPS 搭載などにより位置情報を持つ→位置情報の活用
- マップは現在位置を表示、近くの○○、近隣の天気。geo-tagging
- m コマース (mobile-) が広がりつつある
- ショートメッセージで自販機の支払、つけは電話代にのせられる
 - NFC(near field communication) による支払 (日本だとおサイフケータイ★) →スーパーなどでも
 - 関係者がなんとか e コマースの分け前に預ろうとして色々やっている
 - 店側もクレジットカード会社に数パーセント払うよりよい
 - 一方、客側も買う前に商品の RFID やバーコード読んで安い店探すかも
- なぜ m コマースがいいかという、携帯ユーザは支払に慣れている
- (インターネットユーザはすべてタダで当然だと思っている)
 - Web サイトがクレジットカード支払を求めると大量の文句
 - 携帯サイトでアイテムに課金してもそれは受け入れられる
- コンピュータの小型化とともにモバイル/無線の利用も増大
- 例: センサーネットワーク: 多数のセンサノードが環境情報を取得してそれを中継して集めてくる
- ノードというのは携帯電話や自動車などでも専用機器でもよい
 - 多くの車から振動や速度などの情報収集→道路状況がわかる、自分の車がガスを無駄にしているかなども
- センサーネットワークがすごいのは、これまで観測できなかったもののデータを大量に得られるところ
- 例: シマウマの個体それぞれにセンサーをつけて位置収集
 - 1 ミリ立方 (!) のモバイルコンピュータ→小鳥でも OK
- パーキングメータのような平凡な用途でもデータが新たに得られる
- 無線パーキングメータなら支払も無線で自動で
 - ふさがっている/あいているメータがどこかも分かる
 - 時間切れになっても駐車していたら直ちに (w
 - 米国だけで 100 兆ドル行政がもうかるとの計算も
- ウェアラブルコンピュータも有望
- デイック・トレシーのスマート時計は 1946 年だが今は現実
 - ペースメーカーやインスリンポンプのスマート版→医師が容易に調整できる
 - 一方、そういうものがハックされると問題

1.4 Social Issues

- ネットワークは 500 年前の印刷技術と同様、普通の人がそれまでなかった方法でコンテンツを配布したり見たりできる手段を提供
- しかし良い面も悪い面もある←新しい自由は未解決の社会的/政治的/倫理的問題を伴う
 - ここでは簡単にとりあげる (本格的には本 1 冊必要)
- SNS や掲示板や投稿サイトでは写真などを同胞と共有←内容が技術とか趣味とかのうちはあまり問題は起きないが…
- 個人にとって重要なことがら…政治、信仰、性など…では問題が
- 一般向けに公開された画像が他人を傷つけることもあるし、公開すること自体が正しくないこともある
 - これらの「主張」はテキストだけでなく画像・動画でもよく、それが世界中に共有される
 - 人によっては生活してるそのままを公開
 - 人によってはある種の内容 (特定の国や宗教の批判やポルノ等) は規制すべきと考える

- 過去においてはネットワーク管理者がネットの内容の責任があるという非難されたこともあるが…(新聞や雑誌からの類推)
 - ネットワークは電話や郵便のようなもので、内容は規制しないというのが回答
- 一方でネットワーク企業が一部の内容を規制しているという事実も
 - P2P アプリの利用者はトラフィックが多いとされて規制されたりする
 - 企業により扱いが違ったりとかも。大企業で払いがよければサービスがよく、弱小だと悪いとか
 - 平等に扱うべきだという主張： 通信はその内容や出発点や提供者によって差別されるべきでない→「ネットワーク中立性」
 - しばらくは議論が続くと思われる
- コンテンツに関する争いも多い
 - 例： 著作権法違反なコンテンツが P2P を成長させた→著作権者は嬉しくない→法的対応
 - 現在では P2P ネットワークを探して侵害コンテンツを見つけるシステムも運用されている
 - 米国では DCMA(Digital Millenium Copyright Act) takedown notice (★侵害が疑われる場合はとりあえず削除・遮断してその旨通知すれば罪に問われない) → 誤検出は不可避という問題
- ネットワークではコミュニケーションが極めて容易な反面、管理者がのぞき見するのも容易
 - 例： 雇用者の権利と被雇用者の権利の対立
 - 多くの社員は職場でメールを読み書きするが、企業側はそれを検閲する権利を主張(さらに家庭で送受するものについてさえ)
 - 家庭で勤務時間外まではひどすぎと主張する人も多い
- 行政と市民の対立： FBI は多くのプロバイダに盗聴システムを設置
 - 初期のシステムは Carnivore と命名→印象が悪いと今は「DCS1000」
 - その目的は多数の人の通信を盗聴して不法行為を発見すること
 - 憲法で無断盗聴は禁止しているが政府はしばしば無視
- 個人のプライバシーを侵すのはもちろん政府に限らない
 - 私企業の場合 → プロファイリング
 - クッキーによる追跡、ユーザの行動を監視することから得る情報
- Google は Gmail の内容を読んでその人むけの公告を表示
- モバイル機器による新たな問題： 位置プライバシー
 - 位置サービス提供→提供側は個人が毎日どこをどう移動するか把握→夜のお楽しみとか病院とかまで
- 匿名メッセージによるプライバシーの確保という面も
 - 場合によっては望ましい…生徒や兵士や社員や市民による告発の手段として
 - 一方で米国など多くの国では告発された対象者が反論する機会を与えることとしているので、匿名のままの告発はエビデンスにならない
- ネットからは迅速に情報を見つけ出せるが、その情報が十分考えられたものでなかったり、誤解を招くようなものだったり、全くの間違いだったりすることも多い
 - 痛みがあるのでネットで調べた → アドバイスはノーベル医学賞受賞者からのものであることも、落ちこぼれ高校生からのものであることもあり得る
- 望まない情報が来ること。スパムとか(山のようにメールアドレスを収集して少しでも売れるかもということで送られる)
 - 本当の人によるメッセージを覆い隠しかねないが、スパムフィルタによる対抗もできている
- 犯罪行為に関わる情報も。アクティブコンテンツ(受信者のマシンで動作するようなもの)はウイルスである場合も
 - ウイルスはあなたの銀行アカウントを盗んだりあなたのマシンをボットネットの手下にするかも
- フィッシング： 信頼できるところからの情報のように装って(銀行とか)、あなたを騙して重要な情報を得ようとする
 - ID 泥棒： 対象に対する十分な情報を集めてなり代わりクレジットカードなどを使用
- コンピュータが人間のふりをするのを防ぐのも難しい → CAPTCHA (人間が得意とする簡単な認知タスクをやらせる)
 - チューリングテストの一種ともいえる (completely automated public tuling test to tell computer and human apart)
- これらの問題はコンピュータ業界がセキュリティを真剣に考慮すれば解決するはず

- すべてのメッセージを暗号化し認証すればつけられる機会は少ないし、そういう技術は十分に確立している
- しかし、ハードベンダーもソフトベンダーもそれにはお金が掛かるとして躊躇し、顧客も求めている
- しかも多くの問題はソフトのバグから来ていたりする←ベンダーがソフトに次々に機能を追加した結果複雑化しバグが入る
- 新しい機能を増やしたら課税？ それだと売れないかも。ソフトウェアの不具合に対する返金？ ソフトウェア業界が破産するかも

□ 古くからの法律とネットワークの遭遇は新たな問題の源となるかも

- 例： 電子的ギャンブル。コンピュータは何でもシミュレーションしてるので、スロットマシンとかでも？ しかし多くの地域ではこれは違法。
- 一方、英国のようにギャンブルが合法のところもある→そこで開催しネット経由で参加できるようにしたら？ 参加者もカジノもサーバも別の場所にあって法律もバラバラだったらどうか？