

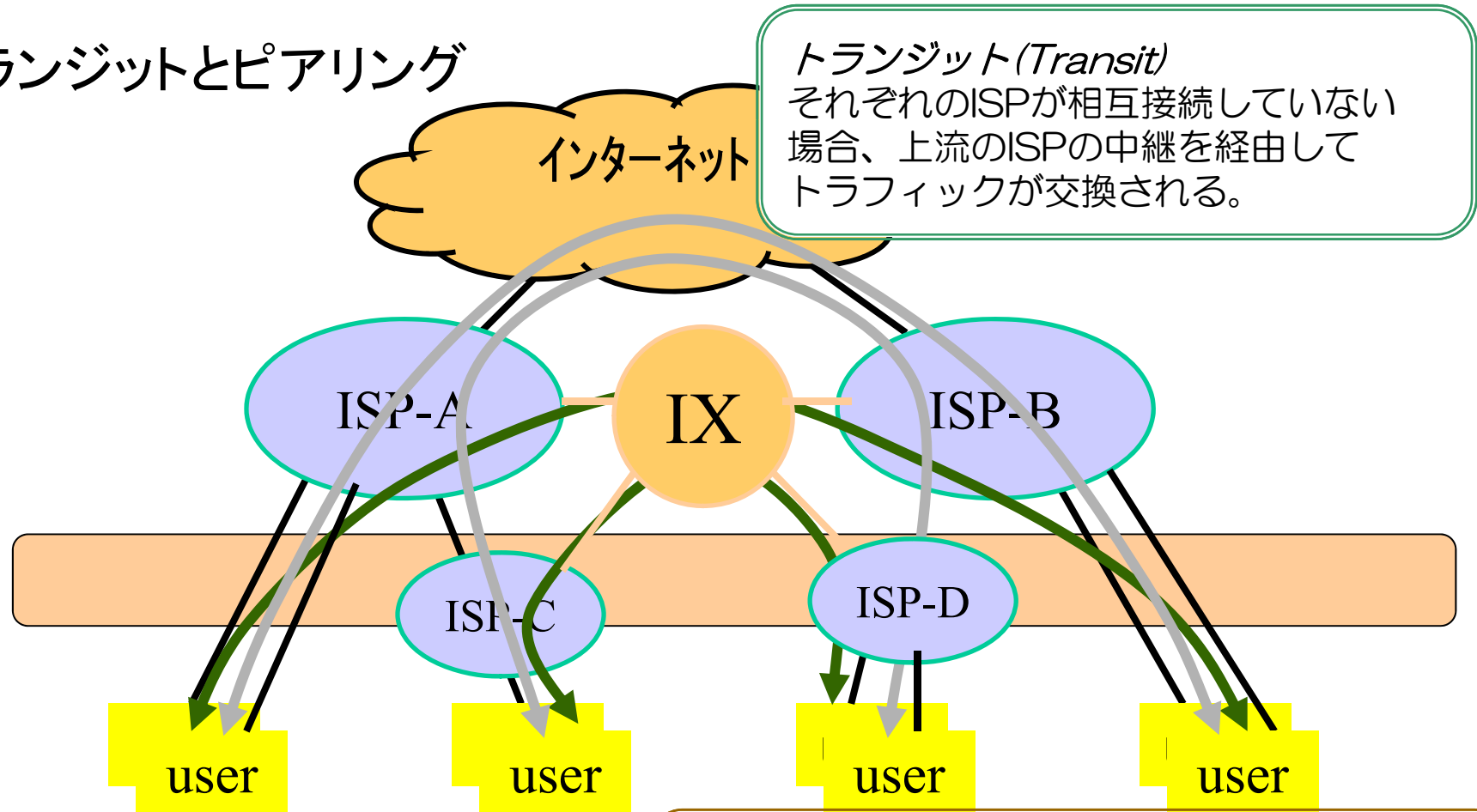
情報通信ネットワークの基本概念

キーワード:

インターフェース、オープンシステム、
デジタル化、通信プロトコル、レイヤ構造、
通信方式

グローバルルーティング

トランジットとピアリング

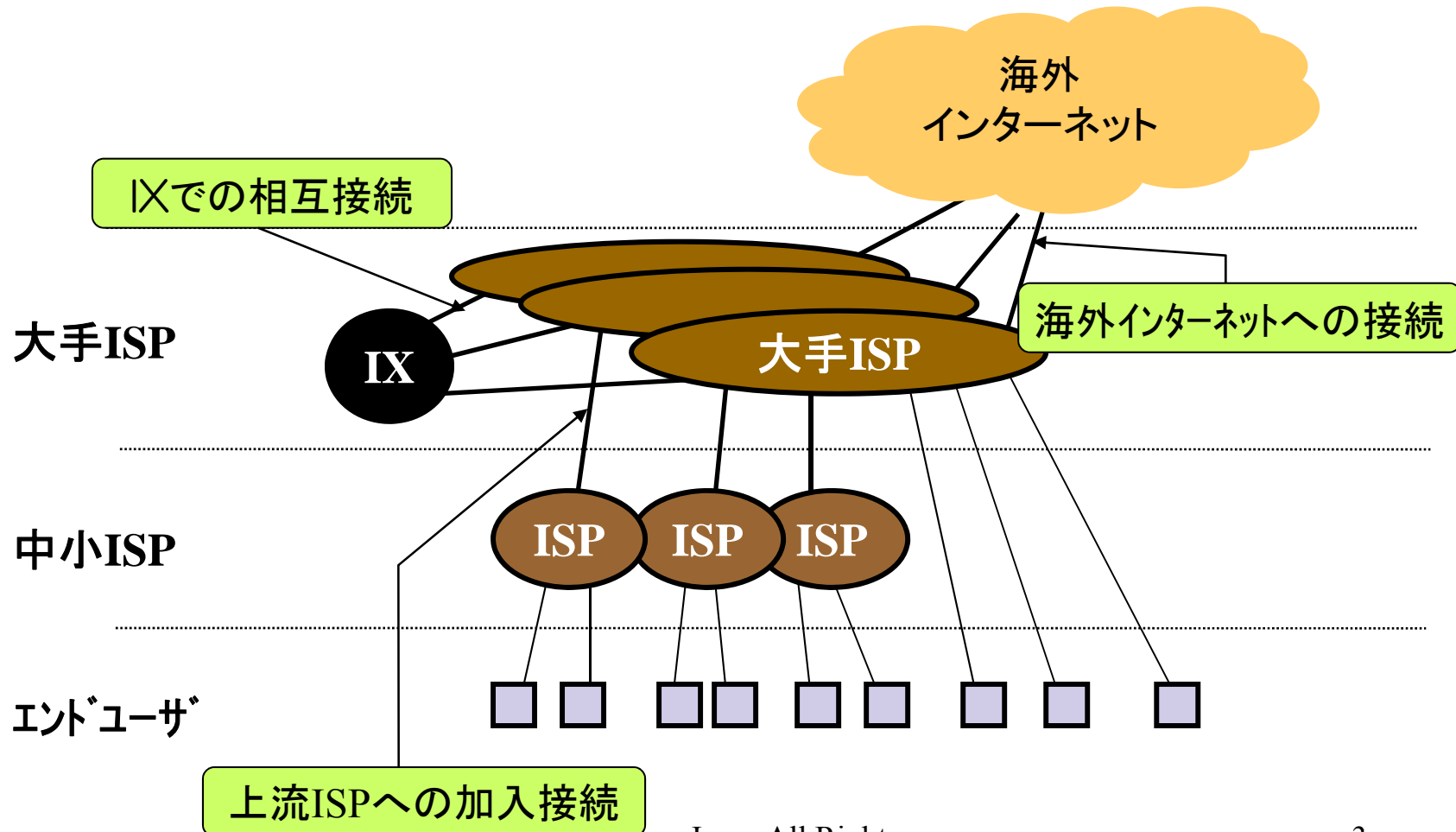


トランジット (*Transit*)
それぞれのISPが相互接続していない場合、上流のISPの中継を経由してトラフィックが交換される。

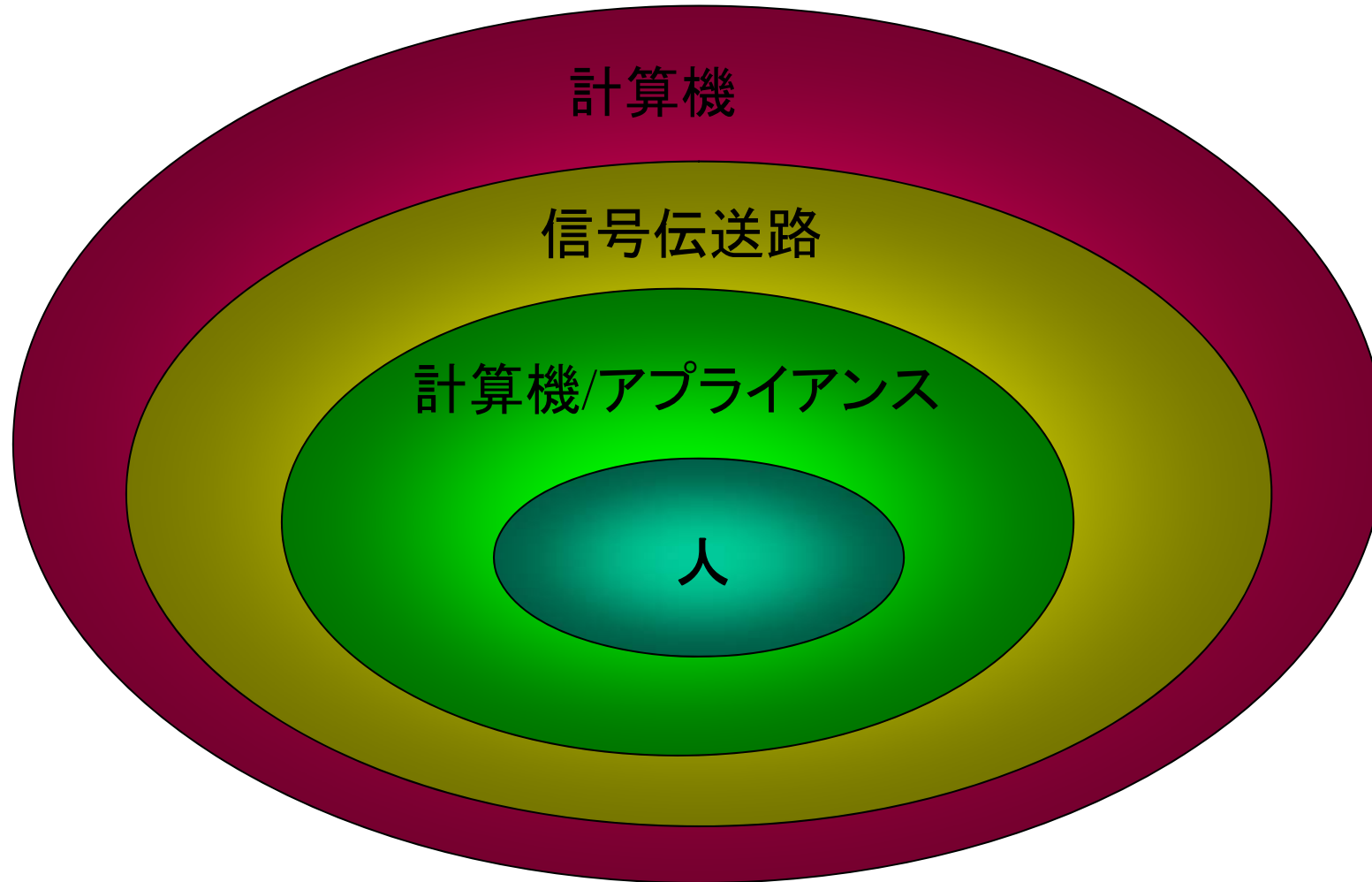
ピアリング (*Peering*)
IX等でトラフィック交換を行うことにより、上流への無駄なトラフィックが減少する。

インターネットを成り立たせるもの

■ 日本のインターネットの構造



ネットワークの登場人物



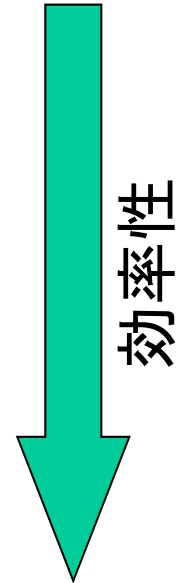
ネットワークの登場人物

計算機

1. 伝送方式
→ どうやって、信号を計算機間で伝達するか
2. 計算機システム
→ 結局、みんな計算機になっている

コンピュータの接続の仕方

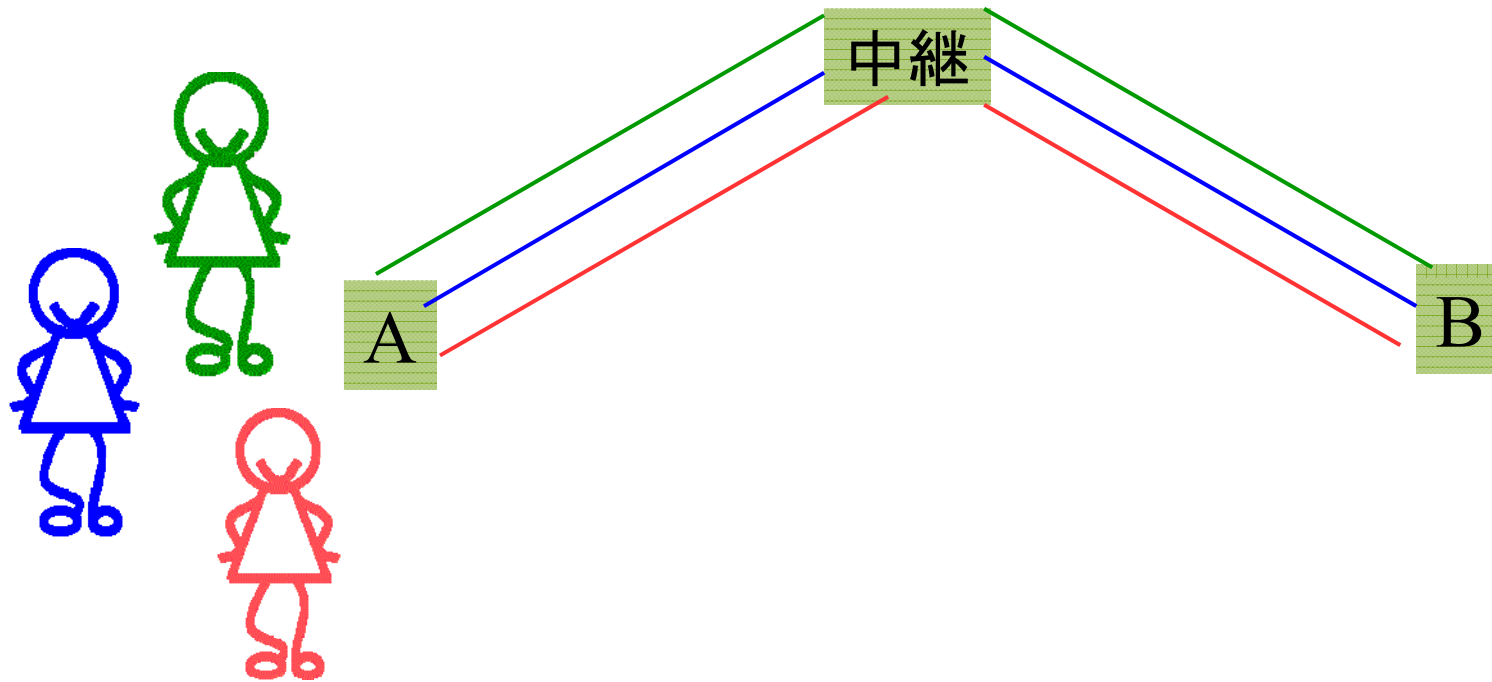
- 永久的な線を準備する。
 - チャンネル、ケーブル
- 必要な時に(仮想的な)線を準備する
 - 電話、(古い)パケット通信
- データを小包にして送りつける。



基本的には、この3つの方法の組み合わせ

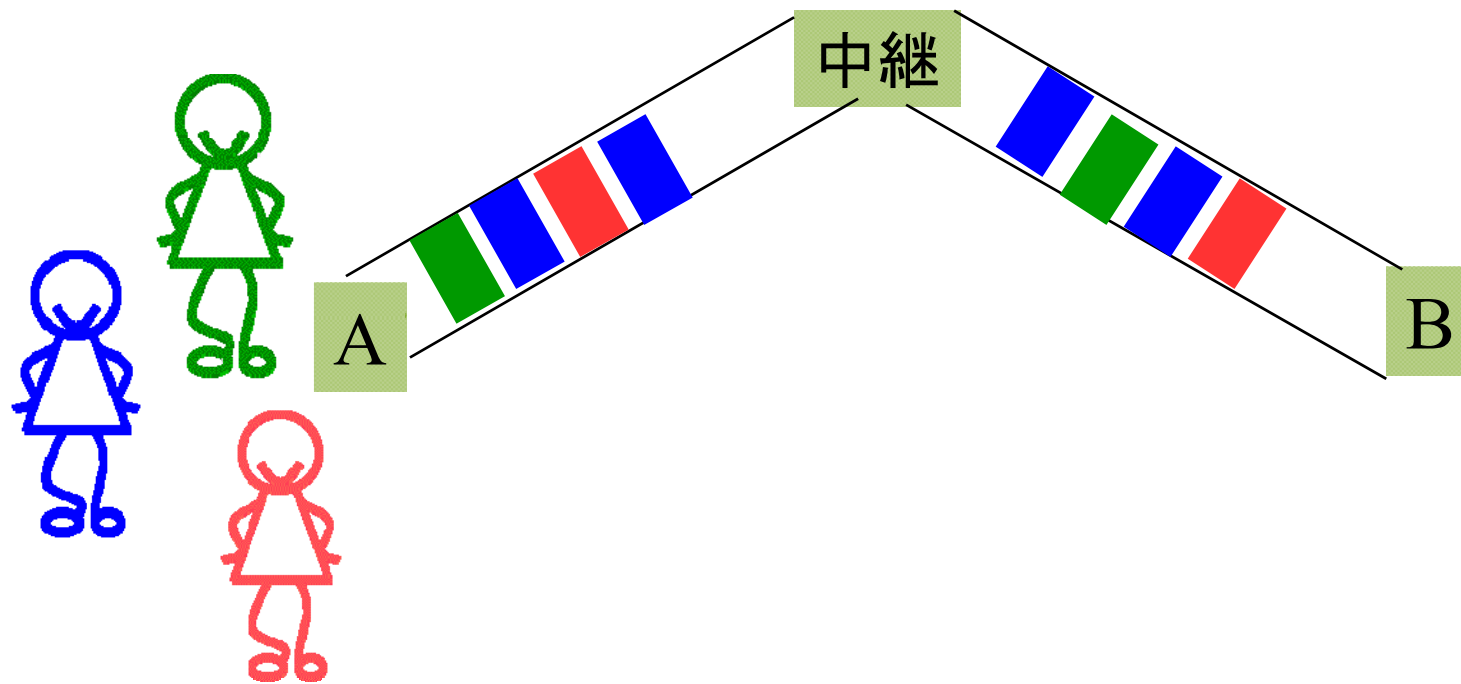
回線交換方式

- 2地点間を回線で結ぶ



パケット交換方式

- 2地点間を**パケット**で結ぶ



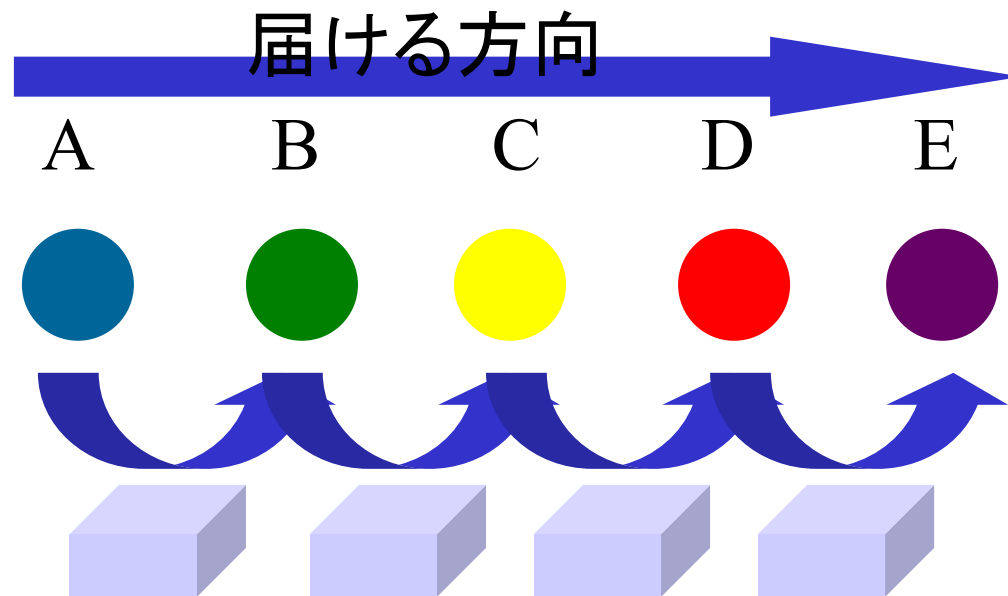
IPパケットを用いた バケツリレーモデル

- バケツリレー
 - 目的
 - バケツに汲んだ水を火のあるところへ
 - 空になったバケツを水のあるところへ
 - 動作
 - バケツを隣の人に渡す



バケツリレーのモデル

- 隣接するエンティティだけが手渡せる
 - 少しずつ目的地に向かって進む
 - 手渡すまでの責任を持たば良い



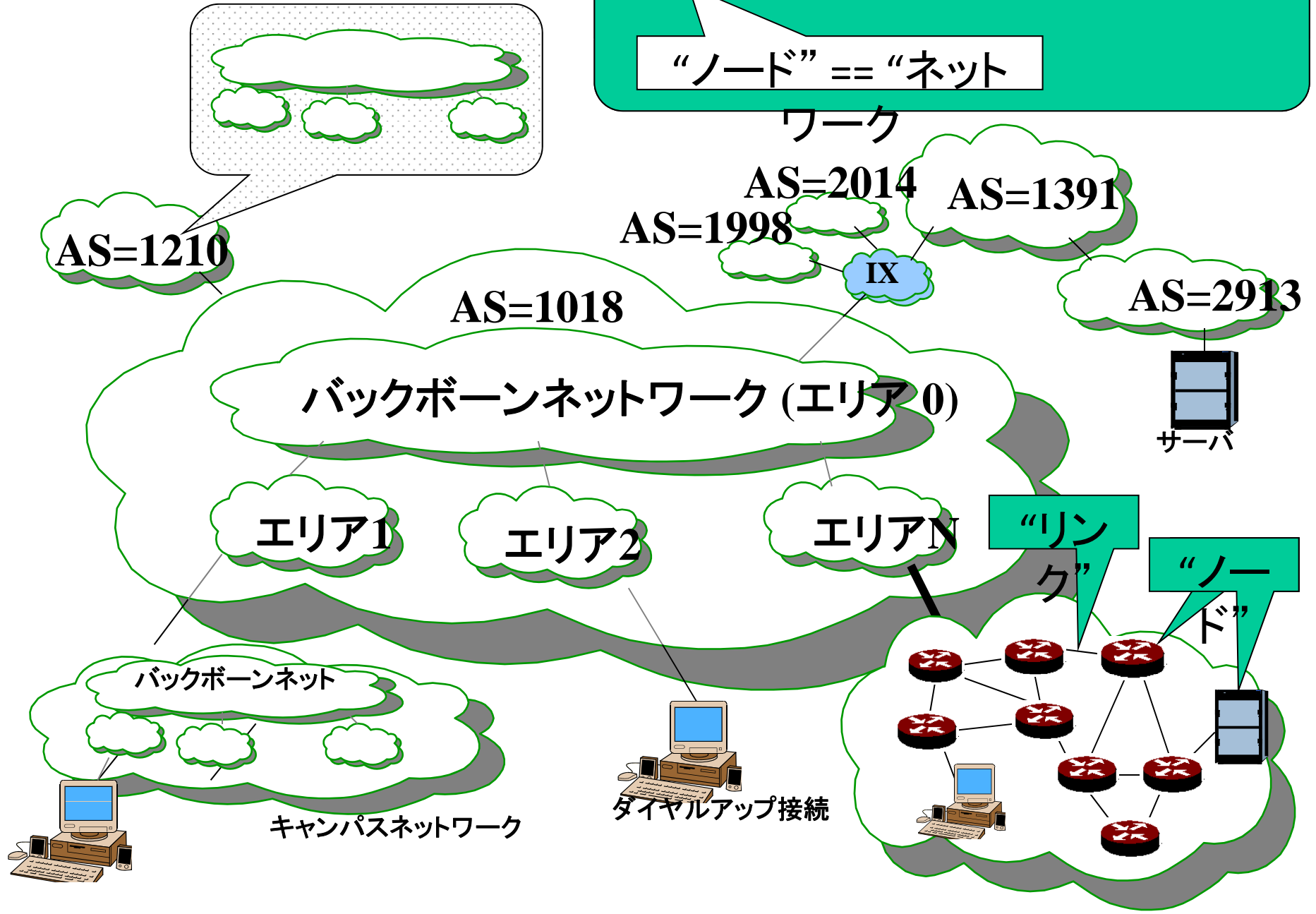
通信インスタンスの抽象化

- 通信の送受信する「もの」：Instance (実体)
 - コンピュータ、携帯電話、電話交換機
 - グラフィックカード、USBメモリ、ネットワークカード
 - ソフトウェアモジュール、スレッド
- 「情報」演算：
 - 生成、取得、伝達、分析、加工、共有
- データ通信の実現に必要な3つの定義
 - 通信インスタンスの抽象化
 - 通信作法(=通信プロトコル)の共通化
 - 通信作法上で交換される情報の共通化された定義と表現手法の共通化

システムの大規模化手法

- 「スケールフリー」への挑戦
 - 同一の定理や定式で、任意の規模のシステムを共通に表現可能な構造/システム/アルゴリズム
- 再帰的構造定義 & 階層的構造
- 自律性
- 自立性
- 分散性

“ノード”と“リンク”の集合 == “ネットワーク”
“ノード” == “ネット



情報通信におけるデジタル化の意味

- 「共通の抽象化オブジェクトの定義と共有」
- 過去に経験した「革命」
 - 言語の発明
 - 文字の発明
 - 紙の発明
 - 印刷の発明
 - デジタルサンプリング(Shannonの定義)の発明
 - デジタル伝送の発明

デジタル化：3つの特性

1. 誤りのない複製と伝達

雑音(ノイズ)の除去。デジタル情報の再生

2. 自律的誤り訂正

辞書を用いた情報の修正/訂正

3. 伝達/伝送媒体に関する非依存性

「言葉」は、「音」の高さ、スピードに依存せずに伝達可能(=話者を選ばない)。「文字」は、「壁面」でも、「紙」でも、「磁気記憶装置」記録可能。

(注)「言葉」が雑音により聞き取れない場合には、(1) 雑音強度を下げる(周りを静かにさせるなど)、(2) 耳の志向性を向上させる(手を使って集音効率を向上させるなど)、(3) 信号強度を上げる(大きな声にする、あるいは、話者が近づくなど)、(4) 別の媒体を用いる(メモを使うなど)などの手法が適用される。

通信品質 (Communication Quality)

- QoS: Quality of Service
- CoS: Class of Service
- Guarantee (保証) vs Best-Effort (最大努力)
 - 運命的資源共有(Fate Share、Single Point of Failure)
 - State-Full と State-Less システム
 - 自律性

インターネットの父

Dr.Robert Kahn氏との話



- インターネットは、論理的なアーキテクチャである。スイッチやルータで形成される物理的なネットワークのことではない。
インターネットは、デジタル情報が透明に流通する「コモンズ」の環境を提供する基盤である。
- インターネットアーキテクチャの“鍵”は、選択肢 (Alternatives) の提供にある。通信の面では、複数のメディアを自由に利用可能にすることになる
- 我々は、過去にアドレス長を長くしてきた。理由は、利用者に情報通信の透明性を提供することで、新たな可能性の提供を維持するためである。

そして、今の目標は、「すべてのデジタル情報」の共有

システム構成とプロトコル

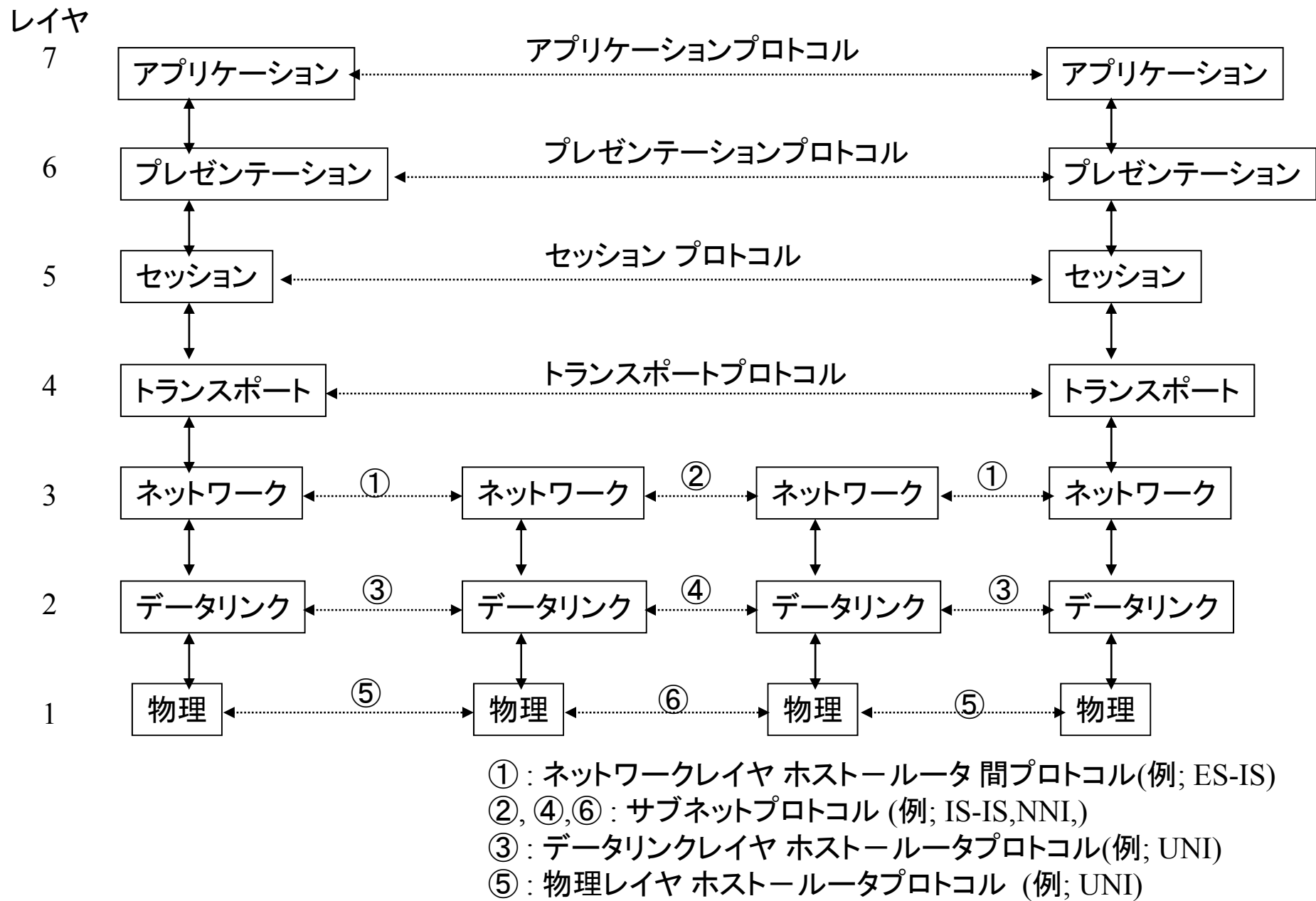


図1-11. OSI 参照7レイヤモデル

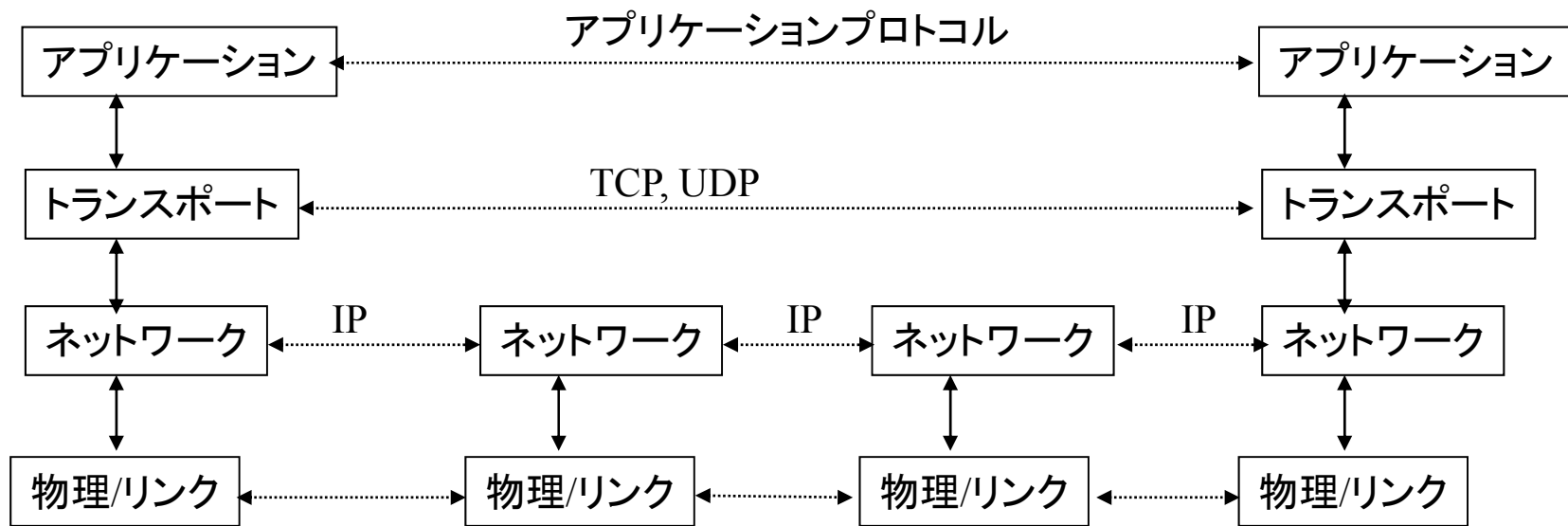
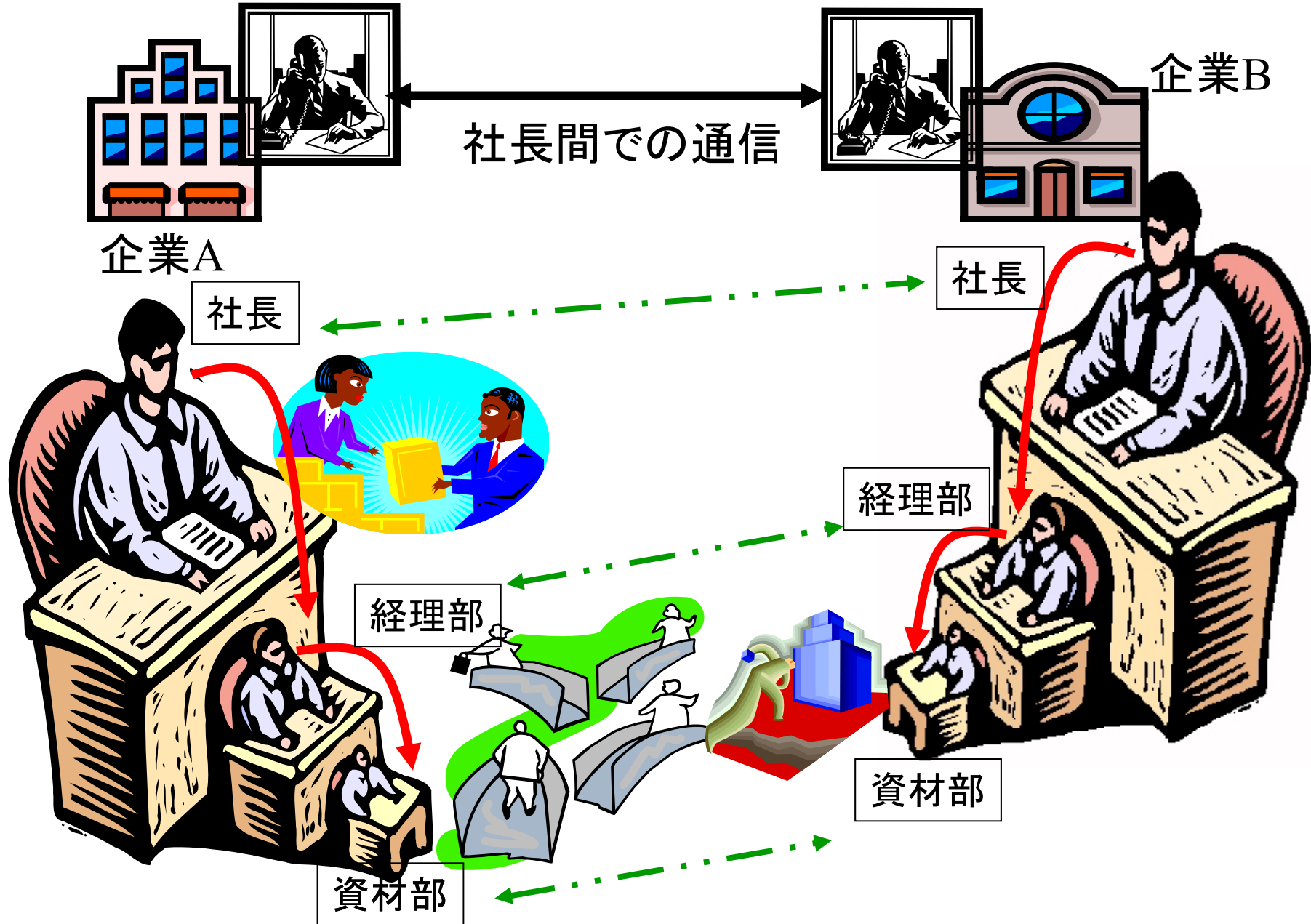


図1-12 TCP/IPの4レイヤモデル

図1-7. 企業間でのメッセージ通信を例にとったレイヤ構造の概念



プロトコル

- もともとは、外交に際するお作法/ルール
- 情報通信では、
 - データのやり取りを行う際のお約束事。
 - 会社の中と会社間の2つがある。
 - 会社の中：モジュール間インターフェース
 - 会社間：通信プロトコル(e.g., IP, http)

階層化の嬉しい点

- オープン化
 - 取替え可能
 - 選択肢を与える
 - 競争原理の発生
 - 機器の継続的確保
 - 分担が可能
 - 一人で何でも行う必要がなくなる
 - 選択肢が増える(e.g., Third Partyからの提供)

さて、オープンシステムの意味

1. インターフェースを公開する。

(* インターフェース: ハード & ソフト

2. 取替え可能性 = Alternatives(選択肢)の提供

Userにとって: Alternative は大歓迎

Providerにとって: Alternative は、敵

(* 「いつでも、どこでも、だれとでも」

↔ 「いまだけ、ここだけ、あなただけ」

さて、オープンシステムの意味(続)

3. 結局は、選択肢を増やす

1. 競争の発生
2. コスト削減
3. 機器の協調動作によるより高度な可能性
4. 機器の継続的供給

4. ビジネス的観点

1. 合併・吸収・提携 時のコスト削減
2. 事業整理 負荷の削減
3. 企業価値の 向上

IPシステム(Internet)って？

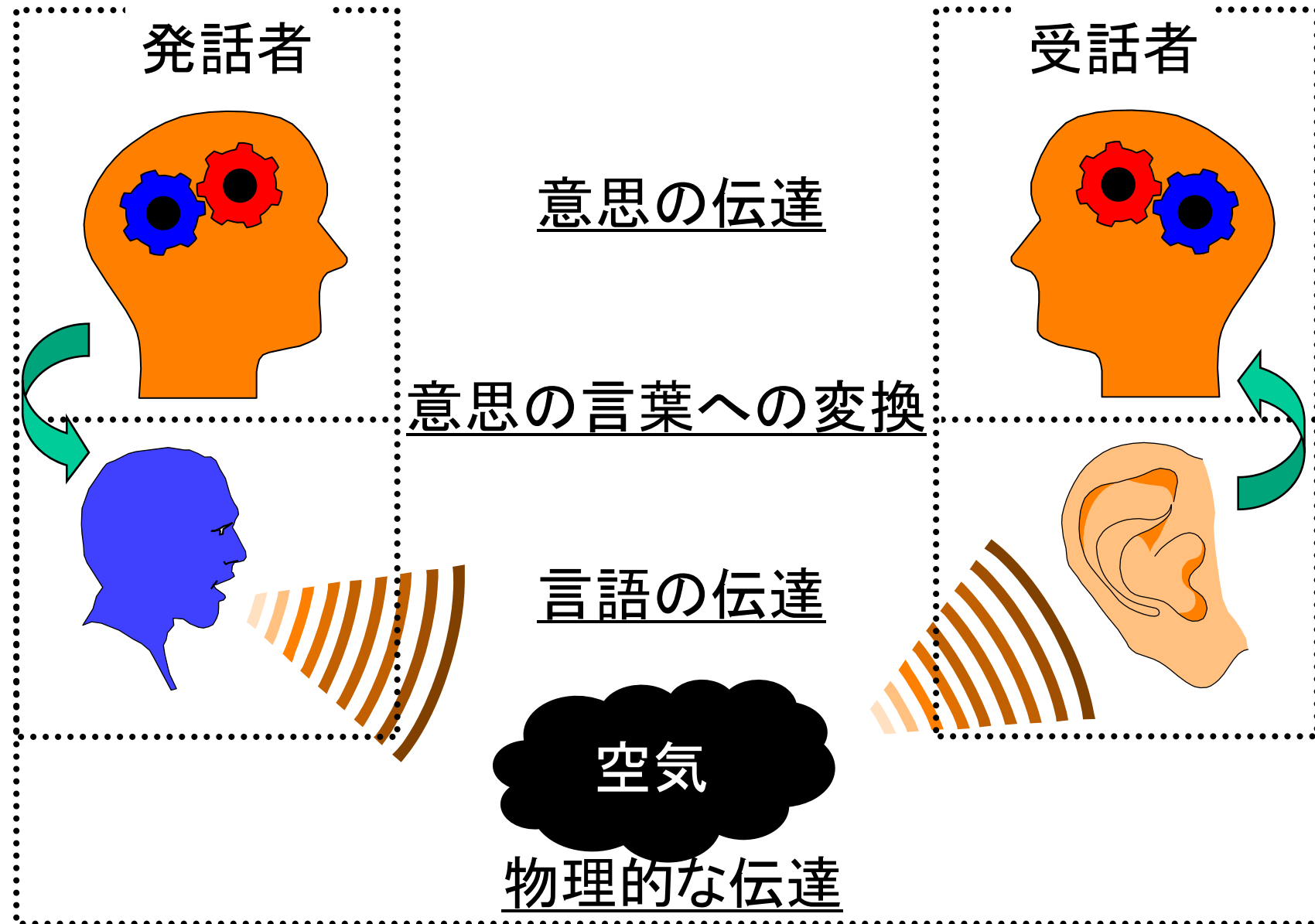
1. オープンシステム
 - どの会社のものでも使えます。
2. グローバルシステム
 - どこからでも管理制御できます。
3. 自由な情報の流通
 - いろいろな目的に利用できます。
4. (デジタル)情報には“Semantic”がない
 - 専用システムの呪縛が解けます。
5. データリンクを選ばず
 - リンクがあれば、つなげられます！！

人間のコミュニケーション

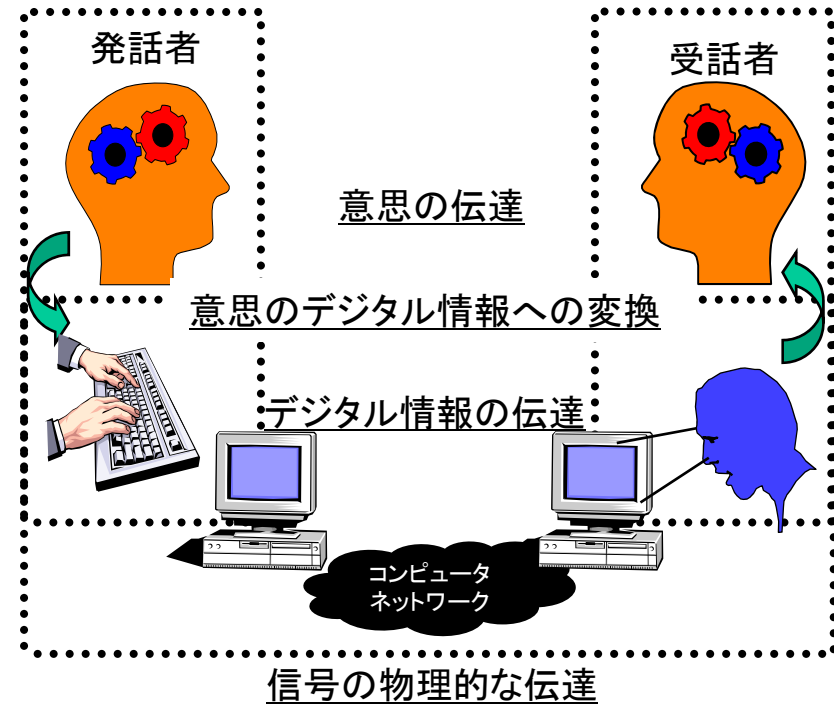
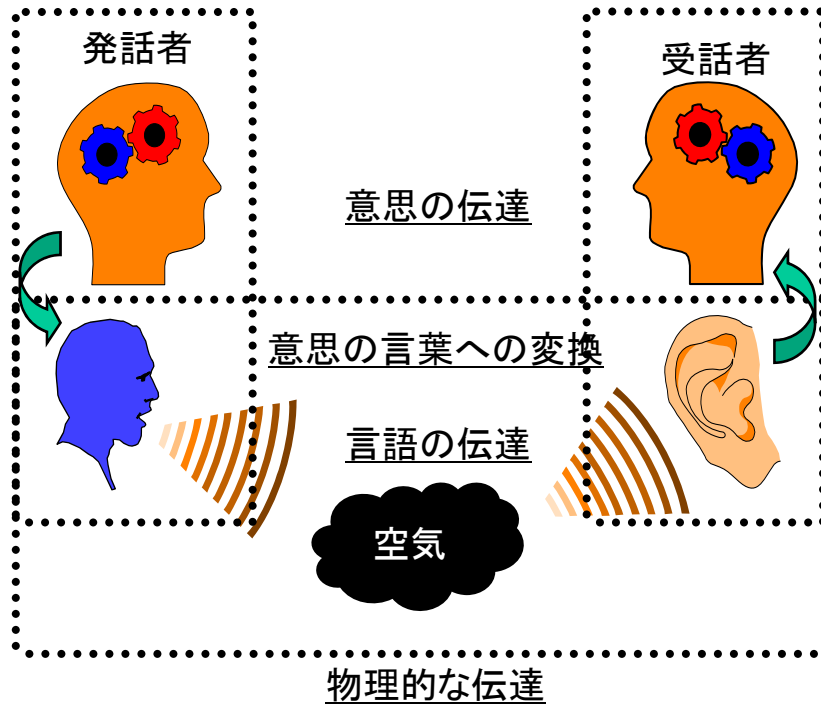
メッセージを伝えるには

- 思ったことを伝えるには
 - 言葉、身振り手振り、映像に込めたメッセージ
 - 何かを媒介して相手に伝える
- なぜ、伝わるか
 - 言葉
 - 発した言葉、書かれた記事の意味と同じ意味を相手も知っている
 - 身振り手振り
 - 相手の動作がどんな意味を持つか、コンテクストやコードから推測

役割分担：階層モデル



声のコミュニケーションと コンピュータネットワークのコミュニケーション



さまざまな問題への対応

- 遠くに相手がいる
 - 送信側
 - 大きな声で話す
 - 志向性を上げる
 - 通信路
 - 減衰の小さい他の媒体を使う
 - 受信側
 - 感度を上げる
- 雑音が大きいの
 - シグナル強度を上げる
 - 雑音をキャンセルする
- 言語が違う
 - 翻訳機を挿入する

4 Features of digital technology

1. No quality degradation
2. Media independency
3. Easy multiplexing / mixing information
4. Cheap (i.e., cost reduction)

Features of Digital (1/2)

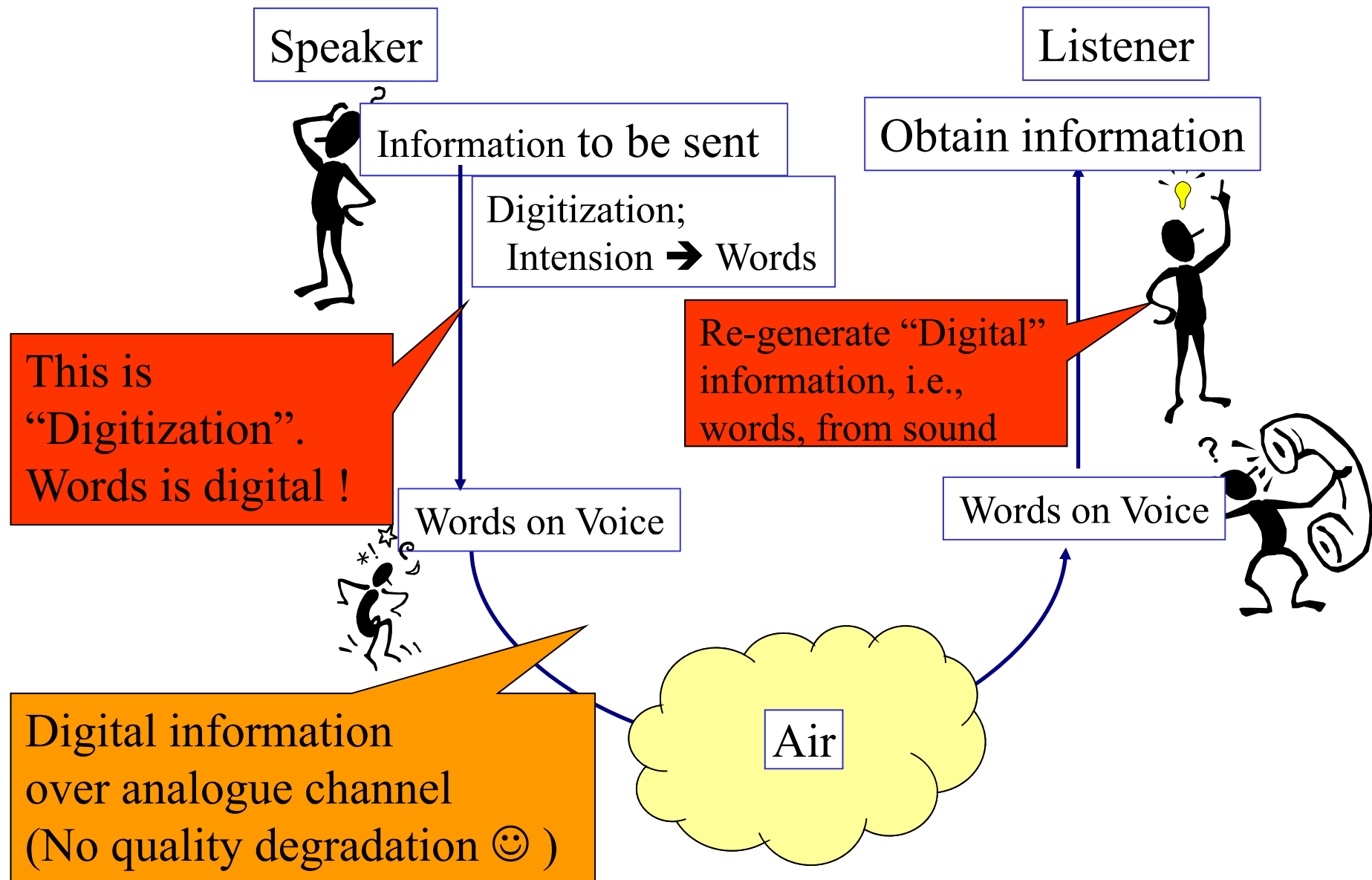
1. No quality degradation

- Transmission error/degradation can be automatically recovered/corrected, e.g., you can restore a perfect “A”, even with poor sounded “A”.

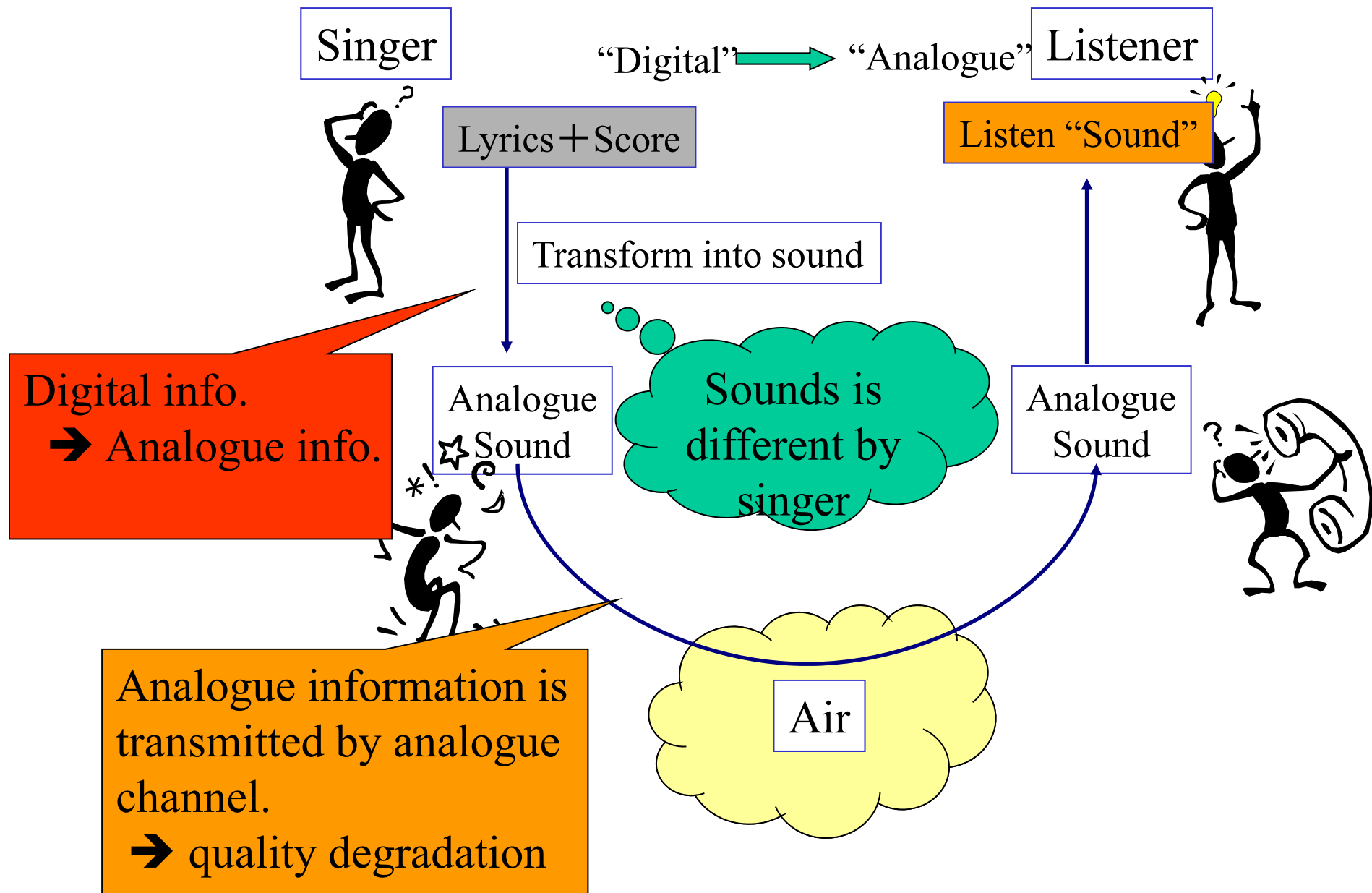
2. Media independency by 情報の抽象化

- You can transmit the information on a letter (on paper) using “fire”, even though paper is burned out by fire.
- You can move the information from any media (e.g., CD-ROM) to any other media (e.g., Hard-Disk)

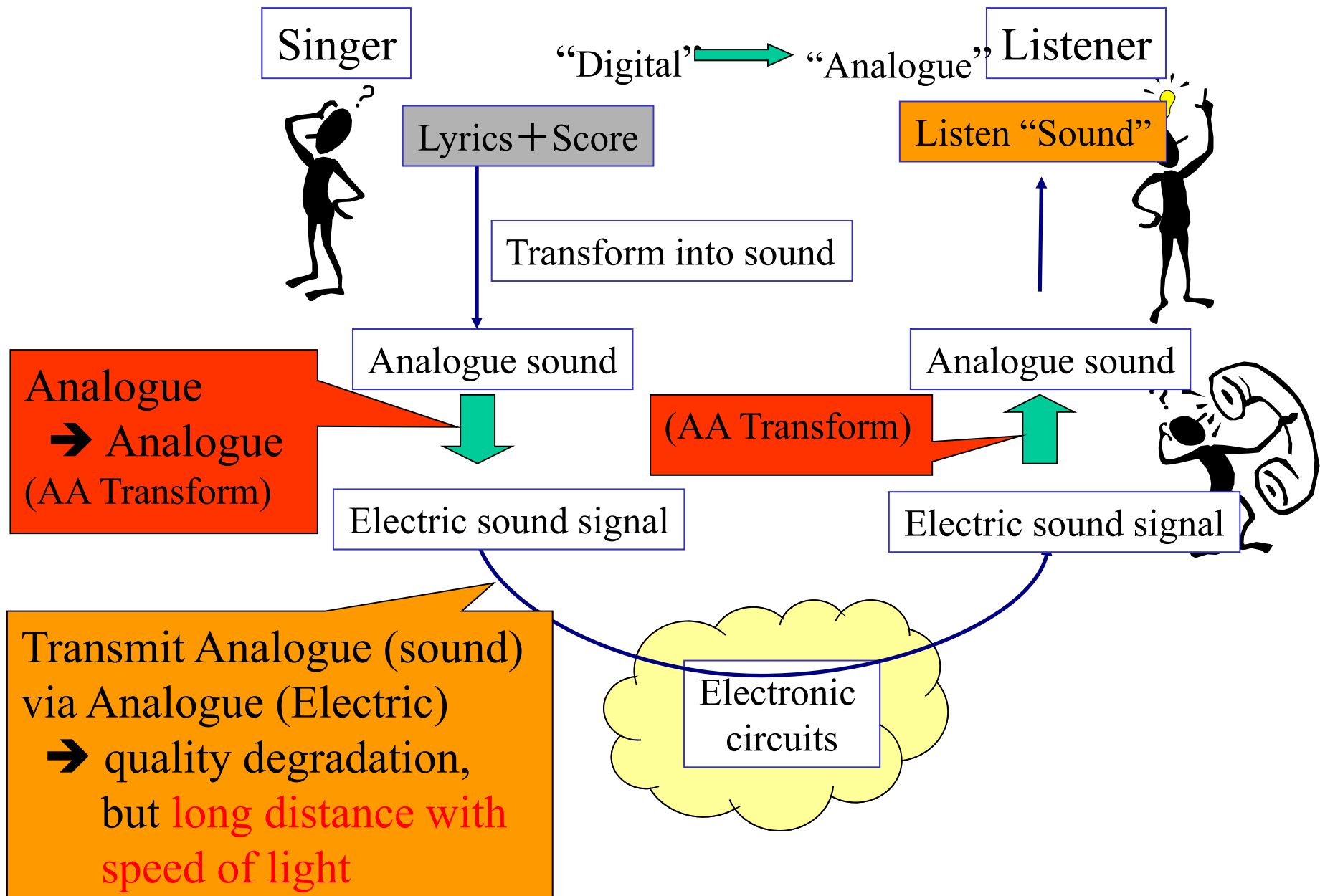
Words Transmission with Analogue



Song Transmission with Analogue(1)



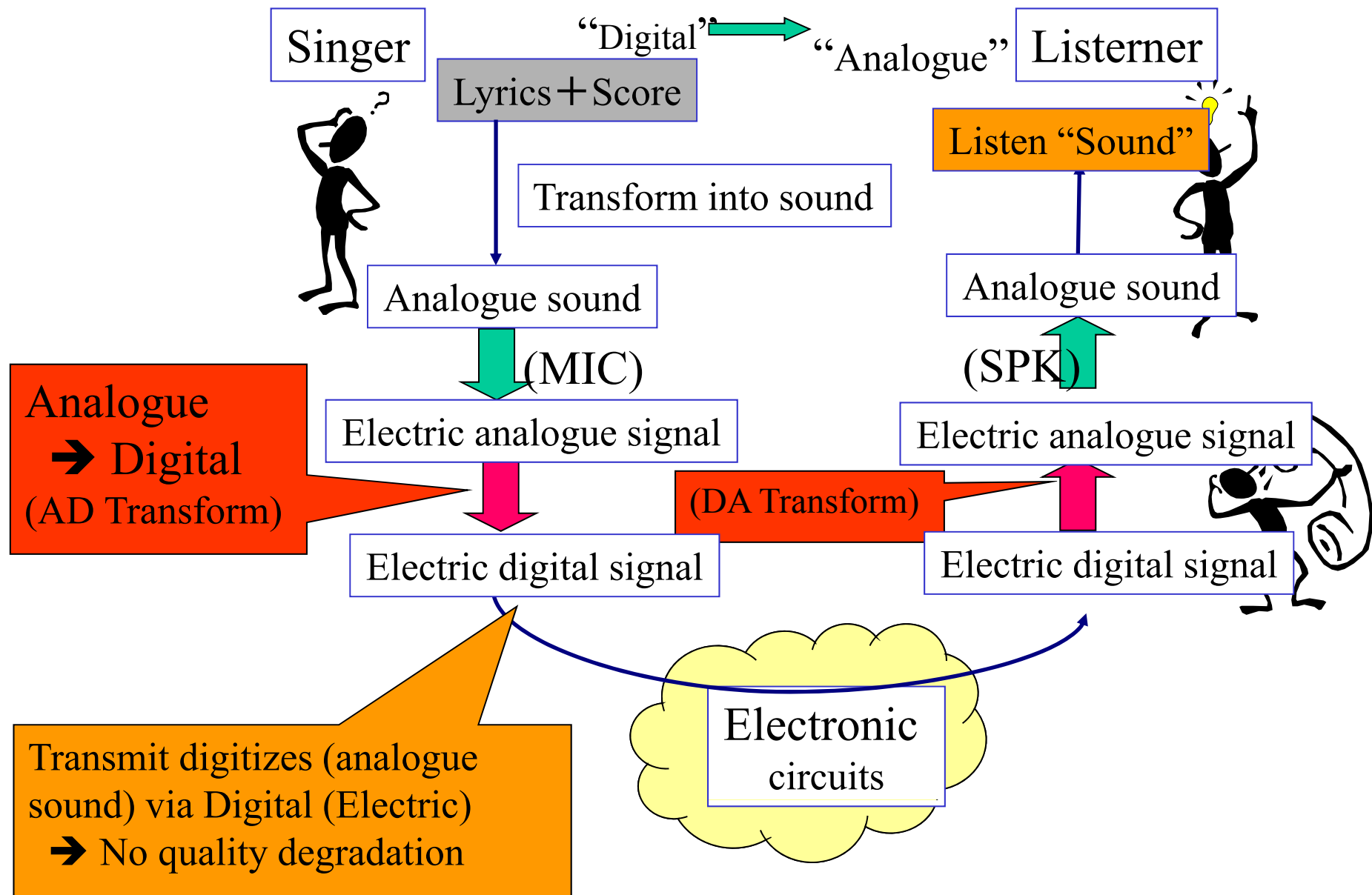
Song Transmission with Analogue(2)



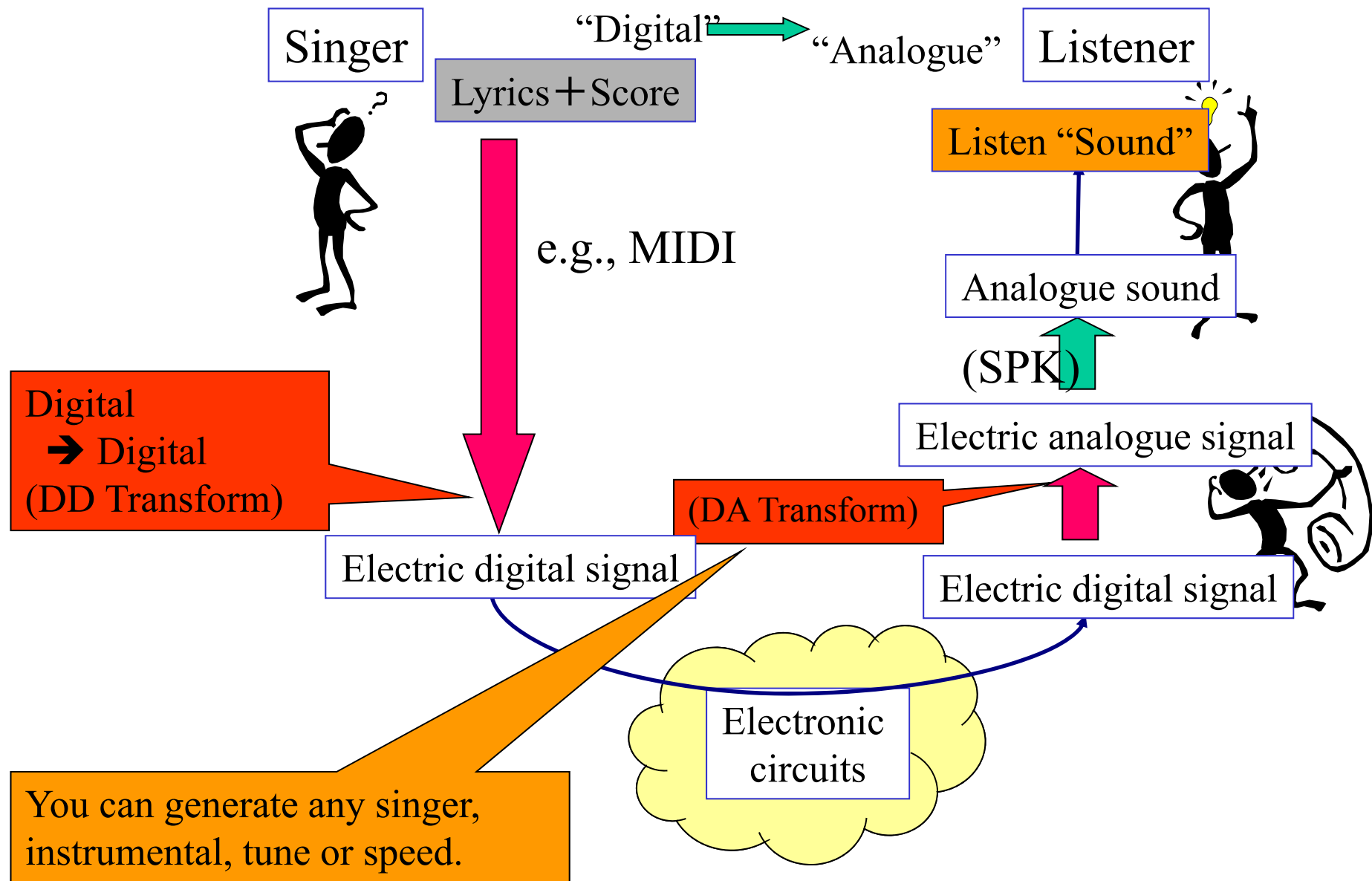
Interesting feature... ?

- Speed of voice transmission
 - 300 meter/second
 - Hearing (air) is far slower than vision (optical)
- We can change the physical rule ?
 - Voice can travel as fast as light !!!!
 - e.g., music collaboration
 - Electrical collaboration may be better than physical (air) collaboration
 - Also, applying to Earthquake warning system.

Song Transmission with Digital (1)



Song Transmission with Digital (2)



History; Digitization of Information

- Words (sound) : but disappear.....
- Character : save/preserve information
- Paper : travel the information
- Printing : copying with low cost
- (digital) copy : no quality degradation
- (digital) transmission : media independence

Media independence

- You can chose any appropriate media for digital information.
 - Select the state-of-art technology
 - Select the available media
 - Use multiple media

Two levels of digitization

1. Digitizing the native analogue information
 - Example; Music CD, Video DVD, MP3 file,
→ these are “expensive” contents....., called as “rich” contents.....
2. Digitizing the native digital information
 - Example; Email, MIDI, VRML, Game
→ “cheap” contents !!!!!

Let's compare the cost !!!!!

- Transmission of “Thailand”, via cell-phone
 1. By a analogue “voice”
 $32 \text{ kbps} \times 1 \text{ second} = 32 \text{ kbits} = 4\text{KBytes}$
 2. By a digital “voice”
 $8 \text{ kbps} \times 1 \text{ second} = 8 \text{ kbits} = 1 \text{ KBytes}$
 3. By a digital “text”, e.g., email or SMS
 $1 \text{ Byte} \times 8 \text{ characters} = 8 \text{ Bytes}$

Cost comparison :

- **125 times** expensive for digital voice
- **500 times** expensive for analogue voice

情報のデジタル化

- 情報生成のデジタル化
 - 意味を持たないデジタルビット
 - 意味を持ったデジタルビット
- 情報流通のデジタル化
 - Phase 1 ;
 - ハードウェアに縛られるデジタル情報
 - Phase 2 ; ネットワーク化
 - ハードウェアからの解放

情報のデジタル化

- 言語の発明 : 情報は消えるもの
- 文字の発明 : 情報は保存可能
- 紙の発明 : 情報は持ち歩き可能
- 印刷の発明 : 情報をコピー可能
- デジタルコピーの発明 : コピーしても劣化なし
- デジタル伝送の発明 : 媒体からの解放

放送に係る不思議(1)

- 民放
 - スポンサー広告が収入源
 - 広告が見られる頻度が高いほど、スポンサーは喜ぶ
 - でも、、、コピーと再配信を禁止している
 - 本来、どんどんコピーさせて、広告を見てもらう機会を増やした方がスポンサーは喜ぶはず。

放送に関する不思議(2)

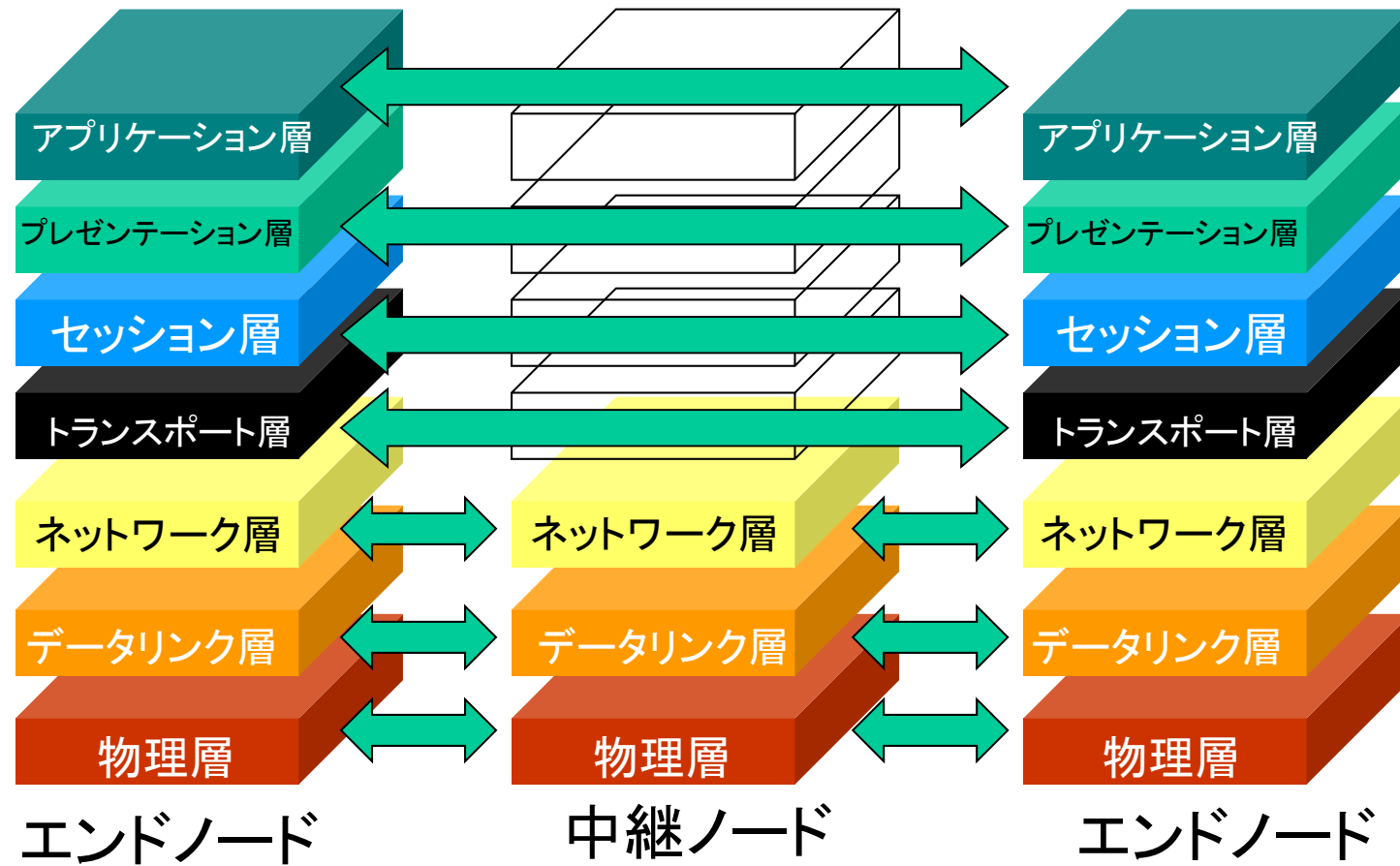
- NHK
 - 収入は、視聴料＋税金
 - 視聴者は番組を見る権利がありそう
 - 視聴者の間では、コピー自由であるべきじゃない？

放送に関する不思議(3)

- デジタル放送
 - BML という不思議なメタ言語
 - XMLとかHTMLだといいいのに。。。。
 - デジタル出力のないユーザ機器
 - コピーされるのが嫌らしい。。。。
 - 携帯電話は受信可能らしい
 - 携帯電話は再配信できないらしい。。。。

ネットワークの構造

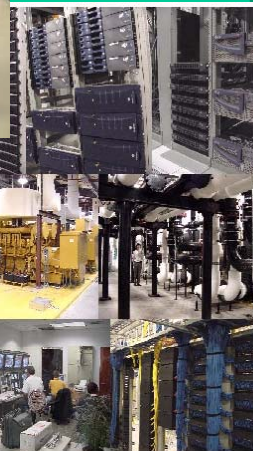
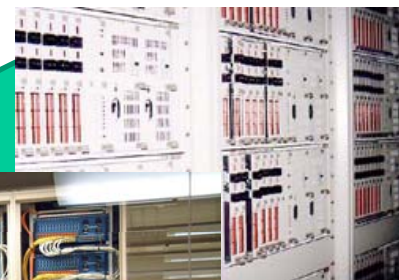
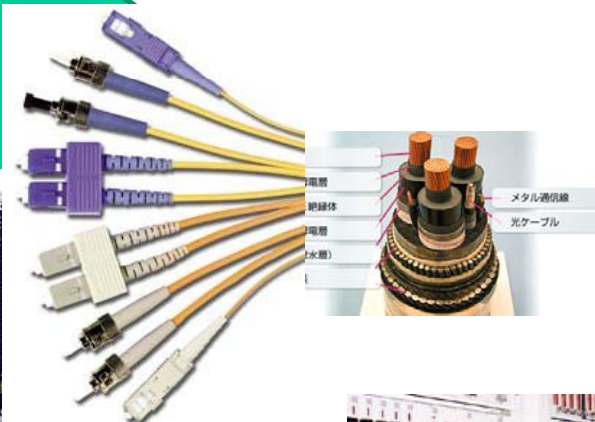
OSI7層参照モデル



登場人物

- 物理レイヤ
 - 伝送媒体：有線(光ファイバ、銅線)、無線(空気、導波路)
 - 送受信装置：アンテナ、トラポン、半導体レーザ、電子回路
- データリンク
 - 伝送装置
 - 多重化装置
 - スイッチ装置
- インターネットレイヤ
 - ルータ装置
 - サーバ装置
- アプリケーションレイヤ
 - 計算機
 - ソフトウェア
 - コンテンツ

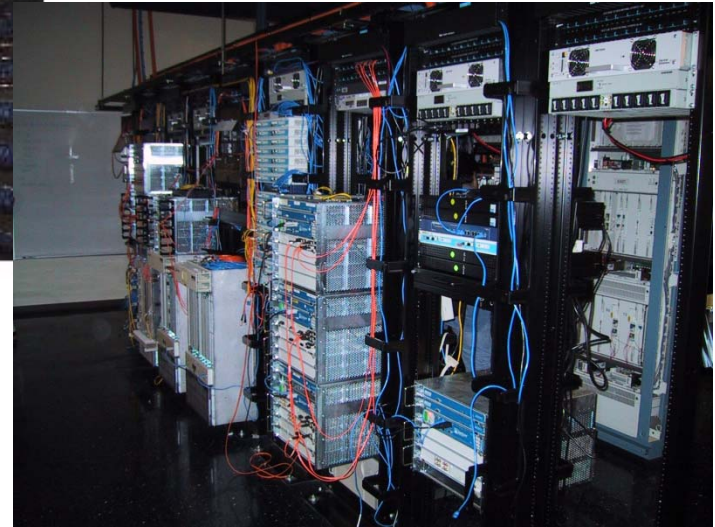
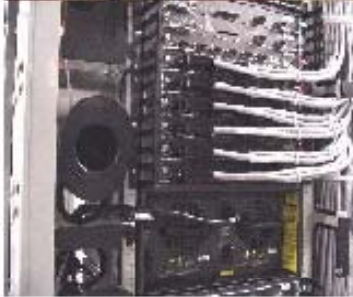
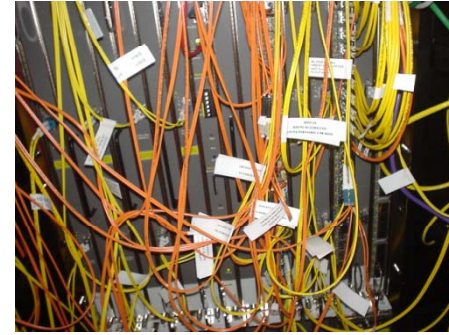
電話局

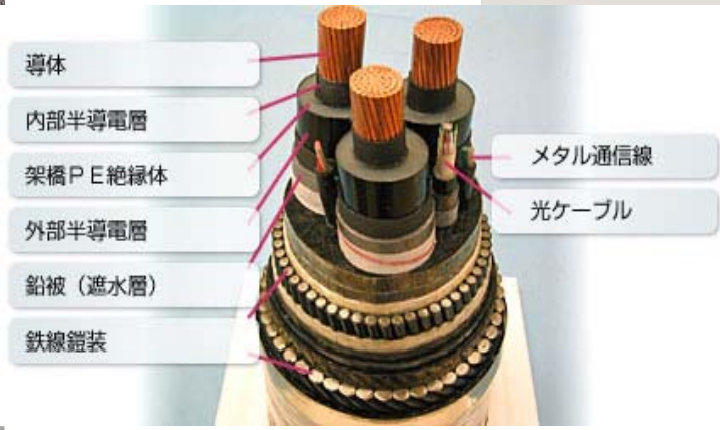
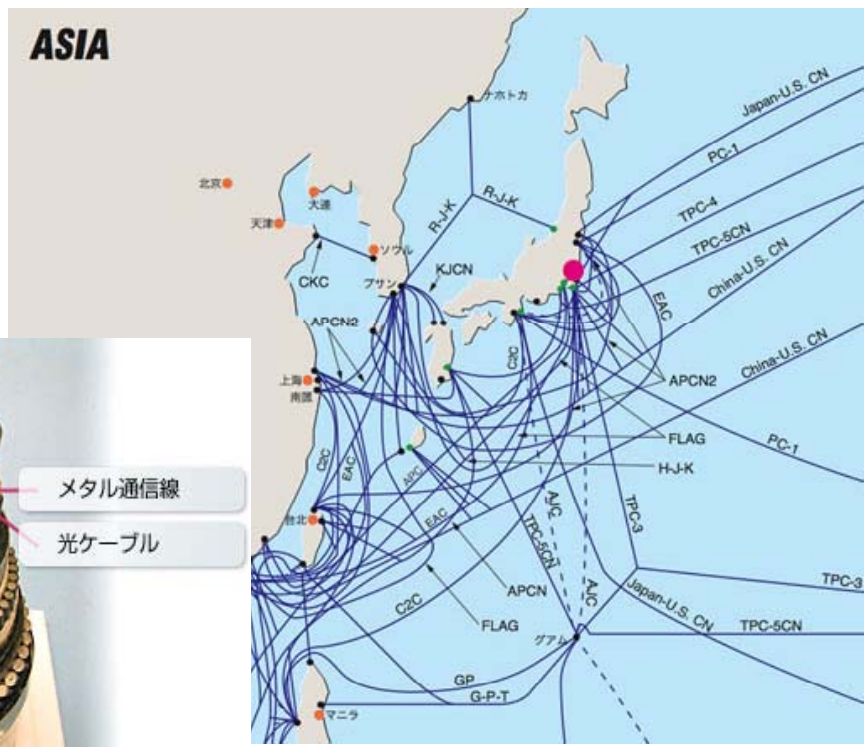
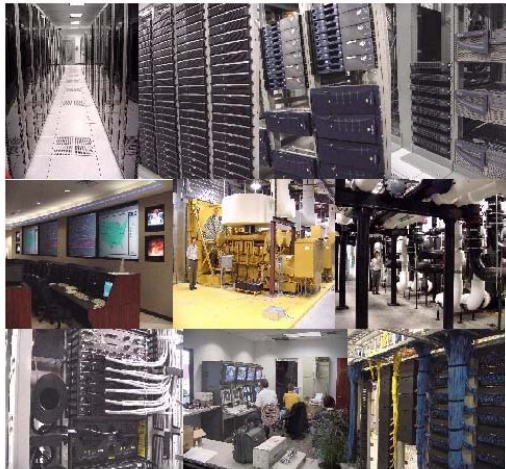


自宅



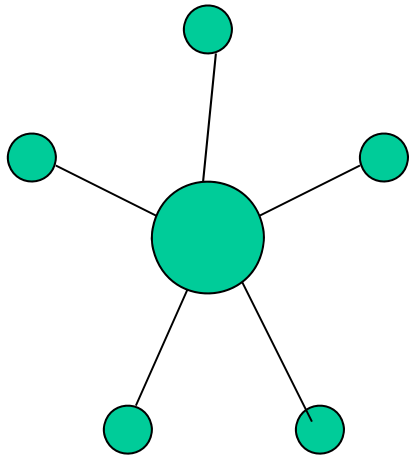
データセンター





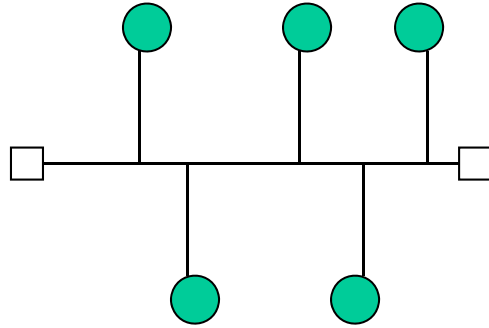
物理レイヤ

- 伝送媒体
 - 光ファイバ(SM/MM)、銅線(UTP、TP、USB、RS232-C、)、導波路、空気
- 接続形態
 - RJ11, RJ45, ST, SC、MIC
 - スター、バス、リング
- 伝送方法
 - 周波数分割：ベースバンド、変調(AM, FM)
 - 空間分割
 - 時間分割
- 伝送符号化
 - モデム(位相 * 振幅)
 - デジタル伝送(NRZ、)



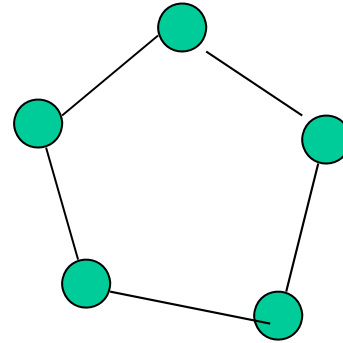
スター型

真ん中のノードが頑張ると、無駄な通信がなくなる



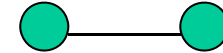
バス型

みんなの話を聞いて必要なものだけを実際に聞く



リング型

トークンを使う
中身が自分宛だったら聞く



P2P型
(ポイント-ポイント)

シンプル!

トポロジー(Topology) ;
点(node)と辺(link/arc)がどのように接続されているか。

物理レイヤ

- 伝送方法と符号化
 - コスト
 - 伝送距離
 - 伝送速度
 - 誤り率
 - 誤り訂正(モデムなどでの誤り訂正)

データリンクレイヤ

- アクセス&利用方法
 - TDM(時分割)/FDM(周波数分割)
 - トークン
 - 衝突検出
- フロー制御
- 誤り制御
 - 再送制御(通常リンクなど)
 - 前方誤り訂正制御(衛星リンクなど)

物理/データリンクレイヤ

- 伝送装置
 - リピータ(信号の整形と増幅)
- 多重化装置
 - スター型システムでの集線機能
- スイッチ装置
 - あるポートから あるポートへ 情報をスイッチ

インターネット(IP)レイヤ

- ルータ装置
 - たくさんの機能を実現するプロトコル
 - (*) 機能 vs 数値
 - いろいろな実装方法
 - データリンク機能との統合
- 認証サーバ
 - RADIUSなど

アプリケーションレイヤ

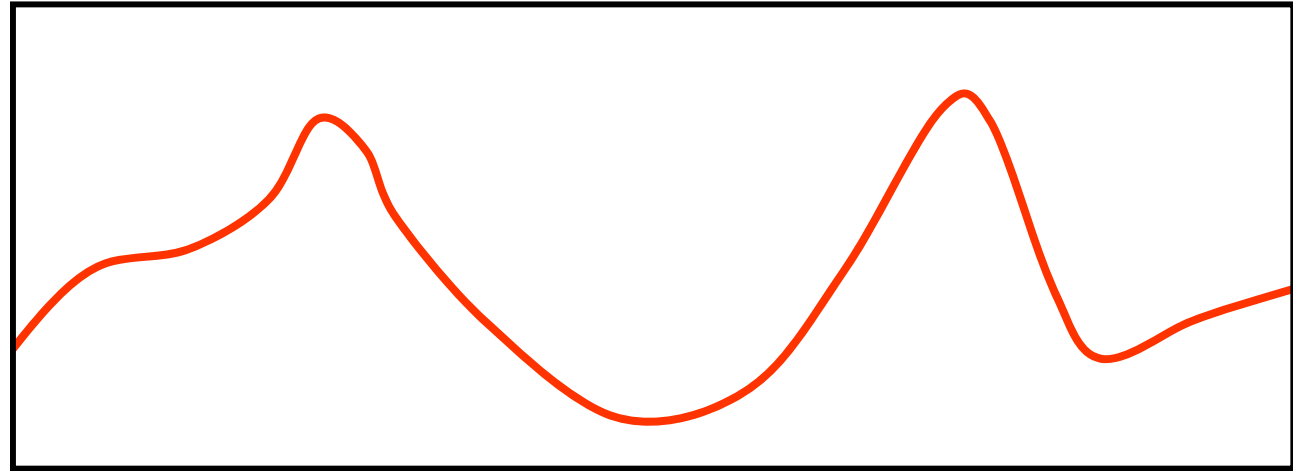
- サーバ
 - 大規模化(ノード内、ノード間)
 - 地理的分散化(CDN、Grid)
- ソフトウェア
 - アプリケーションソフトウェア
 - ミドルウェア(共通に利用されるソフトウェア)
- コンテンツ
 - 音声
 - 画像
 - 動画
 - その他

コンテンツの符号化(1)

- コンテンツそのもの(メディア)の表現技術
 - HTML
 - XML
 - VRML
- 情報の圧縮技術 ; 激しい算数
 - MPEG、AVI
 - JPEG、GIF
 - DOLBY
- 情報のデジタル化
 - アナログ品質の劣化防止
 - アナログ情報の意味としての デジタル化



電圧

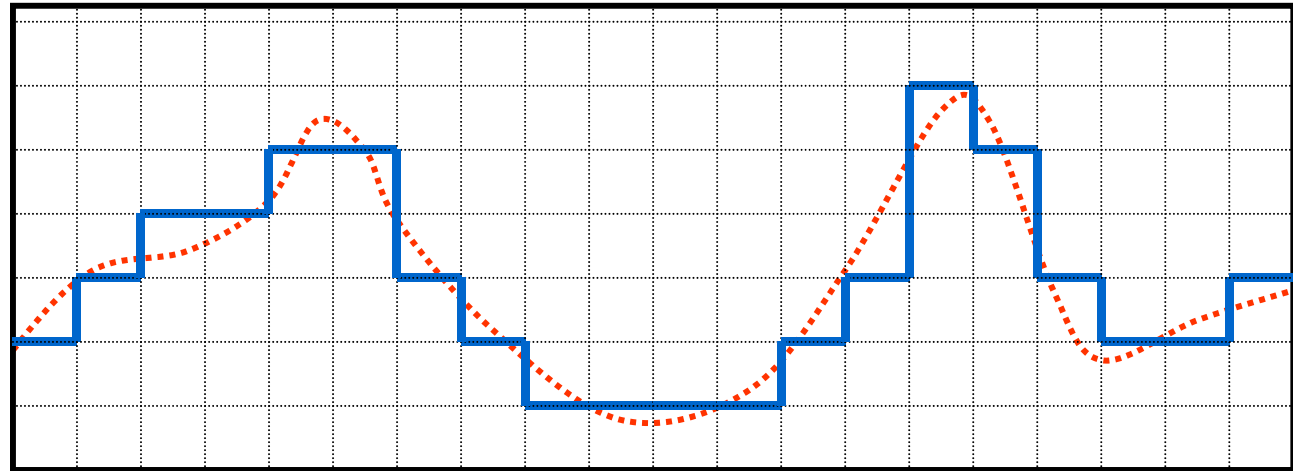


時間(T)

↓ デジタル化

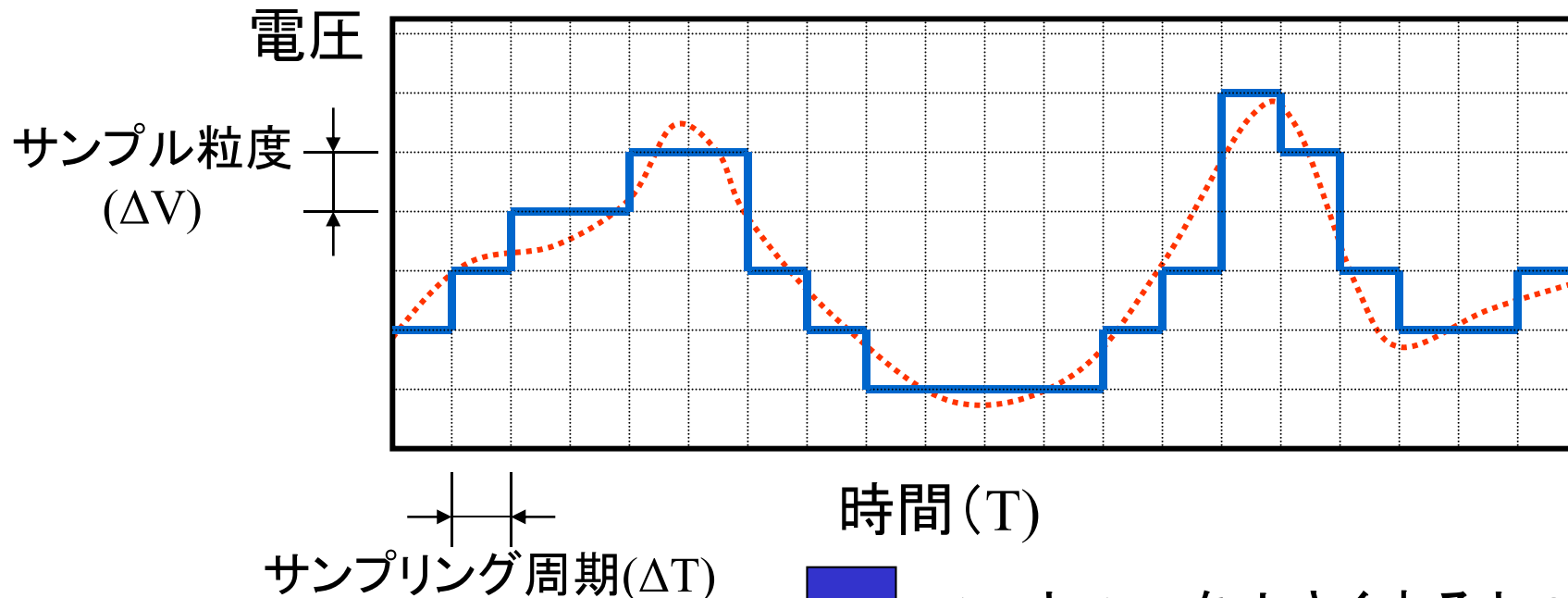
電圧

サンプル粒度
(ΔV)

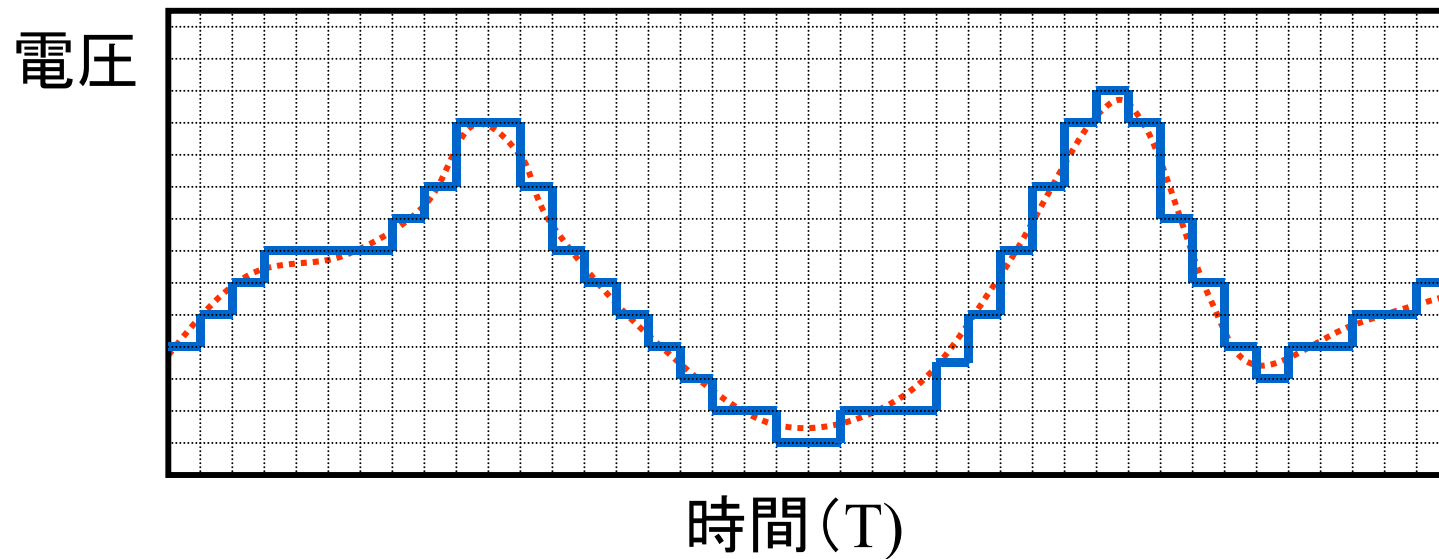


時間(T)

←→
サンプリング周期(ΔT)



ΔT と ΔV を小さくすると？



どのくらい細かくするといいの？

- 時間方向

- Shannonのサンプリング定理

- 信号の周波数の2倍の周波数でサンプリングすれば、元信号を完全に再現可能。

- 電圧方向

- 測定値を表現するビット数を大きく

- 4ビット： 16値
 - 8ビット： 256値
 - 16ビット： 65,536値
 - 32ビット： いっぱい値

- (*) 人間の感覚は、通常、指数関数状に変化 (dB)

コンテンツの符号化(2)

- コンテンツの蓄積と検索
 - アーカイブ
 - データマイニング
 - セマンティックWEB