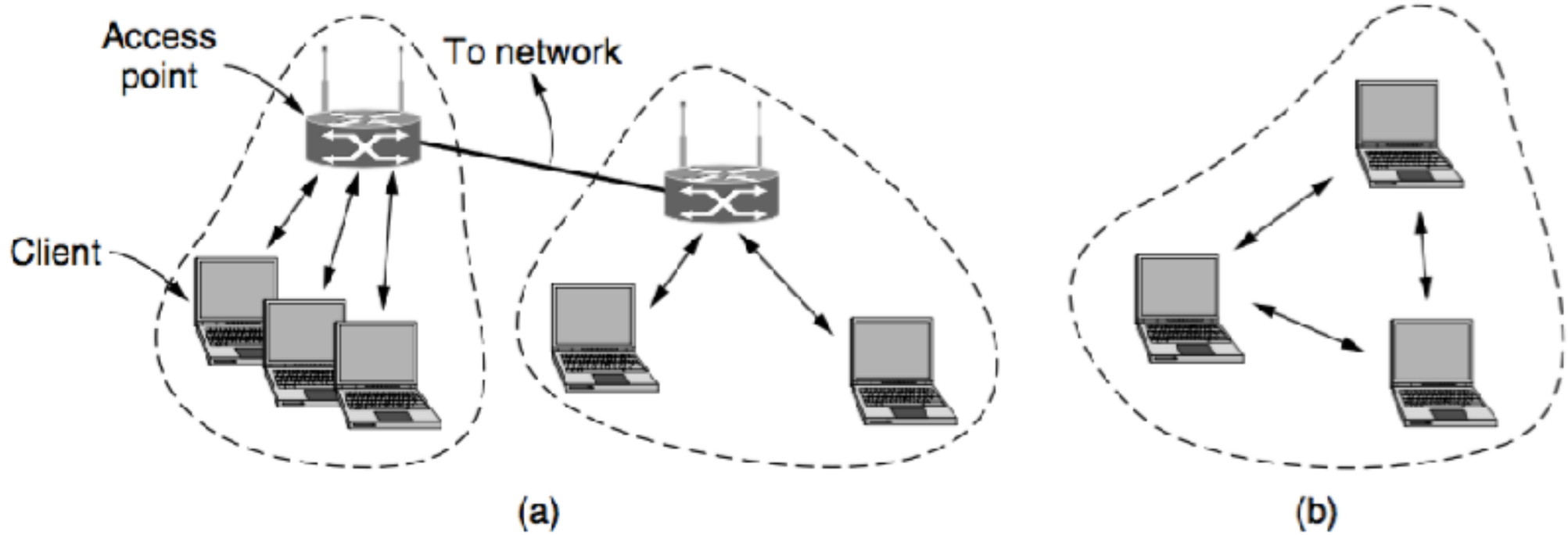
講義日程

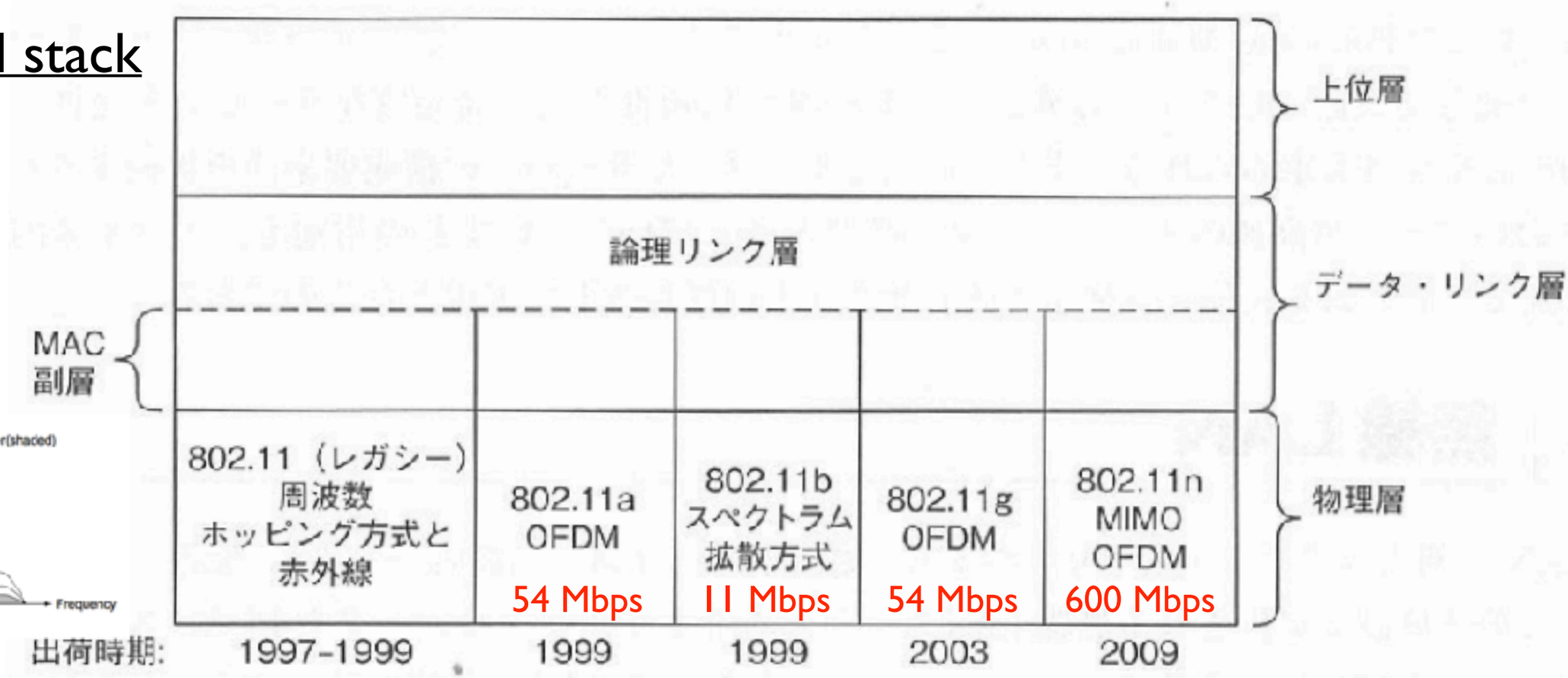
		授業計画		課題
04/11	第１回	計算機ネットワークの基本概念 ハードウェア・ソフトウェア，参照モデル	１章	ネットワークの種類と参照モデルを理解し プロトコル階層と各層の設計課題
04/14	第２回	物理層１ 有線伝送と無線伝送	２章	物理チャネルの特性を理解し データ通信の理論的基礎を理解
04/18	第３回	物理層２ デジタル変調と多重化	２章	ベースバンド伝送と通過帯域伝送， 電話網，携帯電話システムを説明できる
04/21	第４回	データリンク層１ 誤りの検出・訂正	３章	誤りの検出・訂正のしくみを理解し 検出・訂正符号の計算ができる
04/25	第５回	データリンク層２ データリンク・プロトコル	３章	データリンク・プロトコルの種類， 各プロトコルを定量的に評価できる
04/28	第６回	メディア・アクセス副層１ ブロードキャスト・チャネル	４章	多重アクセス・プロトコルを理解し データ・レートを計算できる
05/02	第７回	メディア・アクセス副層２ 無線 LAN，Bluetooth, RFID	４章	個別のプロトコル・スタックを理解し データリンク層スイッチングを理解
05/09	第８回	理解度確認総合演習 (中間試験) 第１回から第７回までの内容の演習形式による確認		第１回から第７回までの理解度確認と 到達度自己評価

無線LAN

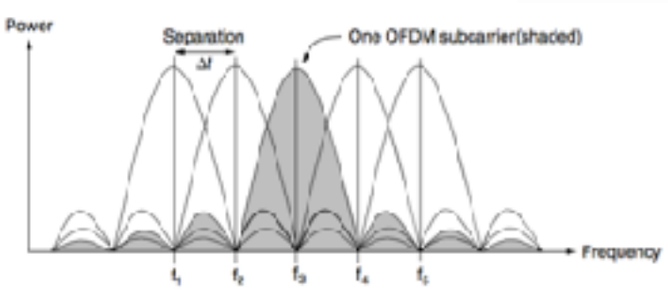


Infrastructure mode　　Ad-hoc mode

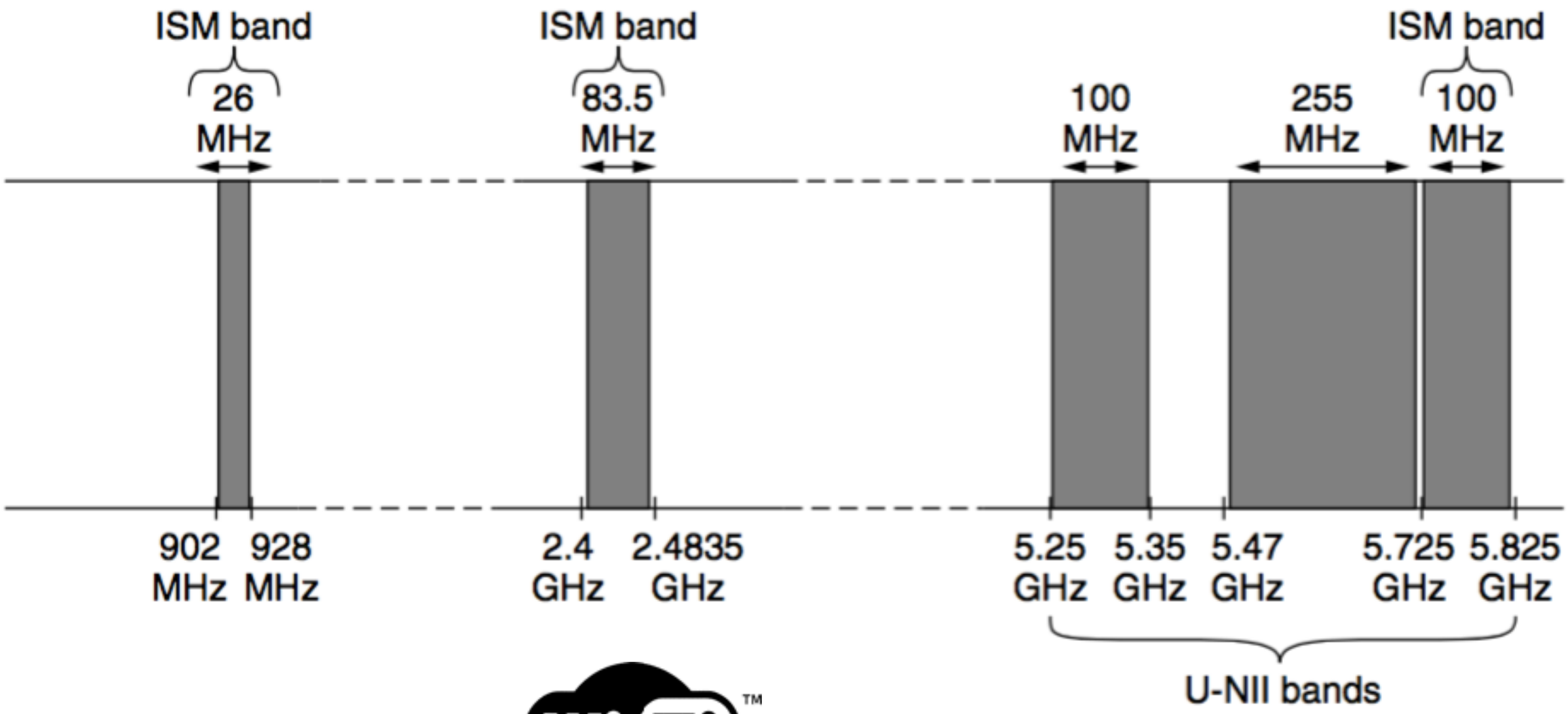
802.11 protocol stack



OFDM



ISM (Industrial, Scientific, Medical)



WiFi (802.11)

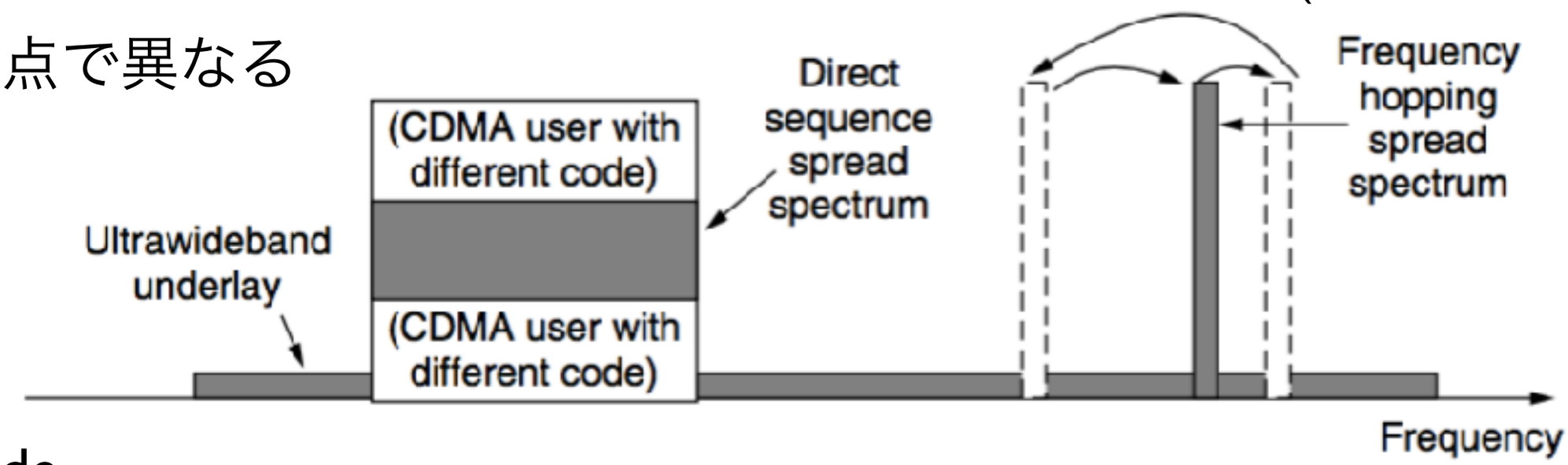
Bluetooth

< 1 Watt

802.11b

拡散スペクトル方式 @ 2.4 GHz

CDMAに類似しているが全てのユーザーが一つの拡散符号(Barker code)を用いる点で異なる



Barker code

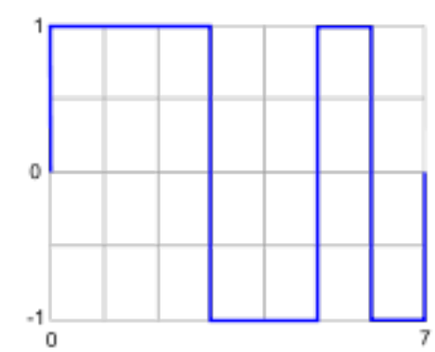
シーケンスが少しでもズレると相関が非常に低くなる

受信者が伝送開始ポイントを見つけやすい

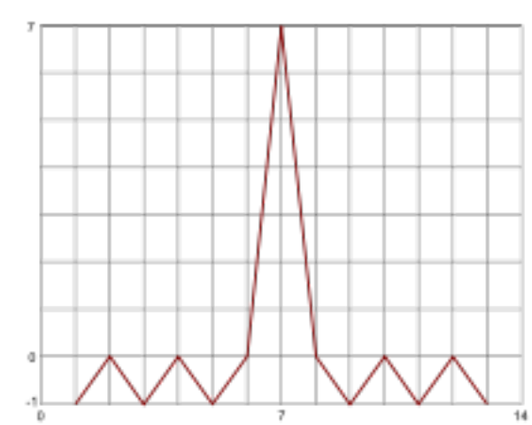
Known Barker codes

Length	Codes		Sidelobe level ratio[8][9]
2	**+1 −1**	+1 +1	−6 dB
3	**+1 +1 −1**		−9.5 dB
4	+1 +1 −1 +1	+1 +1 +1 −1	−12 dB
5	+1 +1 +1 −1 +1		−14 dB
7	**+1 +1 +1 −1 −1 +1 −1**		−16.9 dB
11	**+1 +1 +1 −1 −1 −1 +1 −1 −1 +1 −1**		−20.8 dB
13	+1 +1 +1 +1 +1 −1 −1 +1 +1 −1 +1 −1 +1		−22.3 dB

https://en.wikipedia.org/wiki/Barker_code

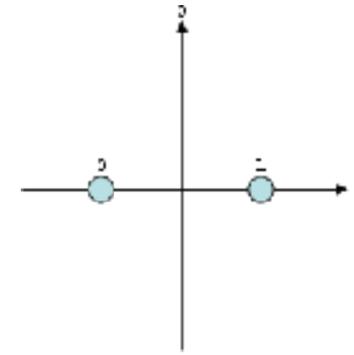


Barker-7 code, baseband representation

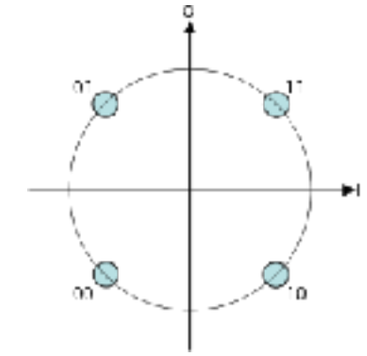


Autocorrelation function of Barker-7 code

802.11b

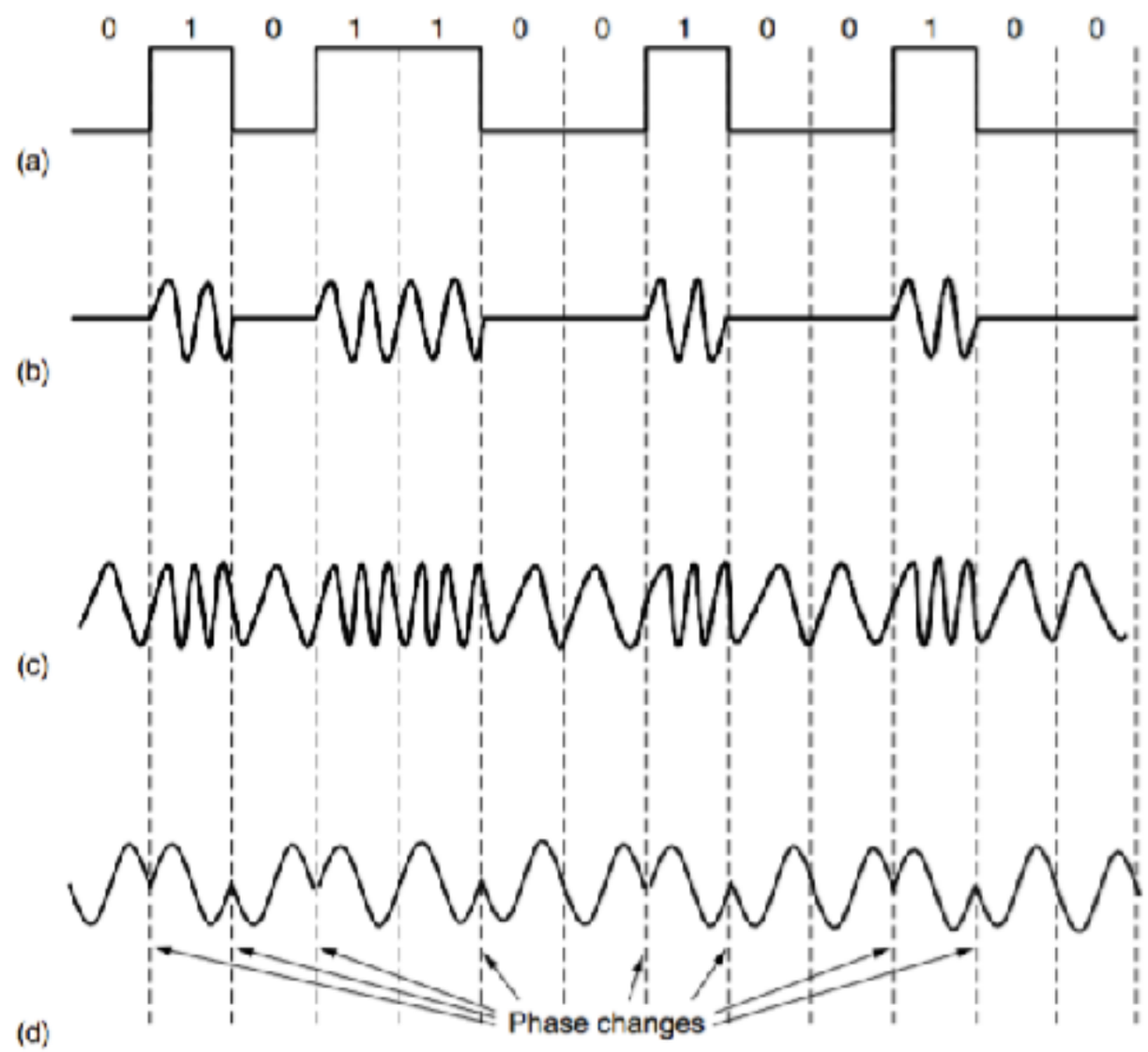


BPSK



QPSK

BPSK : 1 Mbps
QPSK : 2 Mbps
CCK(0.5 bit/chip) : 5.5 Mbps
CCK(1 bit/chip) : 11 Mbps



ASK (Amplitude Shift Keying)
振幅

FSK (Frequency Shift Keying)
周波数

PSK (Phase Shift Keying)
位相

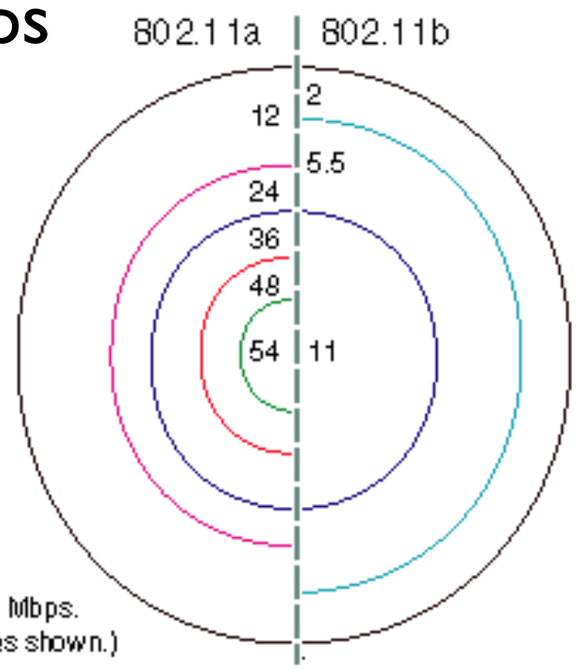
<u>Barker code</u>
11 bit chipping sequence → <u>CCK (Complementary code keying)</u>
8 bit chipping sequence

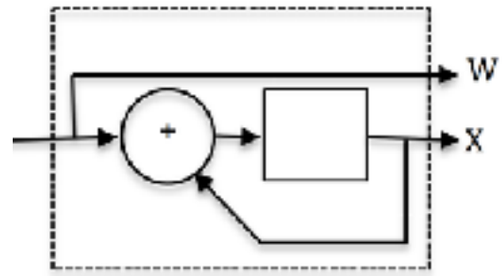
802.11a

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) @ 5 GHz
ビットは52のサブキャリアで並行して送信され, 48がデータ4が同期用

2値畳み込み符号

54 Mbps

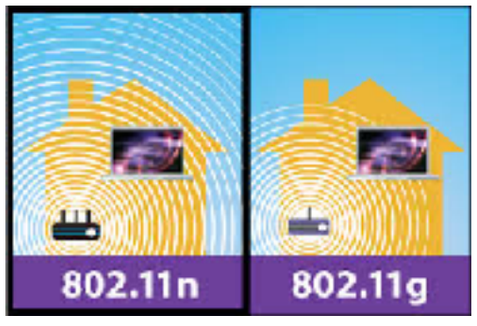




2002の5月にスペクトル拡散を用いないといけないというFCCの規制が廃止された

802.11g

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) @ 2.4 GHz
54 Mbps

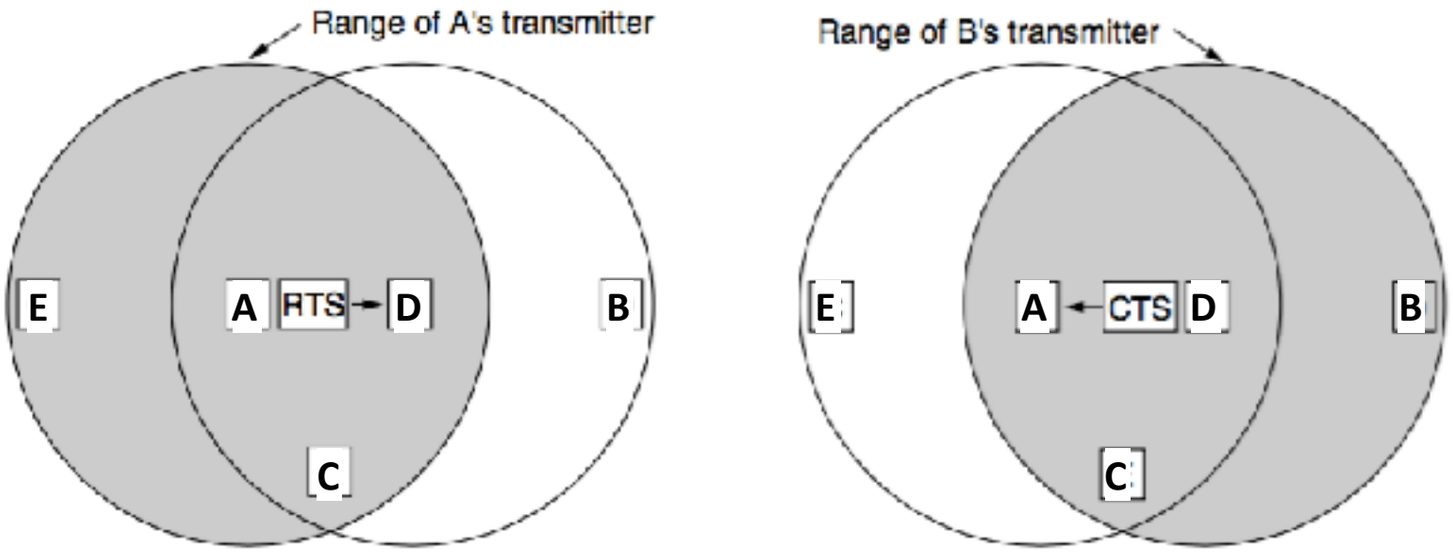


802.11n

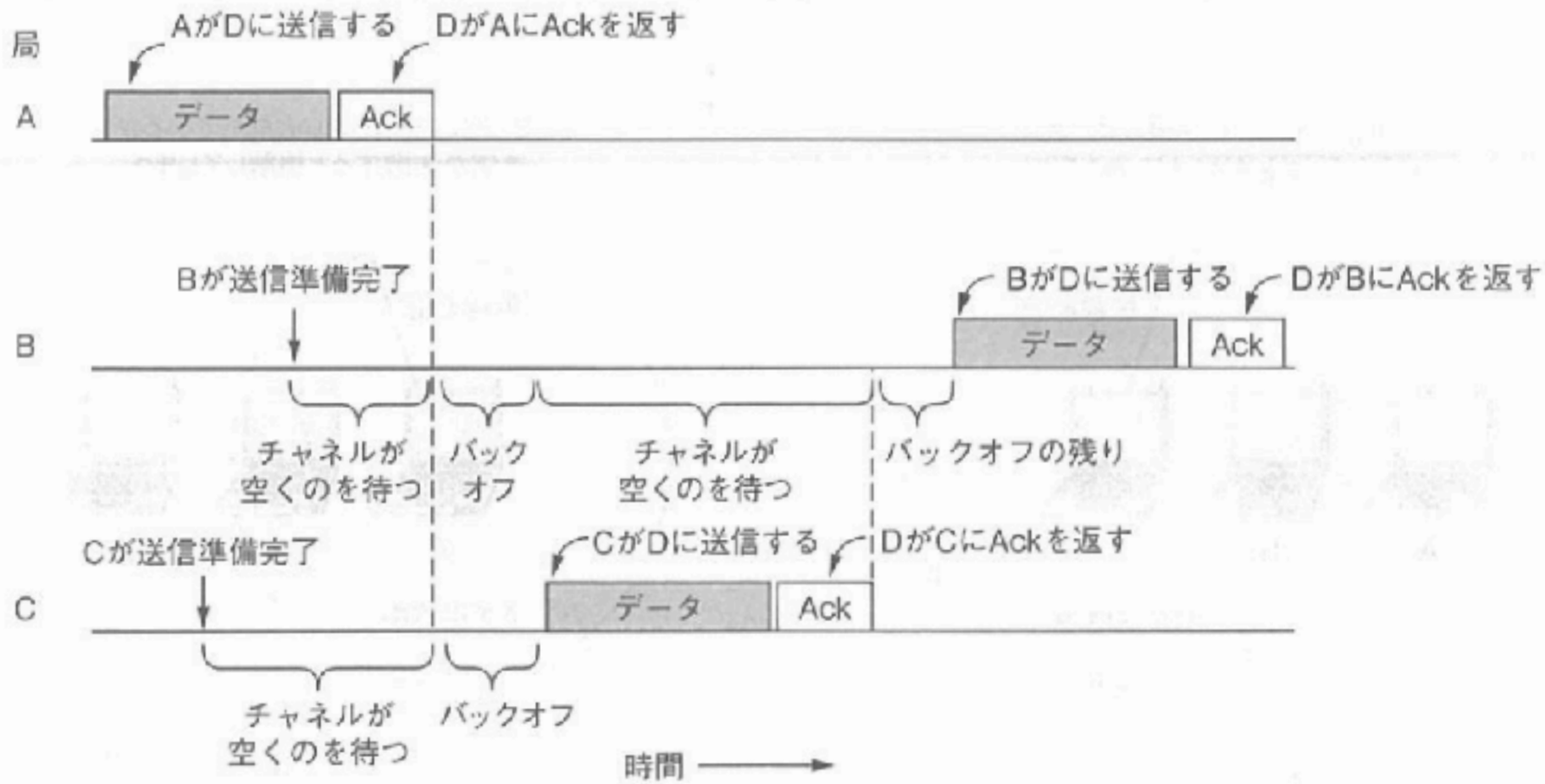
OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) @ 2.4/5 GHz
MIMO (multiple-input multiple-output)
600 Mbps

802.11 MAC副層プロトコル

CSMA/CA (CSMA with Collision Avoidance)

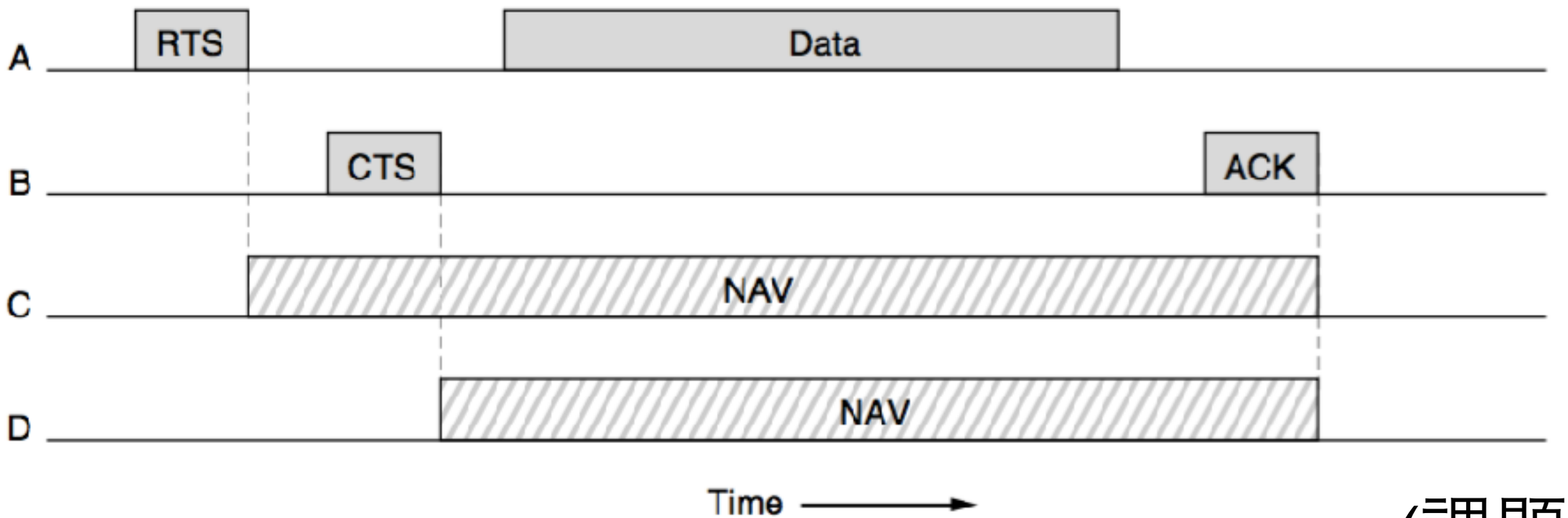


Request to Send　　Clear to Send

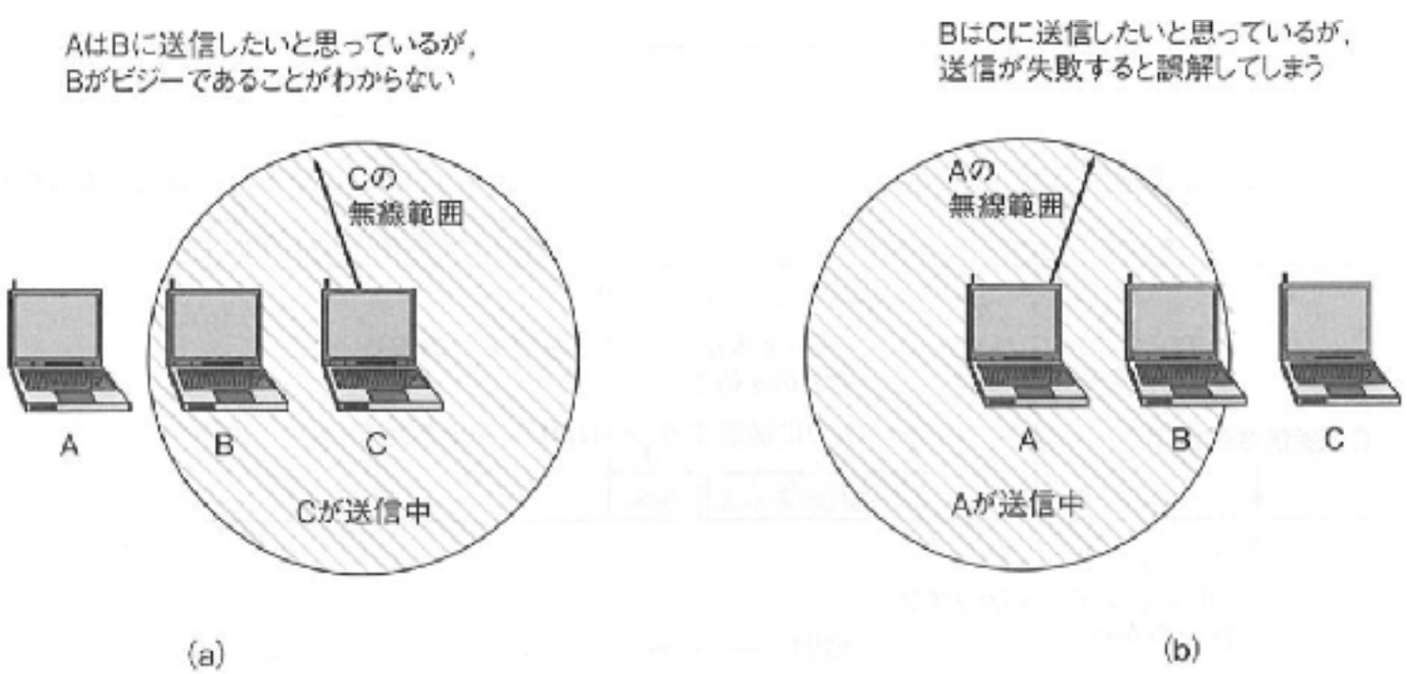


ネットワーク割り当てベクタ(NAV)

各フレームには送信が完了するまでの時間を格納するフィールドがある



(課題8)



短いフレームでは効果がない

RTS/CTSによって動作が遅くなる

露出端末問題は回避できない

多くの場合隠れ端末は少ない

802.11の信頼性向上

1. フレームを短くする (フラグメント)
   - フラグメントは逐次確認プロトコルを用いる
   - 1回チャネルを取得するごとに複数のフラグメントがまとめて送信される
   - NAV機構は他の局が次の受信確認応答まで送信を行わないようにするのみ
2. ビーコン・フレーム（省電力）
   - APは一定時刻ごとにビーコン・フレームを送信
   - APのID、時刻、次のビーコン発信までの時間、セキュリティ設定を含む
3. フレーム間隔の調節
   - DIFS (DCF InterFrame Spacing)
   - SIFS (Short InterFrame Spacing)
   - AIFS (Arbitration InterFrame Space)
   - EIFS (Extended InterFrame Spacing)

802.11のフレーム間隔

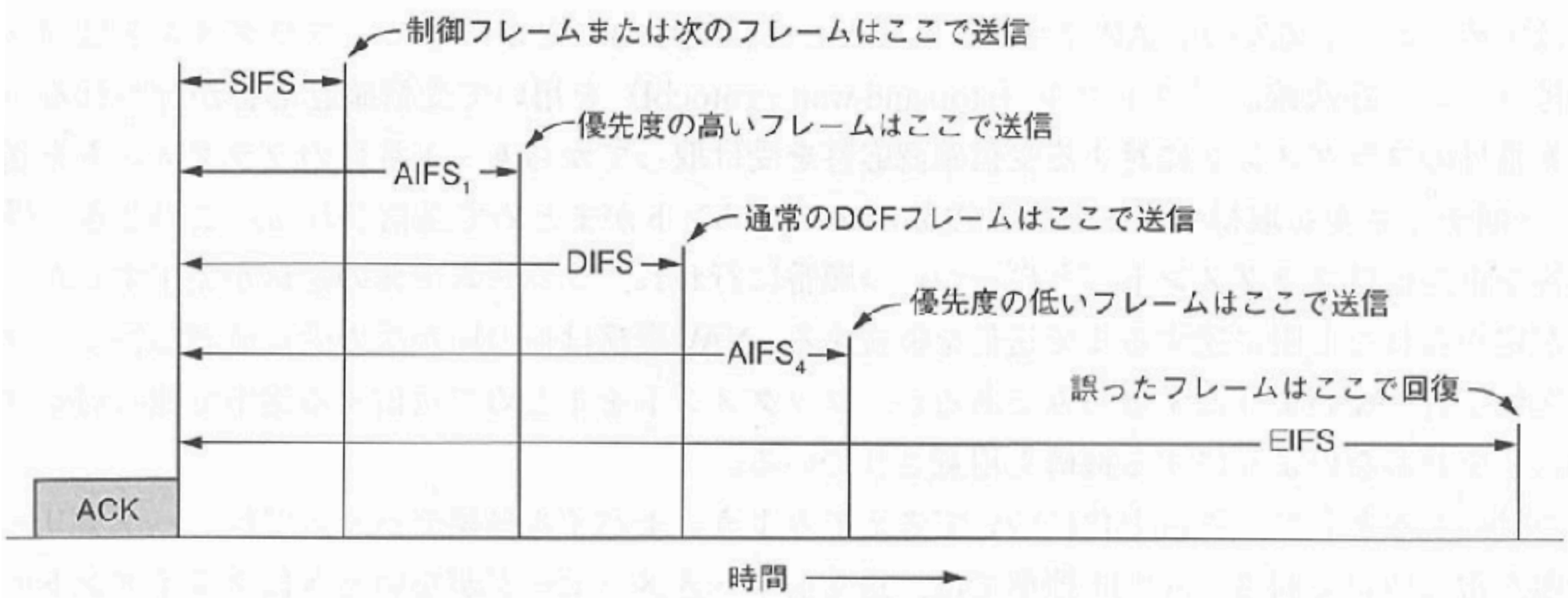
SIFS (Short InterFrame Spacing)
- ACK, RTS, CTS, フラグメント

DIFS (DCF InterFrame Spacing)
- 通常のDCFフレーム

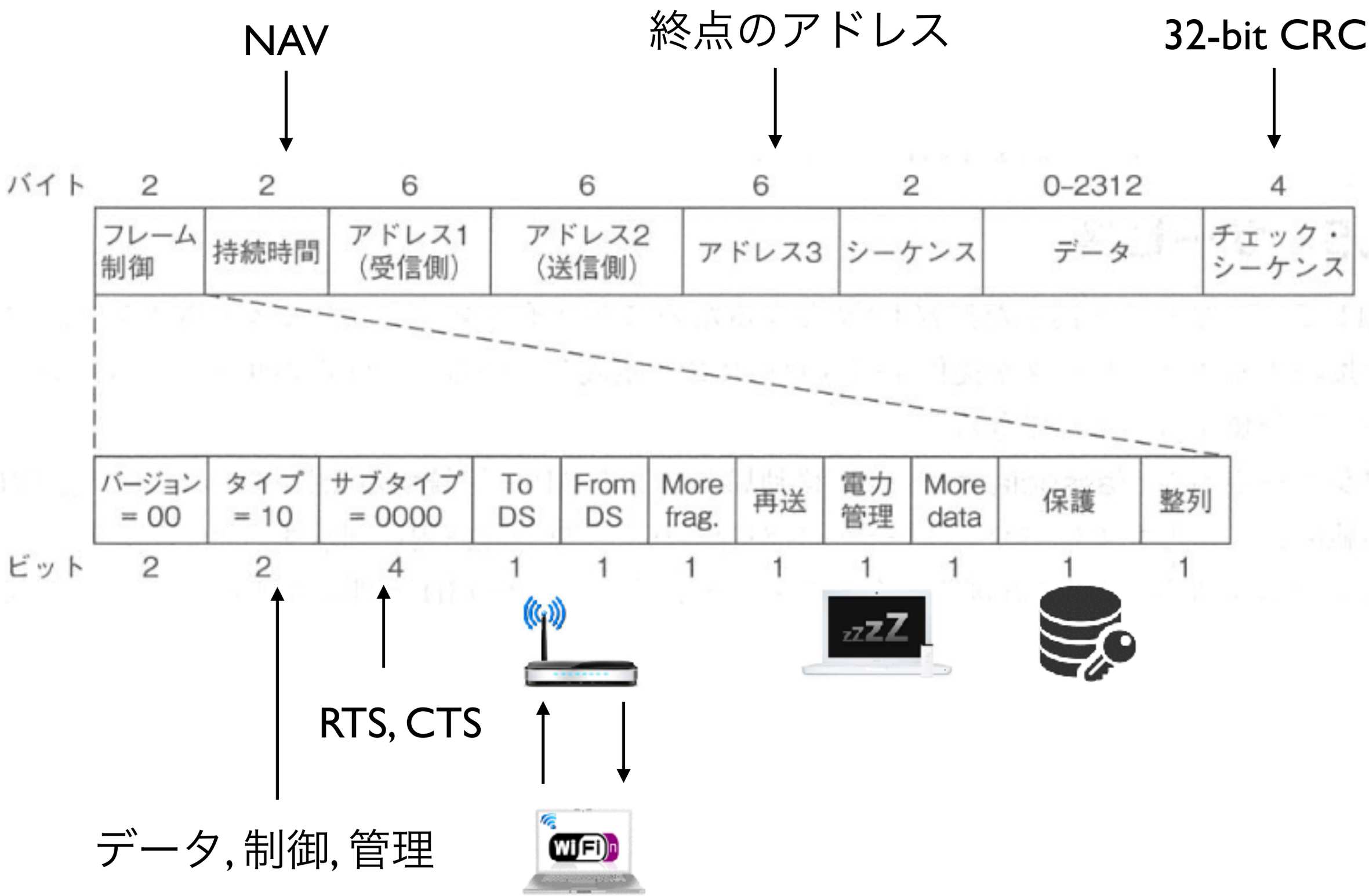
DCF (Distributed Coordination Function)

EIFS (Extended InterFrame Spacing)
- 問題報告のための時間

AIFS (Arbitration InterFrame Space)
- $AIFS_1$: 音声などのリアルタイム, $AIFS_4$: 優先度の低いフレーム



802.11のフレーム

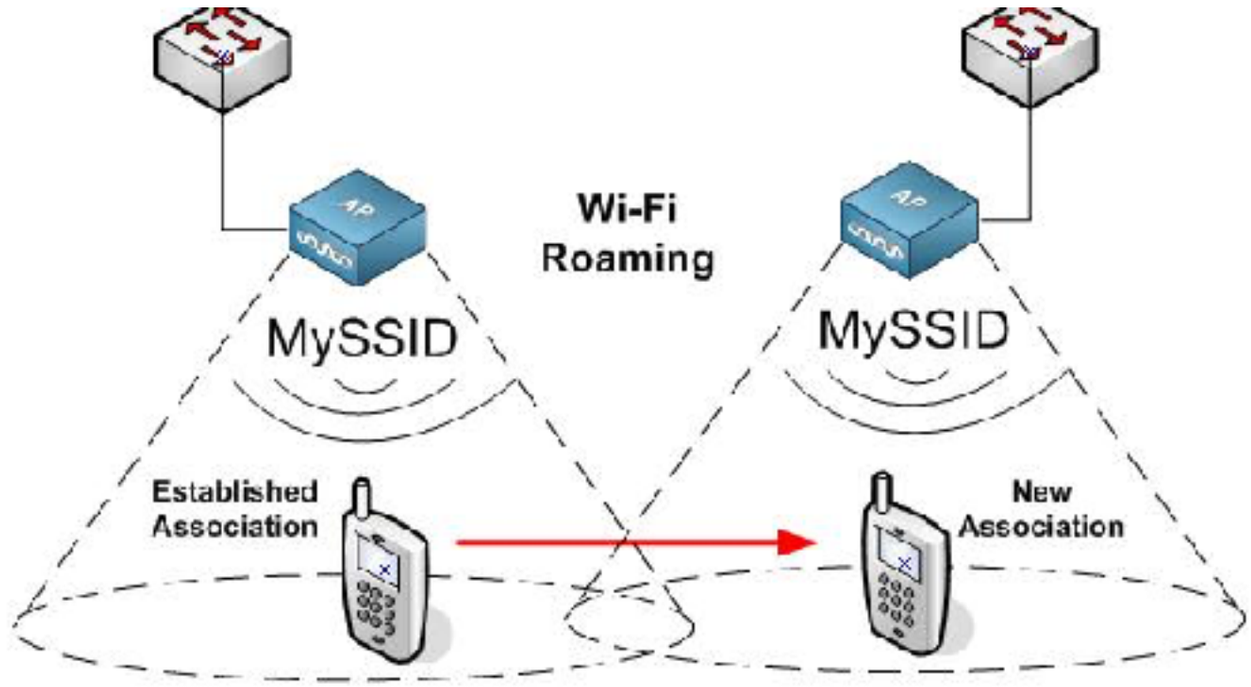

NAV
終点のアドレス
32-bit CRC
バイト
2
2
6
6
6
2
0-2312
4
フレーム制御
持続時間
アドレス1（受信側）
アドレス2（送信側）
アドレス3
シーケンス
データ
チェック・シーケンス
バージョン = 00
タイプ = 10
サブタイプ = 0000
To DS
From DS
More frag.
再送
電力管理
More data
保護
整列
ビット
2
2
4
1
1
1
1
1
1
1
1
RTS, CTS
データ, 制御, 管理

802.11のサービス

Association

Reassociation

Disassociation

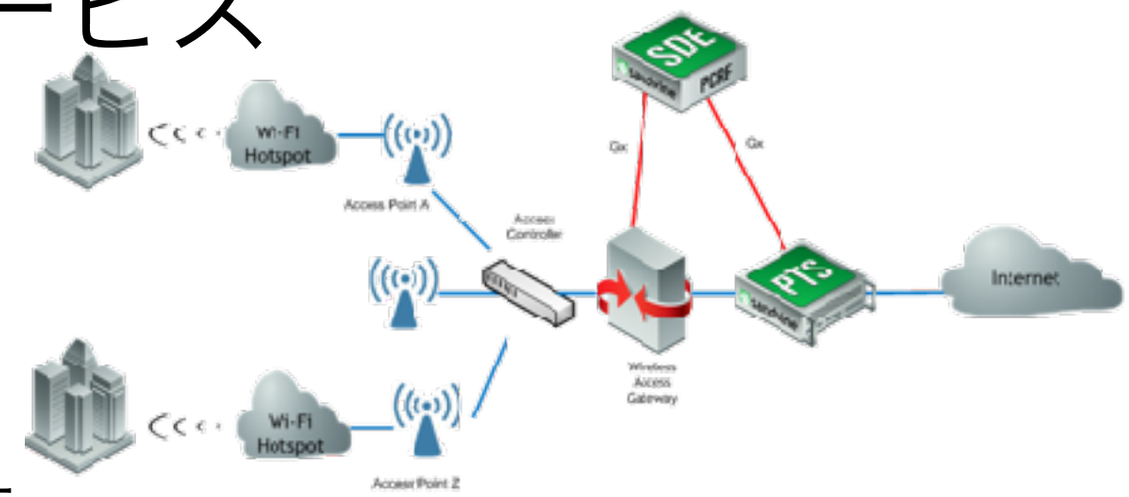


認証 (authentication)

WEP (Wired Equivalent Privacy)
- 予め共有しておいた鍵を用いて認証を行う

WPA2 (WiFi Protected Access 2)
- 暗号鍵は認証プロセス中に決定される

802.11のサービス



<u>配信 (Distribution)</u>
経路の決定

<u>インテグレーション (Integration)</u>
802.11 LAN 以外のネットワークとの接続

<u>データ配送 (Data delivery)</u>
前述のプロトコルを用いてデータの送受信を行う

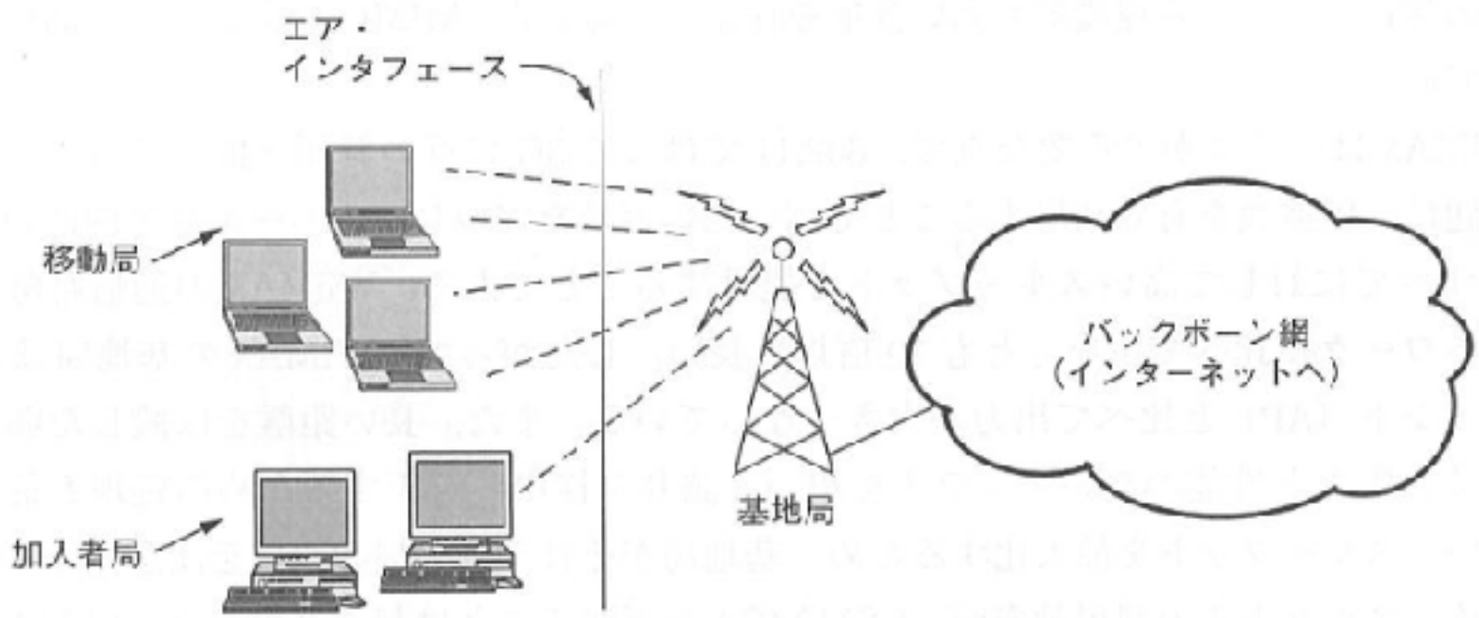
<u>プライバシー (Privacy)</u>
AES (Advanced Encryption Standard) に基づく暗号化

<u>QOS traffic scheduling</u>
音声や動画（リアルタイムデータ）などの優先

<u>送信電力制御 (Transmit power control)</u>
<u>動的周波数選択 (Dynamic frequency selection)</u>

ブロードバンド無線

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)
802.16



802.11
OFDM @ 2.4/5 GHz
MIMO
CSMA/CA
30m圏

WiMAX
OFDM @ 2.5/3.5 GHz
MIMO
基地局が制御
50km圏

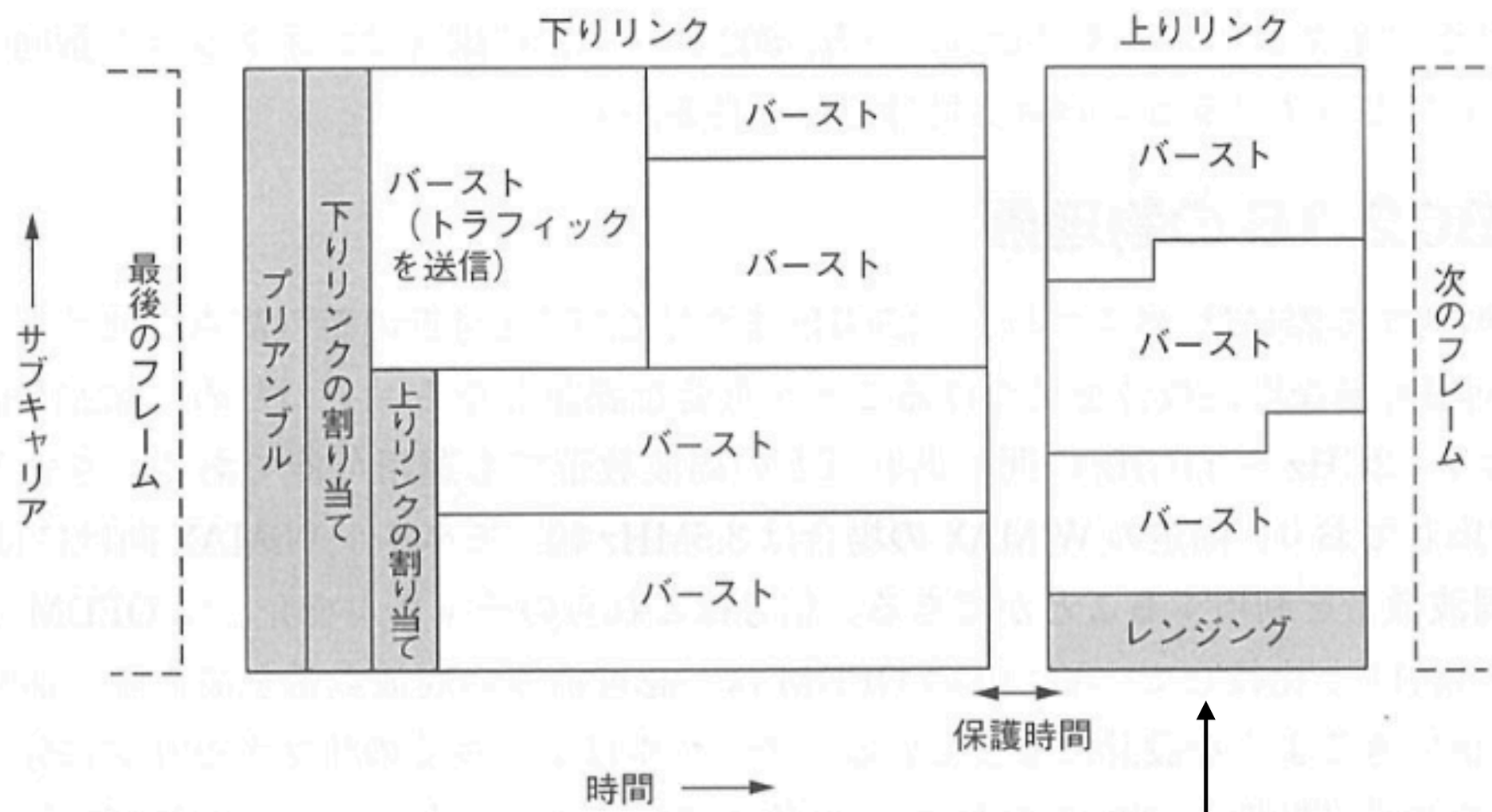
(課題9)

802.16の物理層

直交周波数分割多元接続

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)
局ごとに異なるサブキャリアが割り当てられ、

複数の局が同時に送受信できる



新たな局はタイミングを調整することで基地局に帯域を要求するためのもの

802.16のフレーム構造

ペイロードが暗号化されているかどうか

パッキング、フラグメント化されているかどうか

チェックサムがあるかどうか

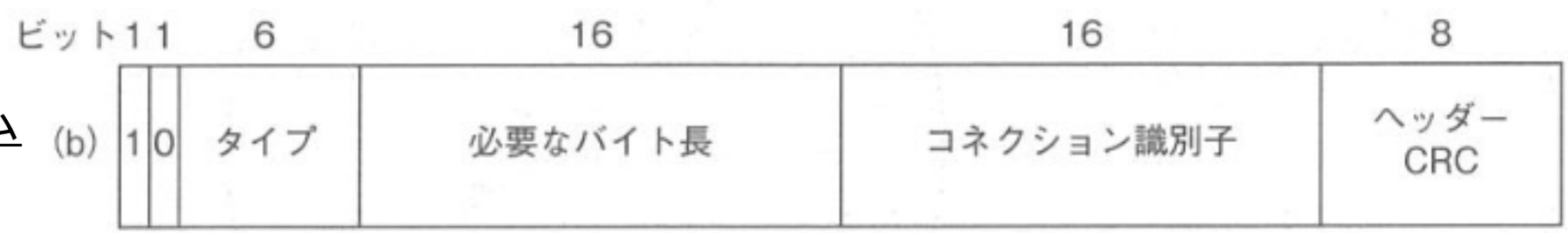
暗号化鍵の種類

どのコネクションに属するか

$x^8 + x^2 + x + 1$

一般的なフレーム

帯域要求フレーム

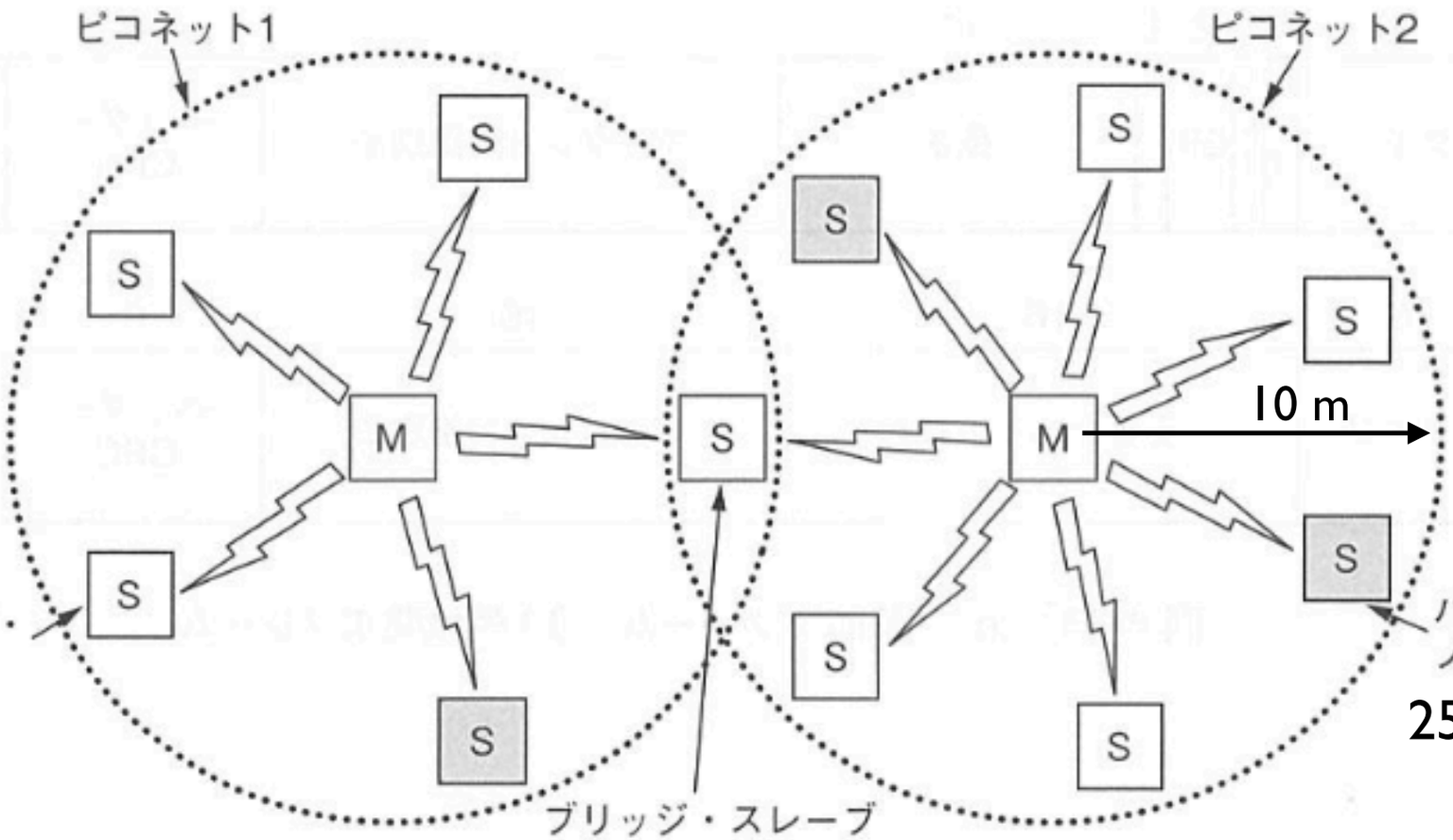


Bluetooth

1998 SIG (Special Interest Group)

Harald Bluetooth
958-986

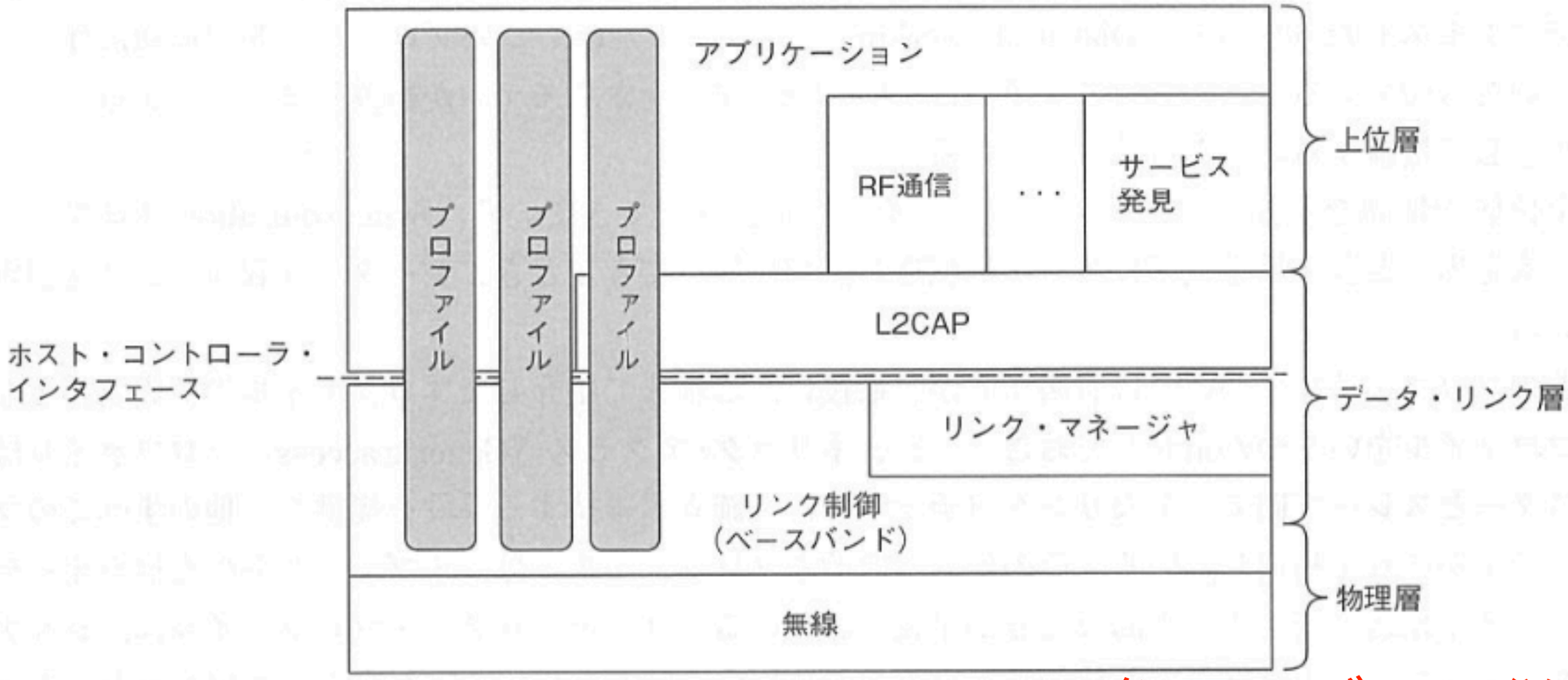
Bluetooth では**ペアリング**によって安全な通信が可能になった



7個まで

255個まで

Bluetooth のプロトコル・スタック



OSI参照モデルに従わない

論理リンク制御適合プロトコル
L2CAP (Logical Link Control Adaptation Protocol)
可変長メッセージを作成し、必要なら信頼性を付加する

Bluetoothのリンク制御層
リンク管理プロトコルが**リンク**と呼ばれる論理チャネルを設定する
同期コネクションSCO (Synchronous Connection Oriented):リアルタイムデータに用いる
非同期コネクションレス ACL (Asynchronous ConnectionLess) : パケットデータに用いる

Bluetooth無線通信層
2.4-GHz ISMを 79チャネルに1 MHzずつ分ける + 適応的周波数ホッピング

Bluetoothのフレーム構造

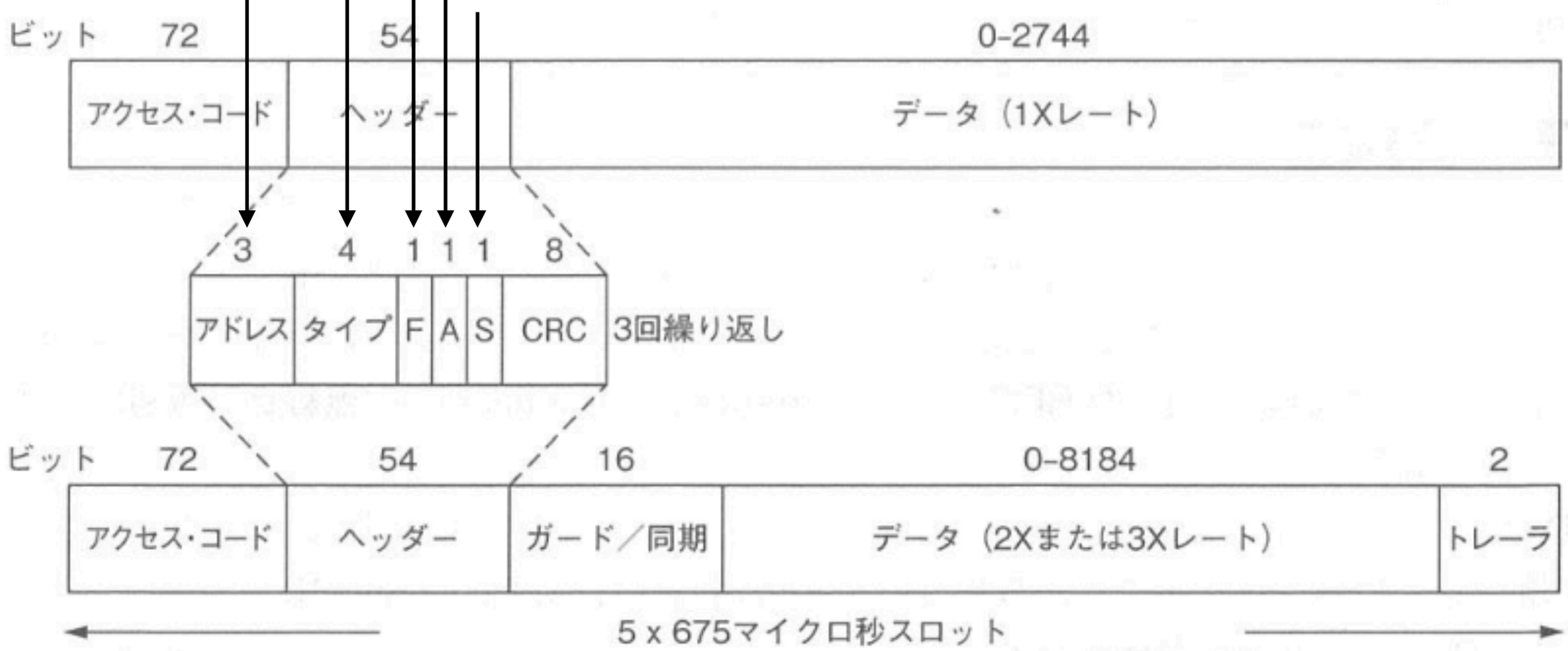
7個のうちどのデバイスか

フレームの種類 (ACL, SCO, poll, or null)

Flow bit : バッファが満タンか

確認通知 (ACK)

順序番号



RFID (Radio Frequency IDentification)

<u>歴史</u>

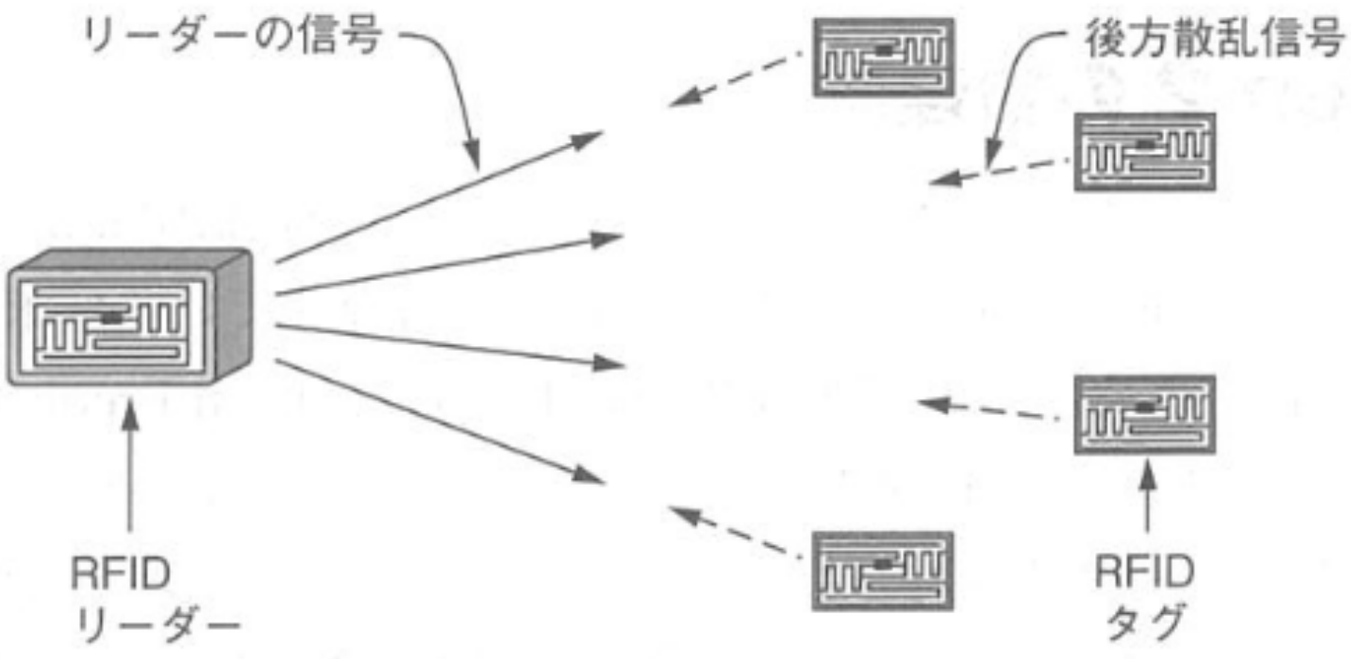
1999 EPC (Electronic Product Code) @ MIT (バーコードに代わるもの)
2003 EPCglobal
2005 Walmart が商品の配送に RFID を導入
2008 EPC Gen 2

<u>特徴</u>

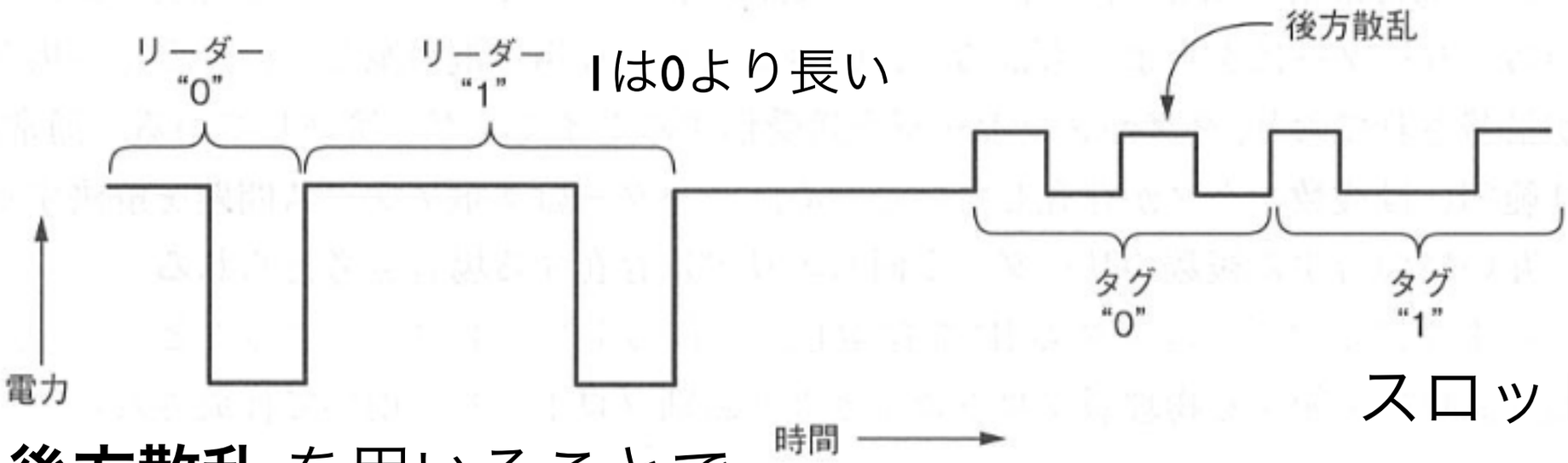
96-bitの識別子
シールにして貼れる
カードに内蔵できる
電池不要
- リーダの電源で動作
- リーダは常時発信

容量: 500B - 64kB

3kB



RFIDの物理層



後方散乱 を用いることで
リーダが読み取れる微弱な
信号を少ない電力で生成

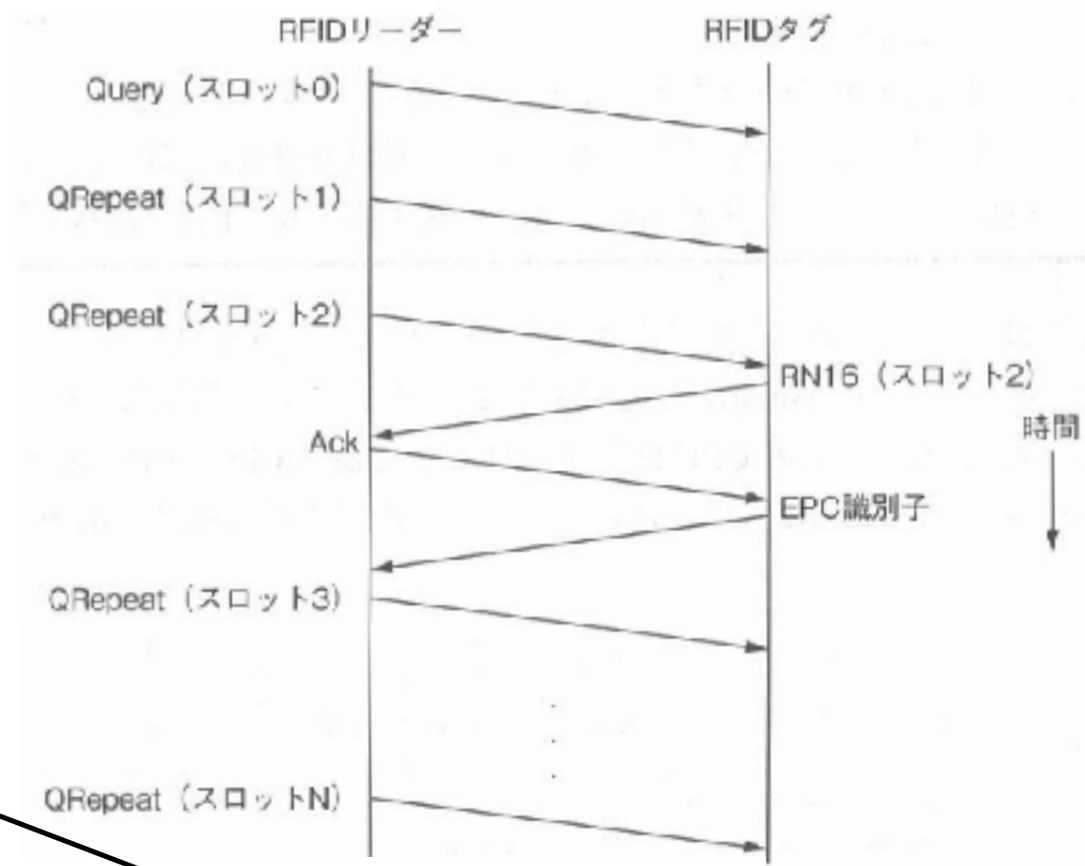
400msごとに周波数をホップさせる

識別子を返答するスロットを
0から2^Q-1の間から選択

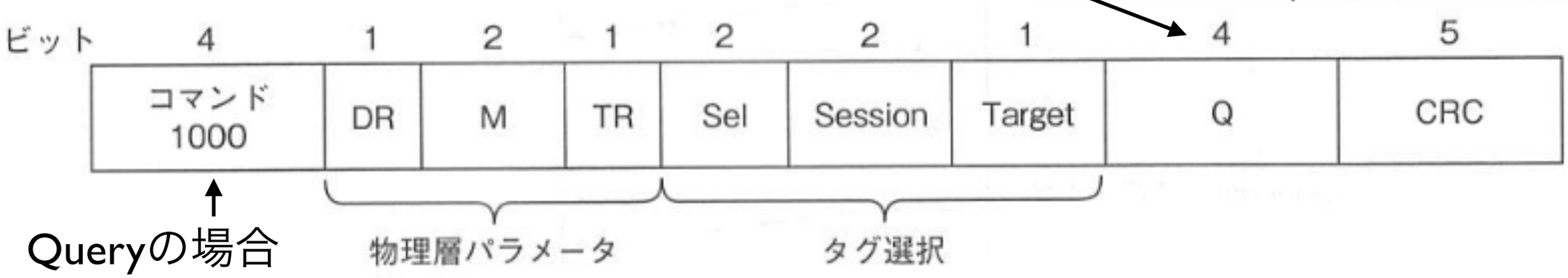
(課題10)

RFIDのタグ識別層

スロット化ALOHAに類似

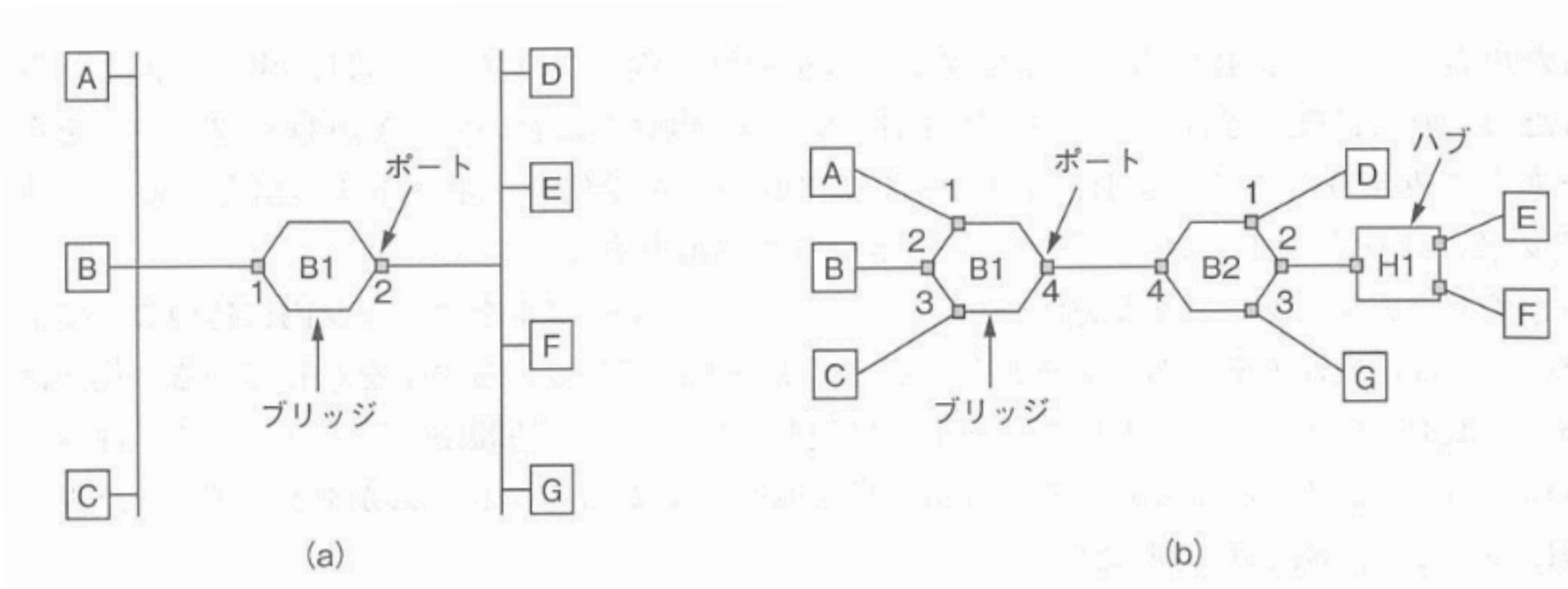


RFIDのフレーム構成



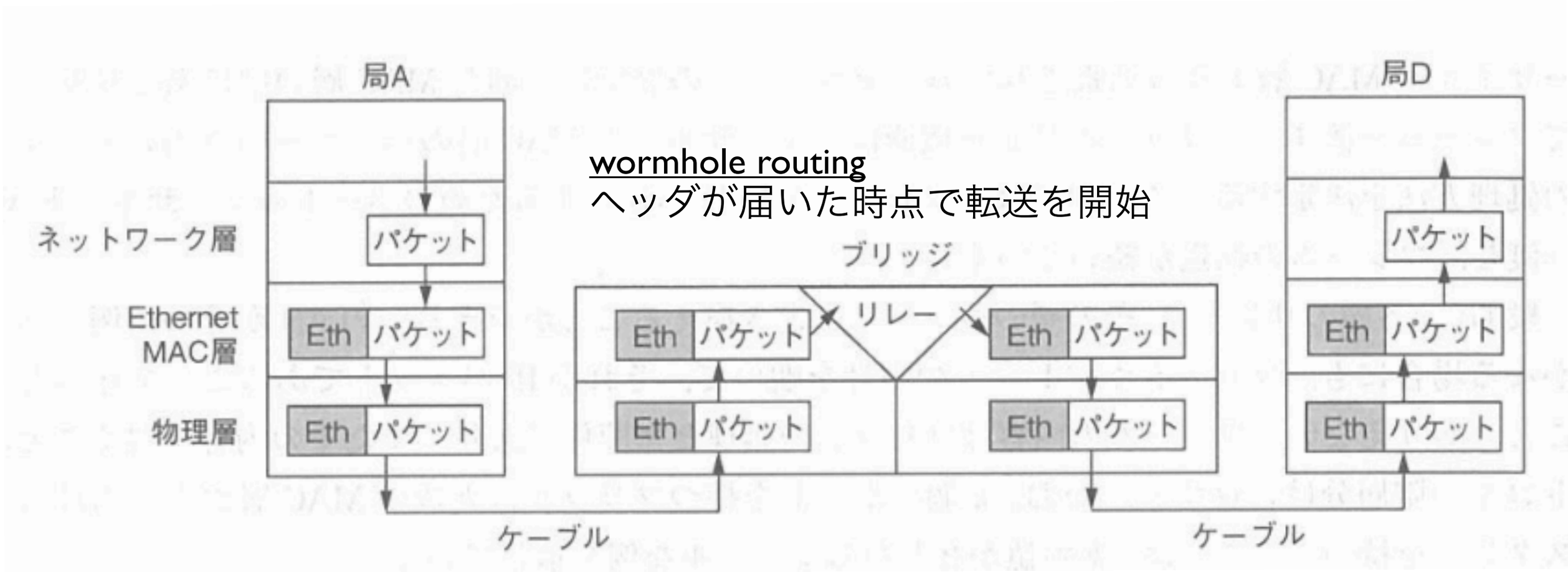
データ・リンク層スイッチング

<u>ブリッジの用途</u>
- 学習型ブリッジ
- スパニング・ツリー・ブリッジ

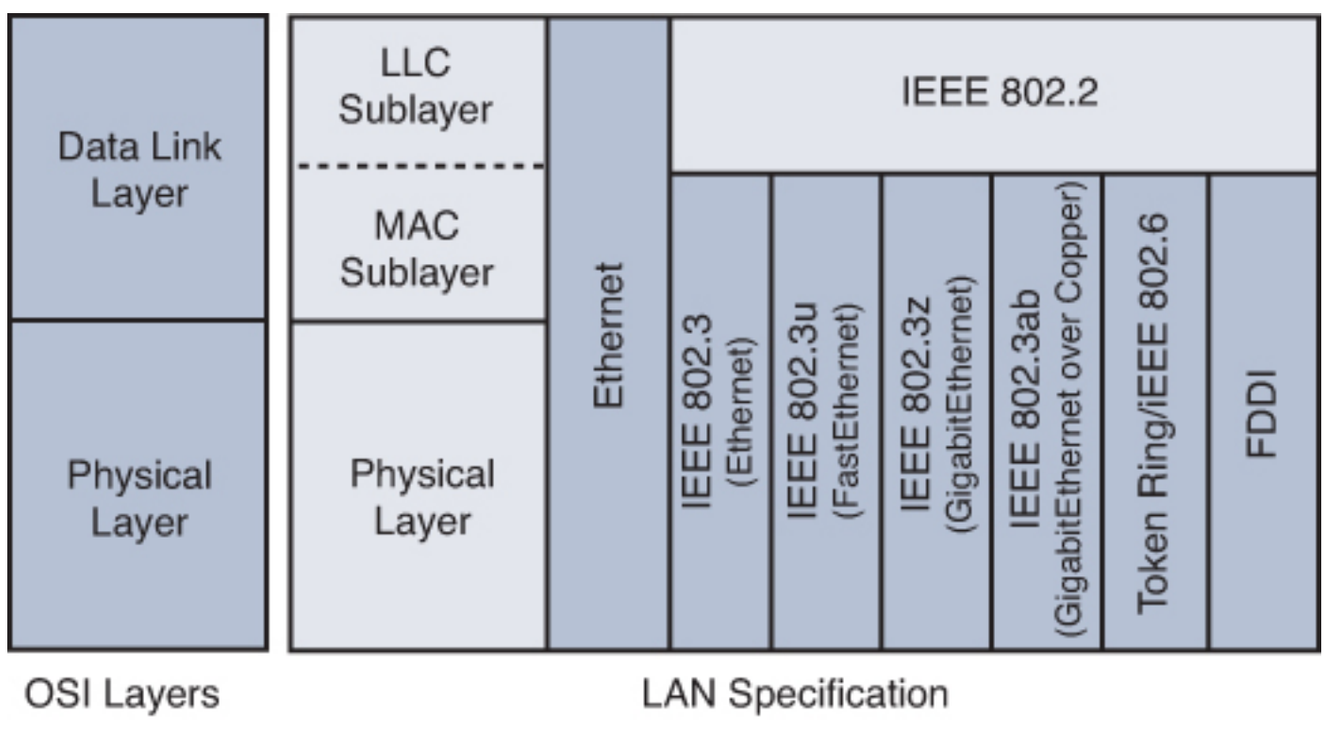


<u>学習の手順</u>
1. 送信先のポートが送信元のポートと同一ならフレームを破棄
2. 送信先のポートが送信元のポートと異なるならフレームを送信
3. 送信先のポートが不明ならフラッディングを使って送信元以外の全てのポートへ送信

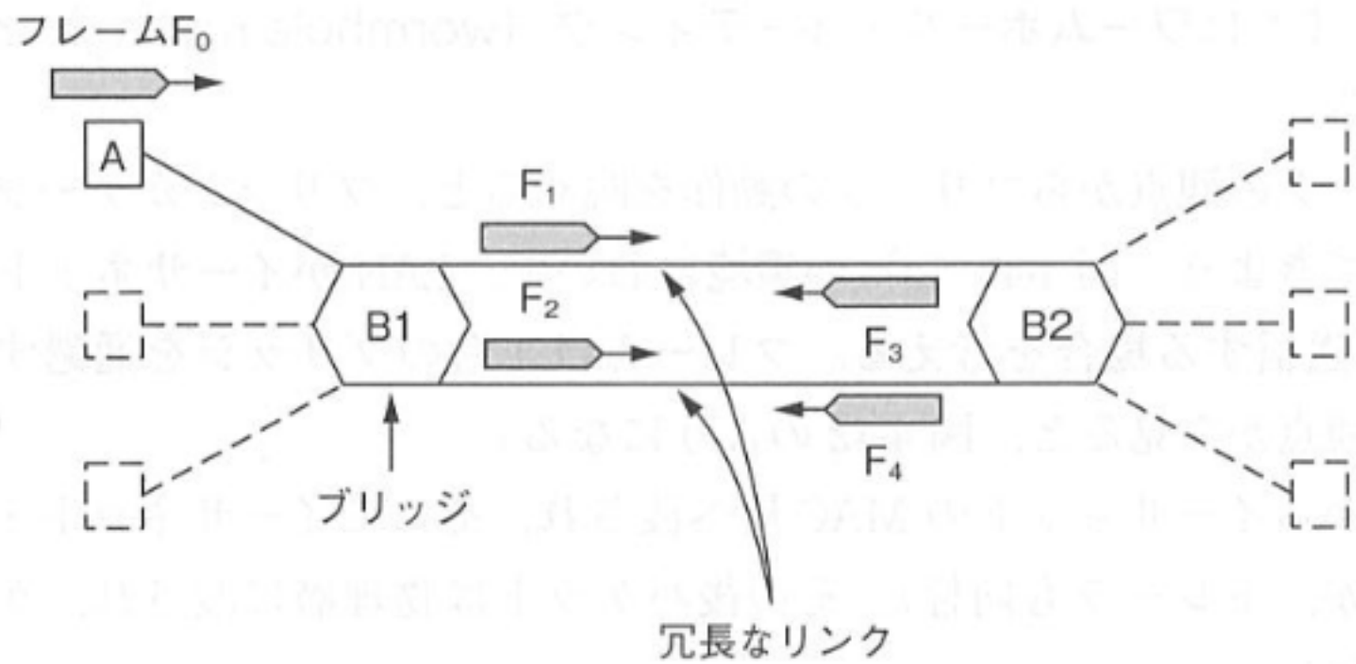
ブリッジにおけるプロトコル処理



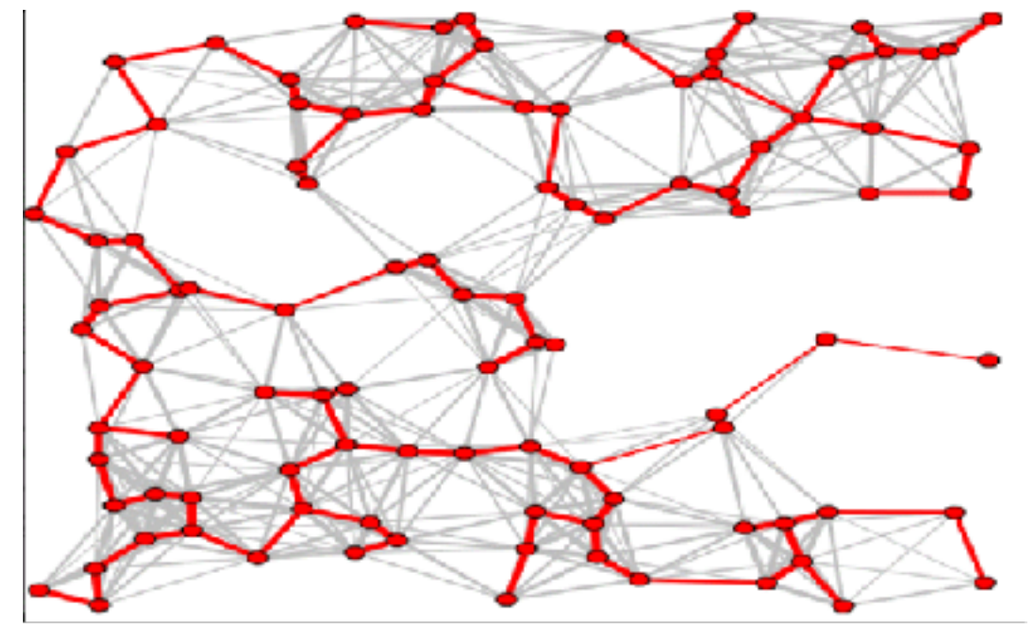
wormhole routing
ヘッダが届いた時点で転送を開始

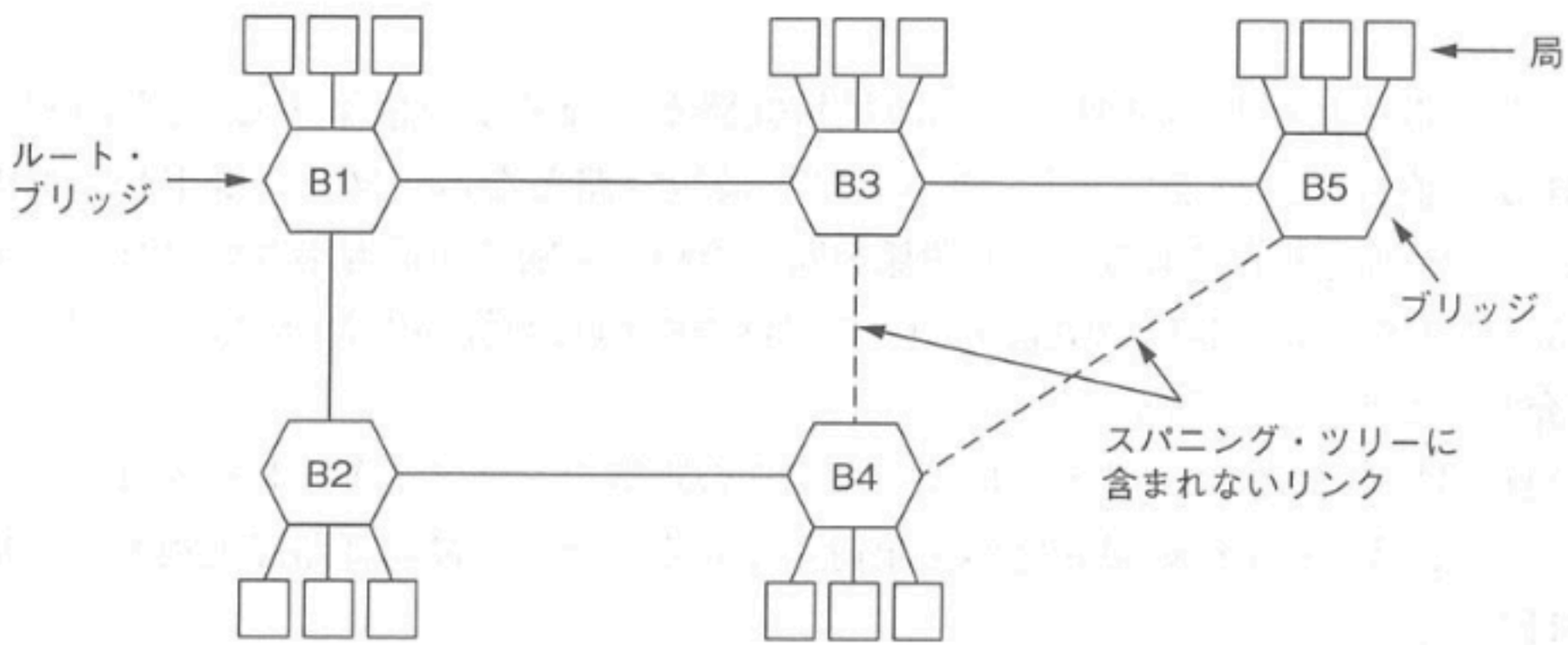


スパニング・ツリー・ブリッジ



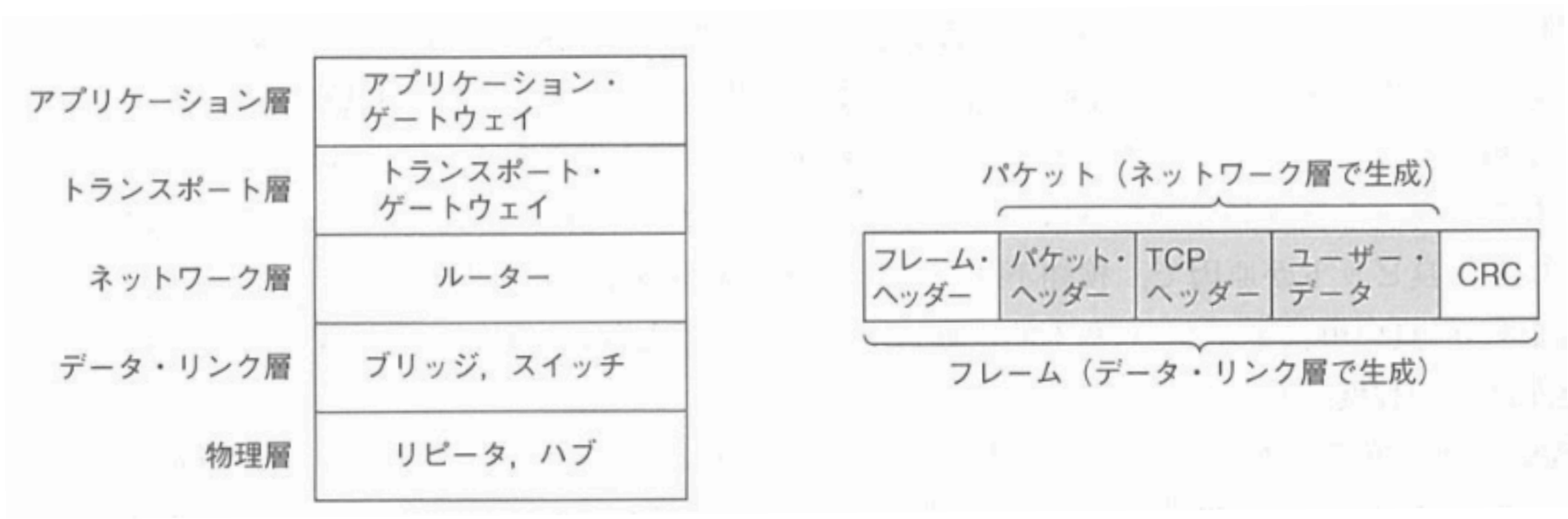
Spanning tree



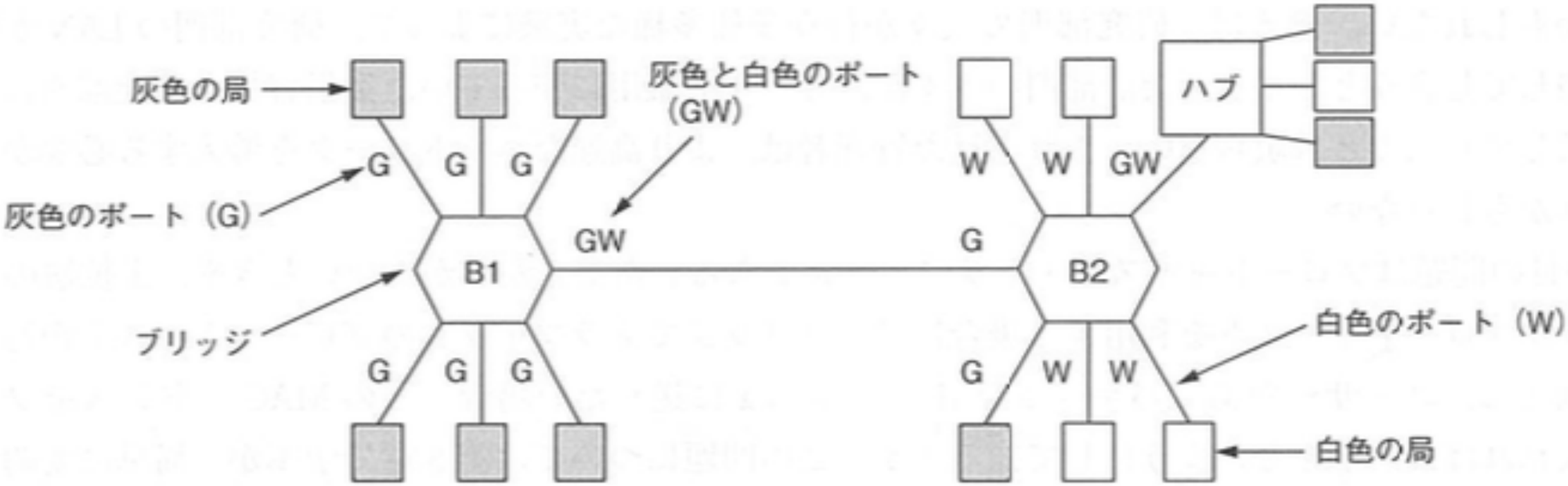


リピータ, ハブ, ブリッジ, スイッチ, ルータ, ゲートウェイ

リピータ: 物理層の接続
ハブ: リピータのマルチポート版
ブリッジ: データ・リンク層の接続
スイッチ: ブリッジのマルチポート版
ルータ: ネットワーク層の接続
ゲートウェイ: ネットワーク同士をつなぐルータ

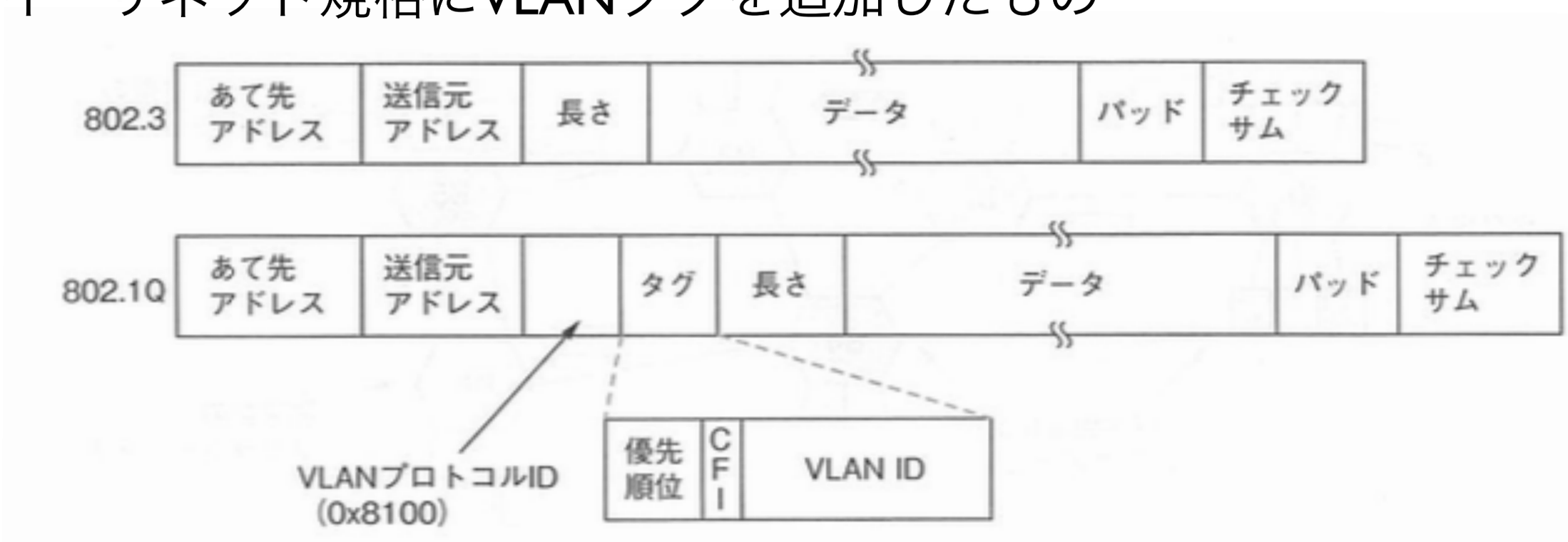


VLAN (Virtual Local Area Network)



802.1Q

イーサネット規格にVLANタグを追加したもの



講義日程

		授業計画		課題
04/11	第１回	計算機ネットワークの基本概念 ハードウェア・ソフトウェア，参照モデル	１章	ネットワークの種類と参照モデルを理解し プロトコル階層と各層の設計課題
04/14	第２回	物理層１ 有線伝送と無線伝送	２章	物理チャネルの特性を理解し データ通信の理論的基礎を理解
04/18	第３回	物理層２ デジタル変調と多重化	２章	ベースバンド伝送と通過帯域伝送， 電話網，携帯電話システムを説明できる
04/21	第４回	データリンク層１ 誤りの検出・訂正	３章	誤りの検出・訂正のしくみを理解し 検出・訂正符号の計算ができる
04/25	第５回	データリンク層２ データリンク・プロトコル	３章	データリンク・プロトコルの種類， 各プロトコルを定量的に評価できる
04/28	第６回	メディア・アクセス副層１ ブロードキャスト・チャネル	４章	多重アクセス・プロトコルを理解し データ・レートを計算できる
05/02	第７回	メディア・アクセス副層２ 無線 LAN，Bluetooth, RFID	４章	個別のプロトコル・スタックを理解し データリンク層スイッチングを理解
05/09	第８回	理解度確認総合演習 (中間試験) 第１回から第７回までの内容の演習形式による確認		第１回から第７回までの理解度確認と 到達度自己評価