

電気学会電子デバイス研究会 招待講演

将来の携帯電話システムに向けた 回路・デバイス技術への期待

2006年3月3日

電気通信大学 AWCC

山尾 泰



先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター

Advanced Wireless Communication research Center

主な内容

● 携帯電話システムの発展

- ・ 携帯電話システムの世代
- ・ 携帯電話端末の小形軽量化

● 携帯電話の装置構成

- ・ 基地局・ネットワーク
- ・ 携帯端末

● 回路・デバイス技術の課題

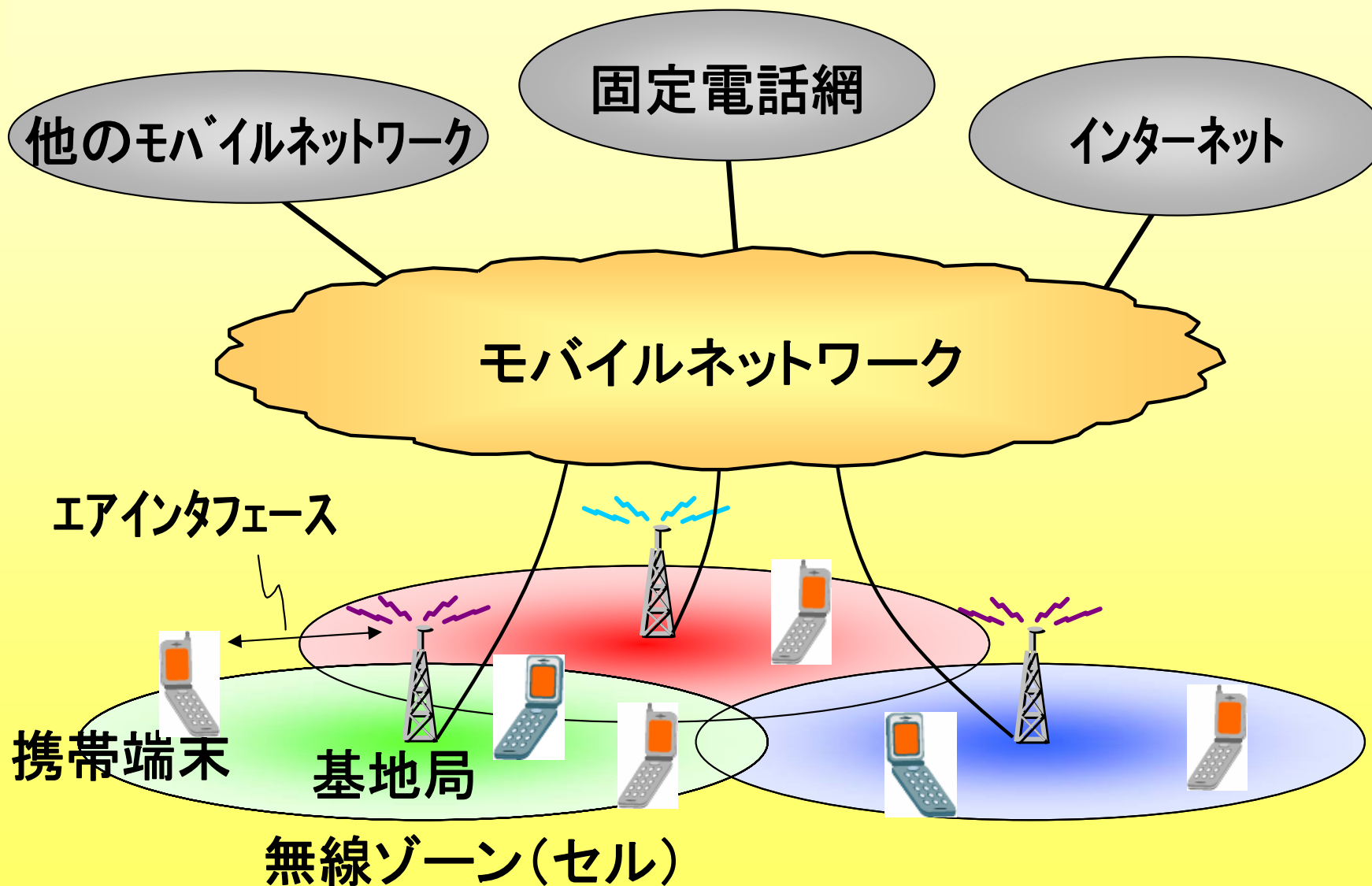
- ・ 送信部 ・ 受信部
- ・ ベースバンド・制御部

● 今後の展望

- ・ ユビキタスデバイスとの連携
- ・ リンコンフィギャラブル無線・コグニティブ無線

携帯電話システムとは？

携帯電話システムの基本構成



サービス、システム、装置、回路、デバイス

サービス

携帯電話

メール

モバイル
インターネット

おさいふ
ケータイ

システム

ソフトウェア

サービスソフトウェア

通信ソフトウェア

加入者DB
／課金ソフトウェア

ハードウェア

装置

携帯端末

基地局
アンテナ

基地局
送受信装置

アクセス
制御装置

伝送・交換
装置

回路

電力
増幅器

受信機

変復
調器

周波数
シンセ

CODEC

表示
回路

電源
回路

デバイス

FET

受動
素子

IC

メモリ

プロセ
ッサ

LCD

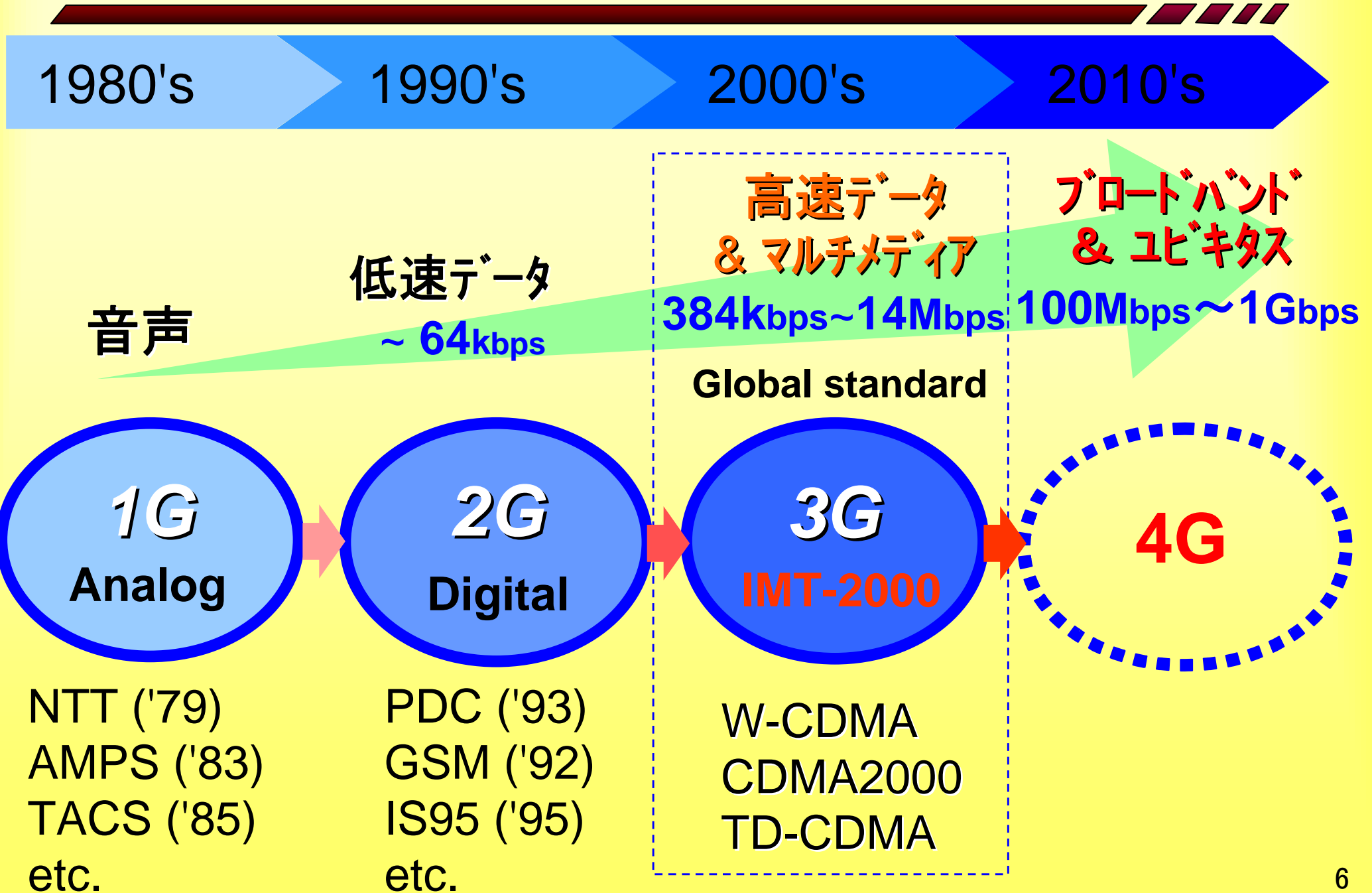
CCD

スピー
カー

基板

携帯電話システムの発展

移動通信の世代



携帯電話システムの世代

	第1世代 (1980~)	第2世代 (1990~)	第3世代 (2001~)	第4世代 (2010?~)
システム名	NTT, AMPS, NMT	GSM, PDC, cdmaOne, PHS	IMT-2000	Systems Beyond IMT- 2000
音声伝送・ 多重アクセ ス法	アナログ伝送 FDMA-FDD	デジタル伝送 TDMA-FDD CDMA-FDD TDMA-TDD	デジタル伝送 CDMA-FDD CDMA-TDD	未定
サービス対 象	音声、低速モデム 信号	音声、低速データ	音声、マルチメディ ア	あらゆる情報
情報伝送速 度	300~1200 bps	9600~64 kbps	144k~2 Mbps (~14 Mbps*1)	>20 Mbps (100M~ 1Gbps)

*1 3.5世代技術 (HSDPA[14]) 導入時

携帯電話システムで用いられる無線信号形式

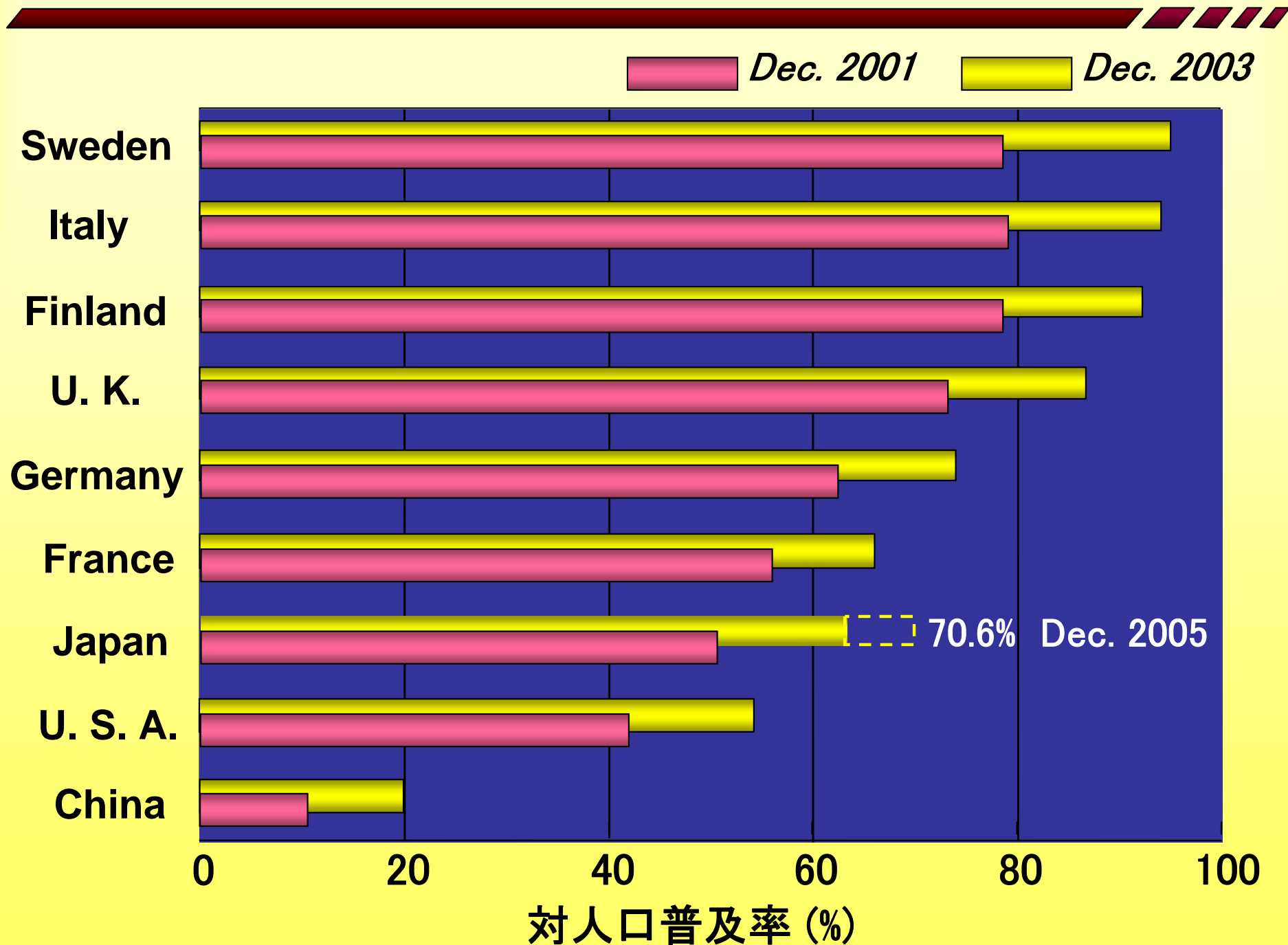
	第2世代 (1990～)			第3世代 (2001～)	第4世代 (想定) (2010?～)
システム名	GSM	PDC	PHS	IMT-2000 DS-CDMA	Systems Beyond IMT-2000
無線周波数帯	900 MHz 1.8/1.9 GHz	900 MHz 1.5 GHz	1.9 GHz	2 GHz (900 MHz, 1.7 GHz, 2.5 GHz)*1	未定
変調方式	GMSK	$\pi/4$ シフトQPSK		下り：QPSK (16QAM)*2 上り：BPSK-HPSK	マルチキャリア多値 変調?
変調速度	270.833 kbps	42 kbps	384 kbps	3.84Mcps (~14 Mbps*2)	100 Mbps ~ 1 Gbps
占有帯域幅	200 kHz	32 kHz 以下	250 kHz 以下	5 MHz以下	~ 100 MHz
端末最大 送信電力*3	2 W (*4) 1 W (*5)	0.8 W	80 mW	0.25 W	未定
端末送信電力 制御範囲*3	20 dB (*4) 17 dB (*5)	20 dB	—	74 dB	未定

- *1 IMT追加バンド *2 3.5世代技術 (HSDPA[14]) 導入時
 *3 携帯電話端末で用いられる移動局クラスでの値
 *4 900 MHz 帯 *5 1.8/1.9 GHz 帯

移動通信における量的・質的变化

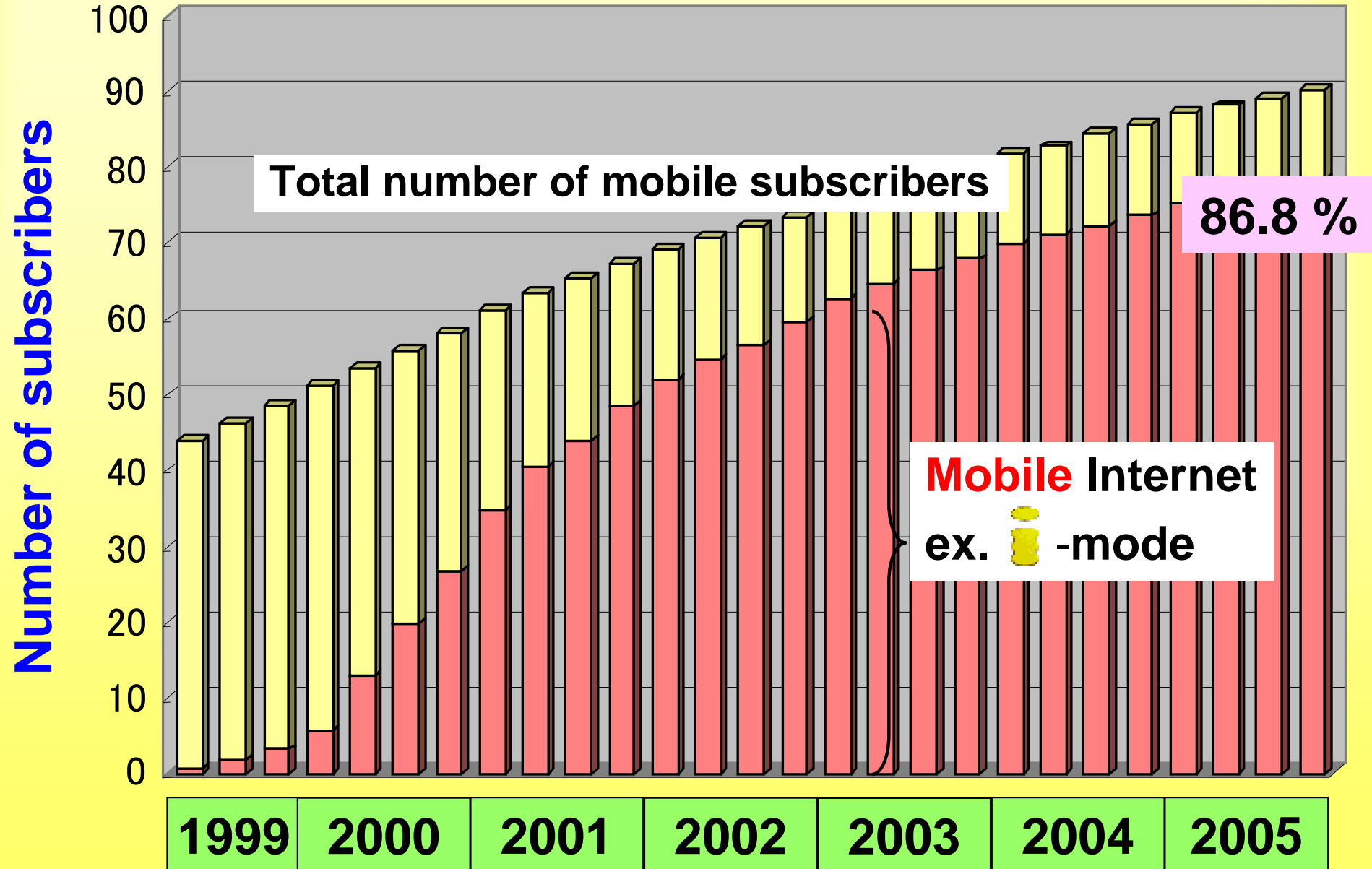
- 黎明期～発展初期は、**固定通信でカバーできない**限定された領域で使用された。
 - ・ 昭和27年 港湾船舶電話
 - ・ 昭和43年 ポケットベル
- **量的拡大とパーソナルユースへの展開【第1の波】** 1994～
 - ・ 技術革新による**端末の小形軽量化**と電池長寿命化
 - ・ 1.5 GHz帯携帯電話への新規参入～**エリアの拡大**
 - ・ 端末の**売り切り制**の導入(電波免許制度改革)
- サービスの多様化、**質的变化【第2の波】** 2000年～
 - ・ モバイル**コンピューティング**
 - ・ モバイル**インターネット**
 - ・ モバイル **Eコマース**
- _____ **【第3の波?】** 2010年～

世界の携帯電話普及率

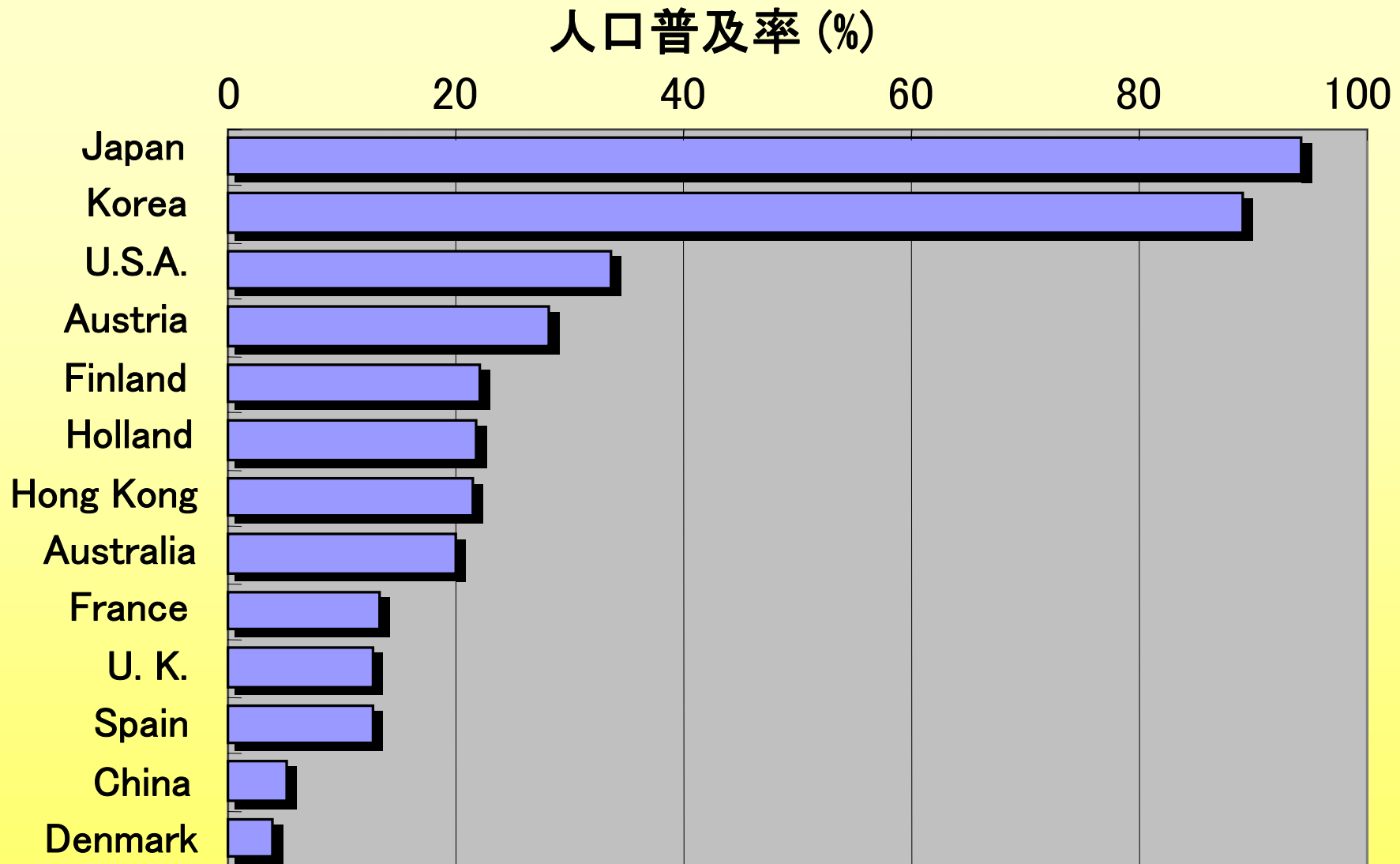


モバイルインターネットの普及率(日本)

(Millions)

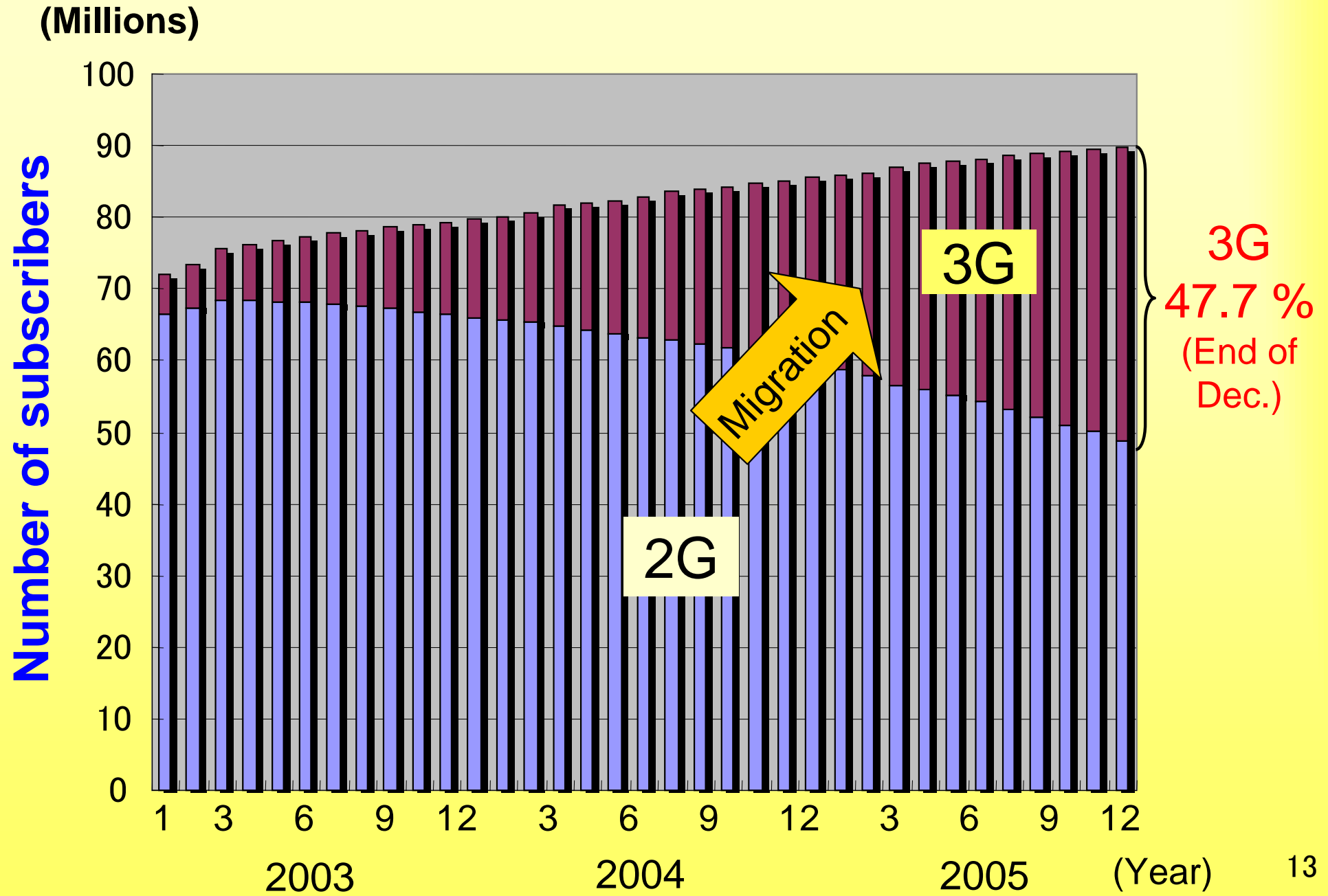


モバイルインターネットの普及(世界)

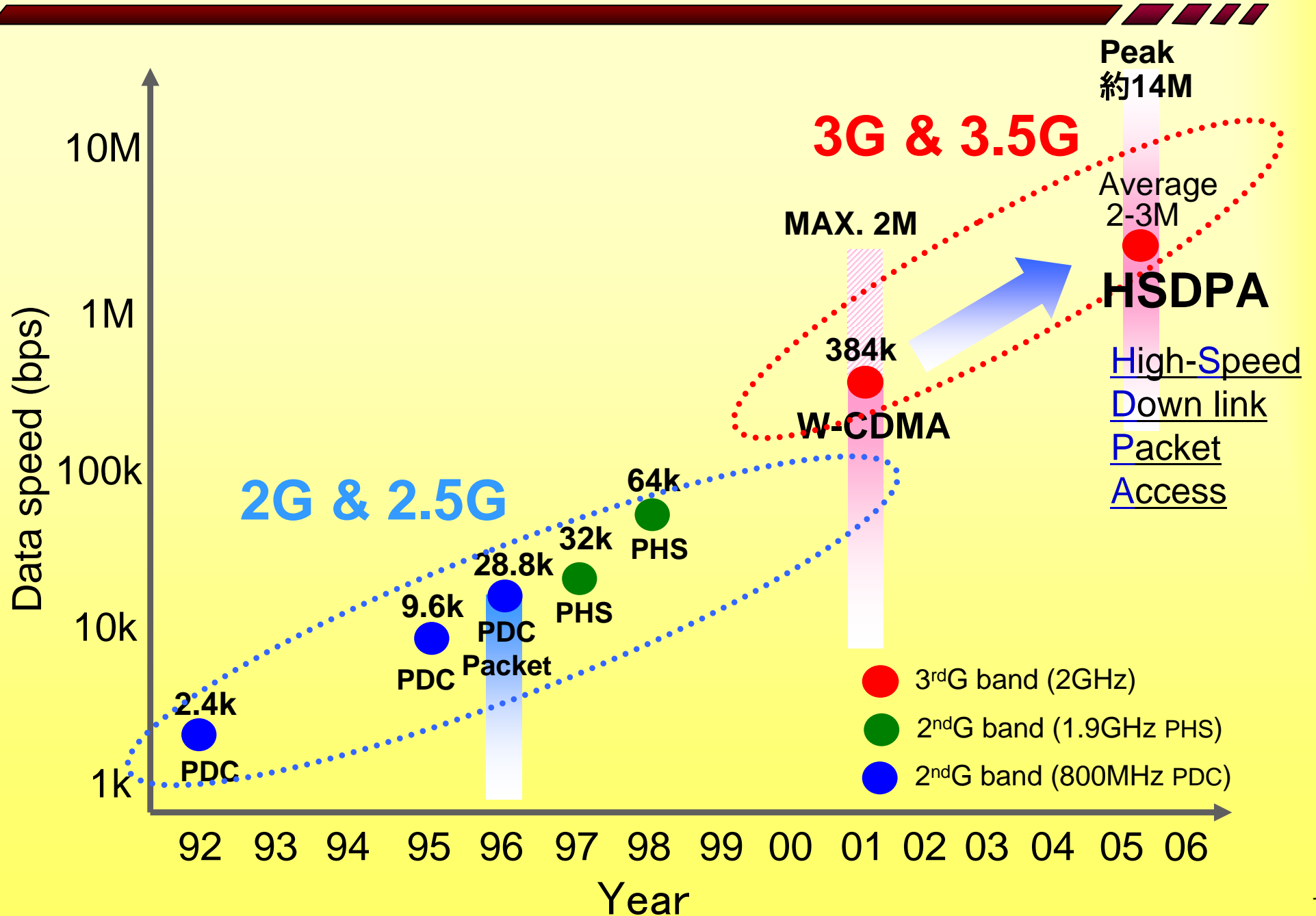


From "2005 White Paper: Information and Communications in Japan"
by the Japanese government.

3G携帯電話の比率



データ伝送速度の高速化

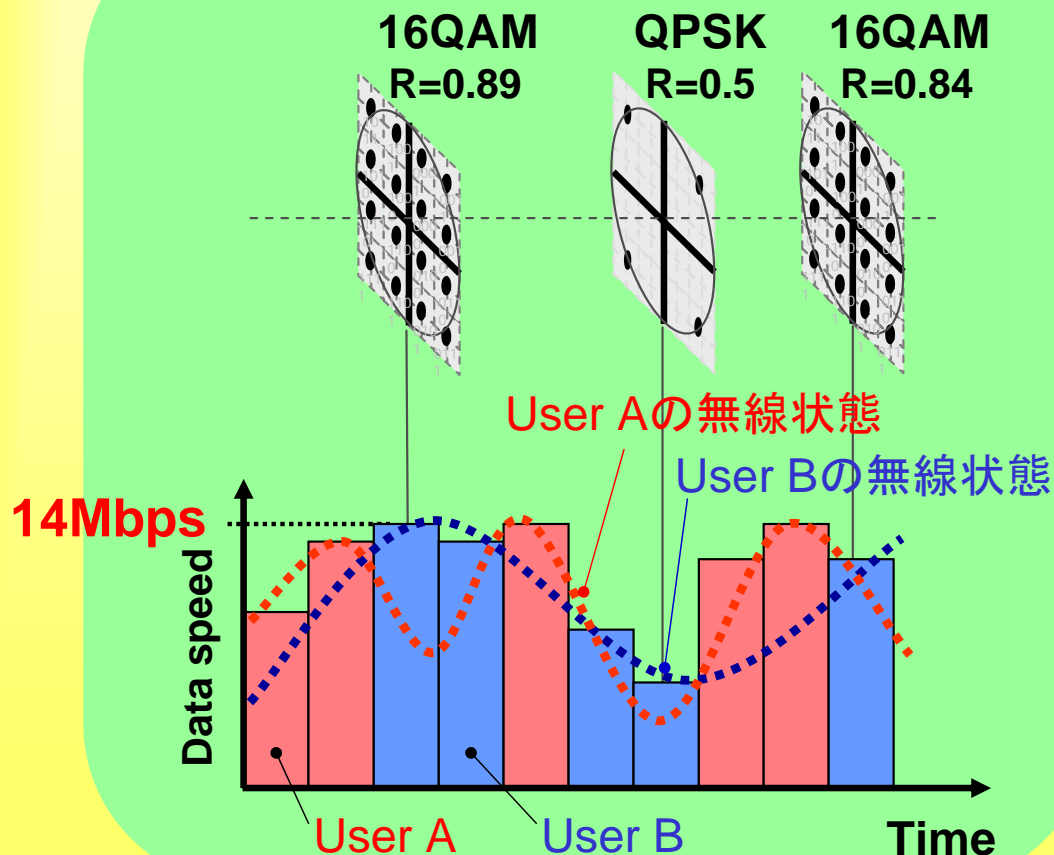


HADPA (High-Speed Downlink Packet Access)

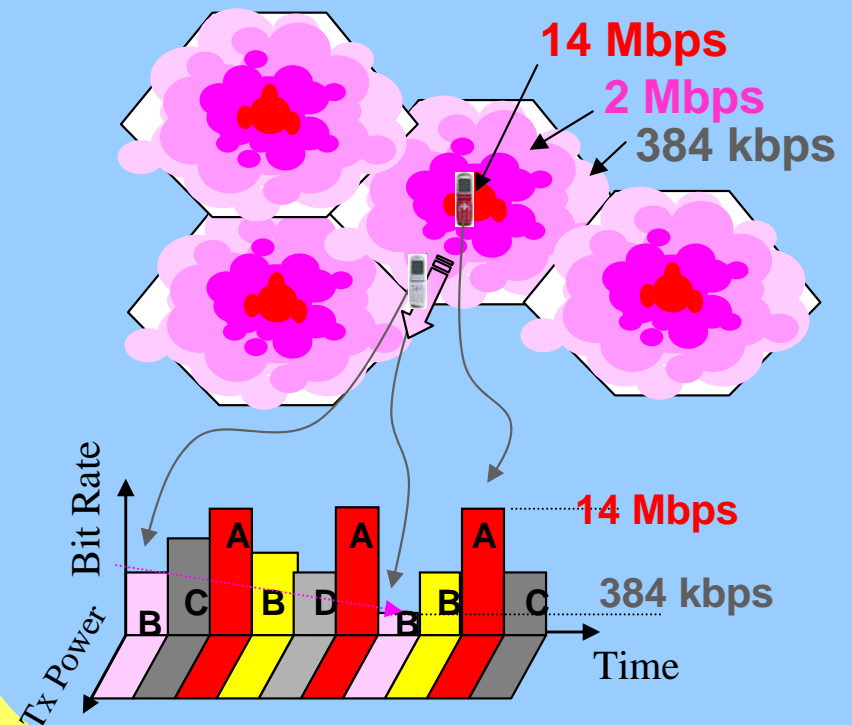
- 目的;**
- 無線リソースの効率的な使用による下りリンクのビットコスト削減
 - ピークおよび平均ユーザスループット高速化によるサービス性向上

適用技術; 適応変調・符号化, Hybrid-ARQによる高効率伝送

適応変調・符号化



伝送速度はフレーム・ユーザ毎に
384 kbps から14 Mbps まで変化



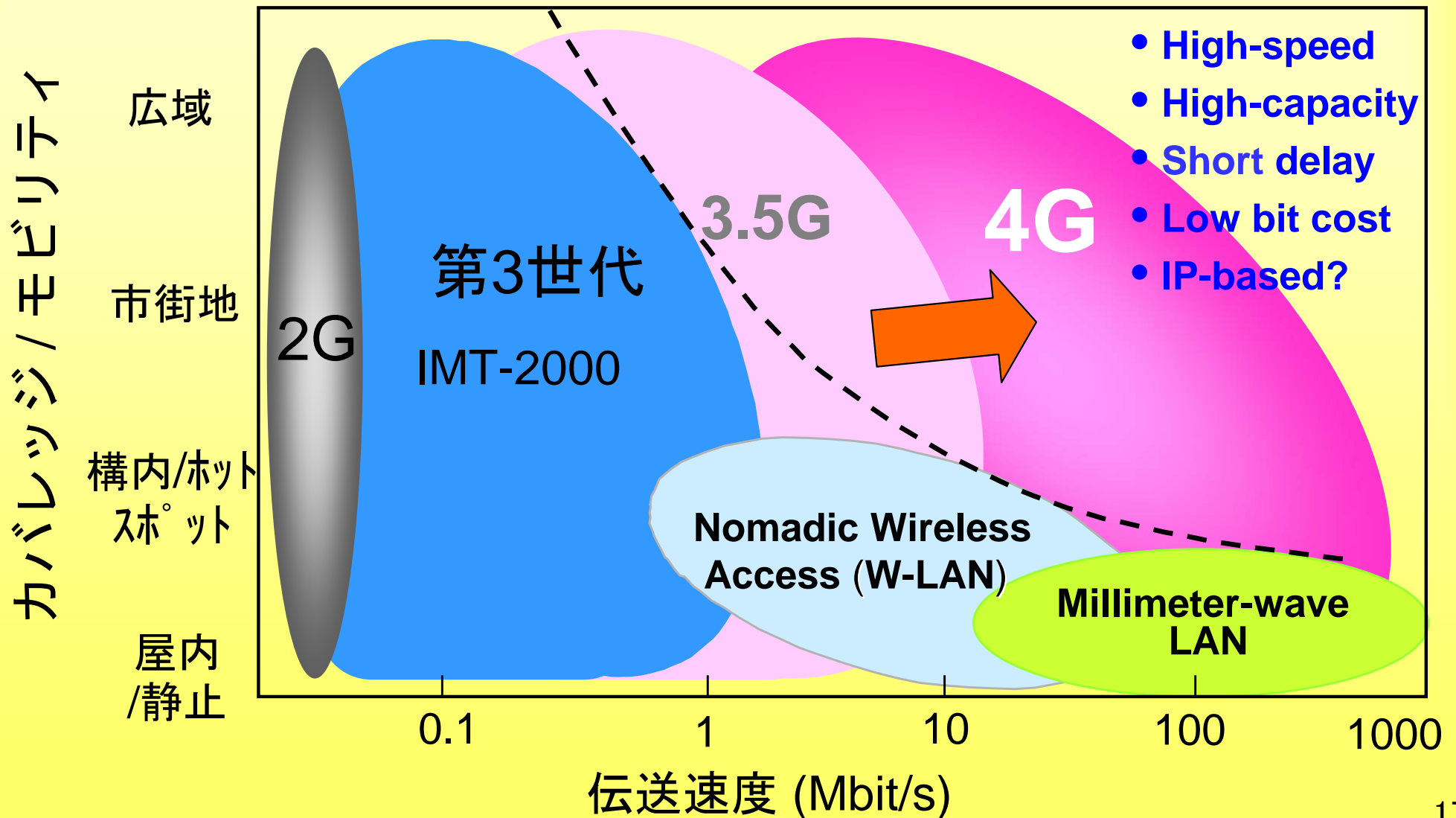
HSDPA 端末 (試作機)

- 当初販売予定機種は 3.6 Mbpsの伝送速度までサポート



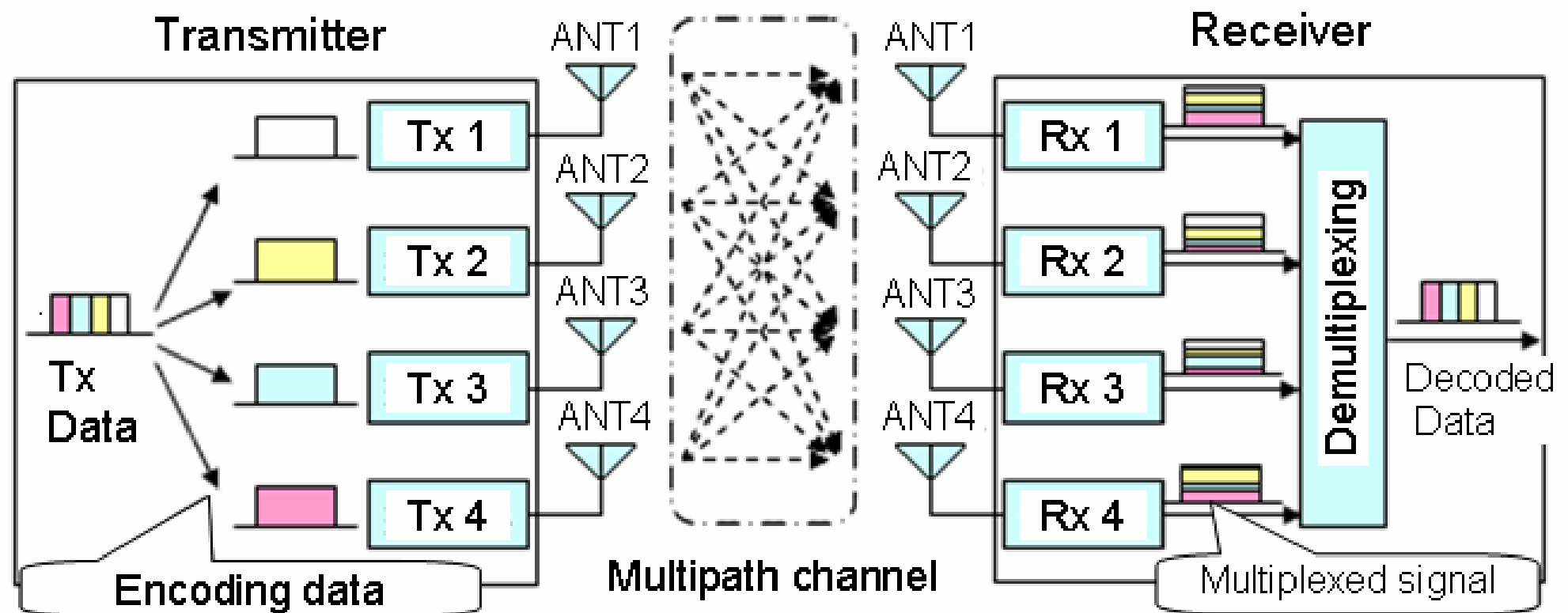
第4世代システムによる伝送能力の向上

- 新しい**ブロードバンドワイヤレスアクセス技術**により伝送速度は100 Mbps(屋外)~1 Gbps(屋内)に向上



1Gbps ワイヤレスアクセス

● MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)による多重化

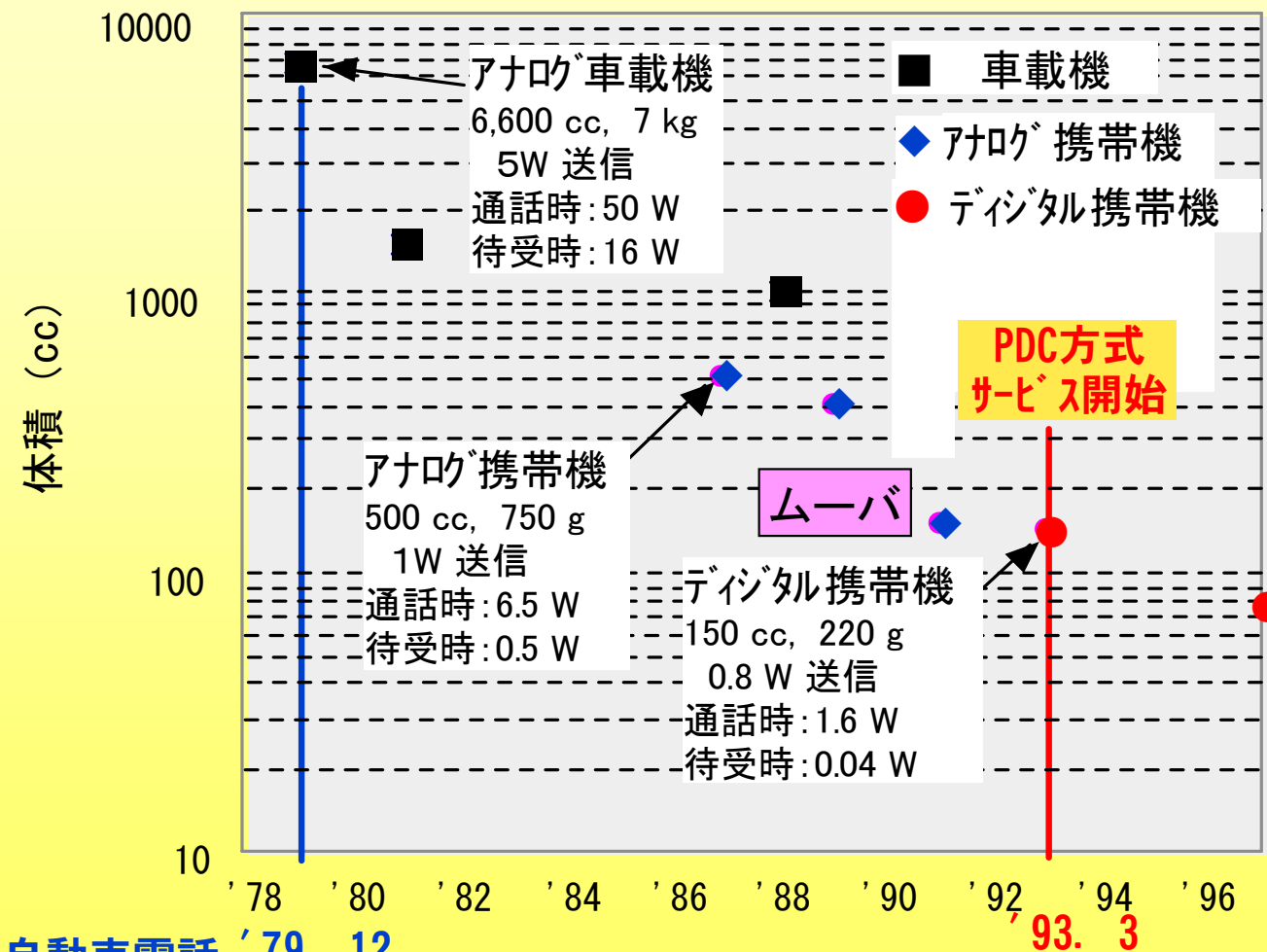


- 周波数利用率: 10bit/Hz
- 復号方法が鍵

携帯電話端末の小形軽量化

端末の小形化と低消費電力化

- この20年間のたゆまぬ努力で体積／重量は1/100に
- ヒューマンインターフェース部の割合が大きくなってきた



自動車電話
サービス開始

'79. 12

'93. 3

移動端末の体積の変遷

自動車電話サービス開始(1979)

12月3日、世界に先駆けて800MHz帯小ゾーン方式自動車電話サービスを開始。

TZ-801形車載移動機



1979年にサービスが開始された自動車電話。上に載っているのが受話器、下は無線機

<移動機諸元>

体積 6600 cc

重量 7 kg

送信出力 5 W

消費電力 送信時 50 W
待受時 16 W

車のトランクに穴を開けて10mmのボルトで固定。
加速度20Gの衝撃試験をクリア。

携帯電話サービス開始(1987)

1985年にショルダーホンが、その2年後に携帯電話サービスが開始される。



ショルダーホン(100型) 1985.9

1500 cc/3 kg、送信出力 5 W

TZ-803B (1989)
400 cc/640 g、
送信出力 2 W



マイクロタック(1989)
211 cc/303 g、
送信出力 1 W

上：携帯電話(TZ-803B) 下：マイクロタック(モトローラ社製)

→ 小形・軽量化競争始まる

デジタル携帯電話サービス開始(1993)

日本初のデジタル移動通信



デジタルのメリット×5

メリット①
ノイズのない
優れた通話品質

デジタル方式の最大のメリットは、通話品質が飛躍的に向上することです。エリア内なら、いつでも、どこでも、誰とでも、ノイズの少ないきれいな音声で、安心して通話できます。

メリット④
高品位の
データ通信を実現

最適なエラー訂正により、モデムを利用したデータ通信では2,400bpsの高速伝送をエラーフリーで実現。電波条件に左右されない安定した通信が可能です。もちろん、FAXやカラー静止画伝送の送受信においてもアナログ方式より格段に高品質な情報通信が出来ます。このNTTドコモの「デジタル移動通信システム」は、お客様の戦略的企業経営、情報システム化を実現するメディアとしてご利用いただけます。

メリット②
秘話性能を
格段に向上

通話のセキュリティの面においても、デジタル方式では暗号を使った複雑な信号処理を行いますのでより安心です。基本サービスとして提供する秘話機能が、すべての情報を守ります。

メリット⑤
新しい
サービス

デジタル方式では多彩なサービスを提供しています。

- 通話料金表示 (直前の通話の通話料金や累積料金を表示)
- 不在着信通知 (応答しなかった着信があったことを過去5件まで記憶)
- 転送てんわサービス (電源を切っている時や通話中にかかってきた電話を転送)
- 留守番電話サービス (電源を切っている時や通話中にかかってきた電話を留守番電話や不在案内に転送(オプション))

メリット③
電池の持ち時間を
大幅にアップ

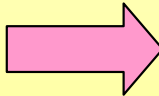
デジタル・ムーバやデジタル・ショルダーホンの電池の持ち時間が、デジタル技術と最新の低消費電力技術によって大幅に伸びました。

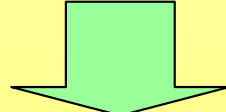
Q&A・料金体系
こんな方におすすめ
ひろがるアプリケーション
商標・ラインアップとエリア
デジタルって何?

端末を小形軽量化するには？

- 小さくするだけではダメ、消費電力の低減が必要
- システム、装置、回路、デバイス、全てのレイヤで電力消費を抑えることが必要。

$$\text{携帯電話の使用可能時間} = \frac{\text{電池の蓄積エネルギー}}{\text{平均消費電力}}$$

 ・電池のエネルギー密度の向上
・急速充電法による充電時間短縮



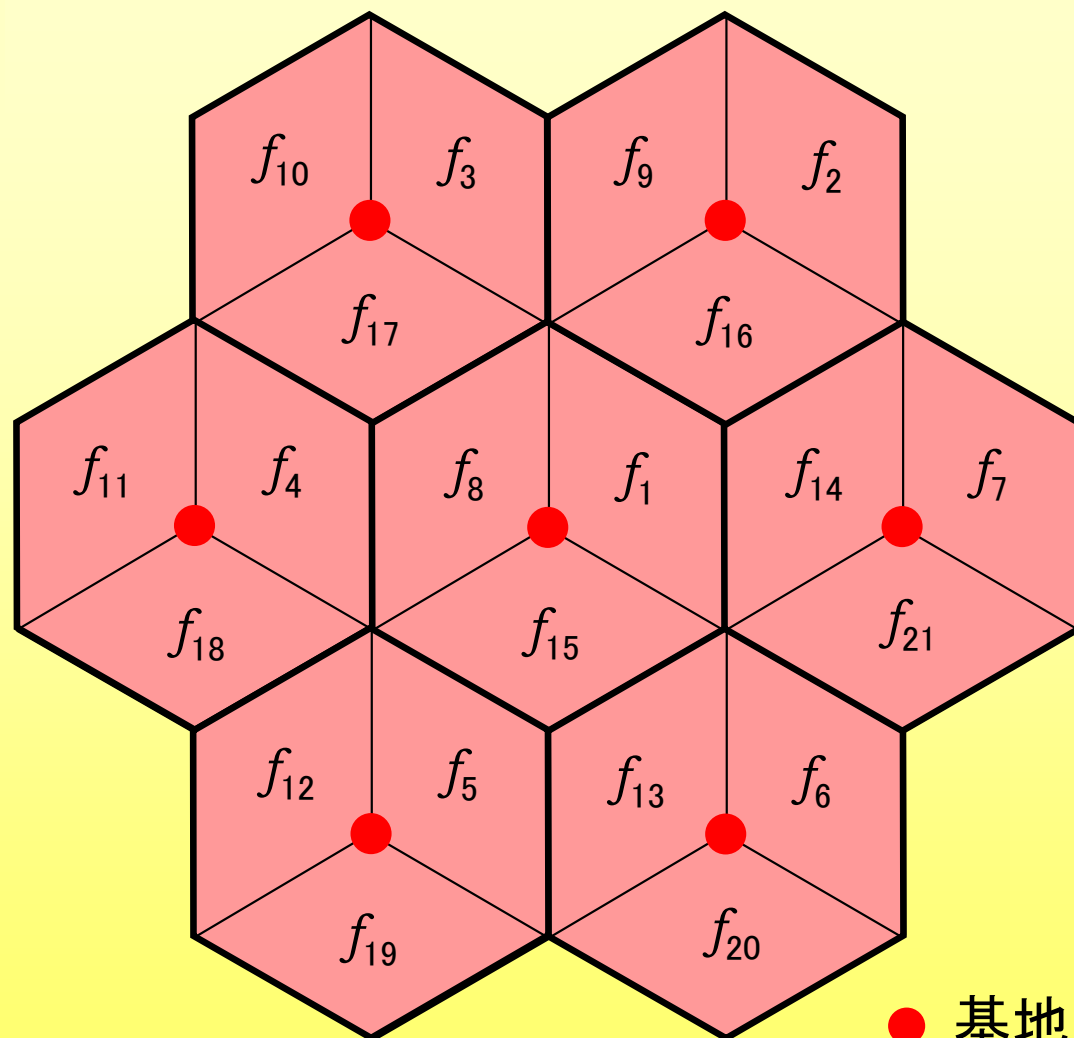
平均消費電力 \propto デバイス性能 × 回路構成 × 装置構成 × システム設計

例1) 送信部 GaAs、HEMT F級動作、歪補償法 TDD 送信出力、電力制御
 基地局配置密度

例2) 受信部 SiGe-HBT 直接変換受信 アンテナ選択 間欠受信比率
 ダイバーシチ

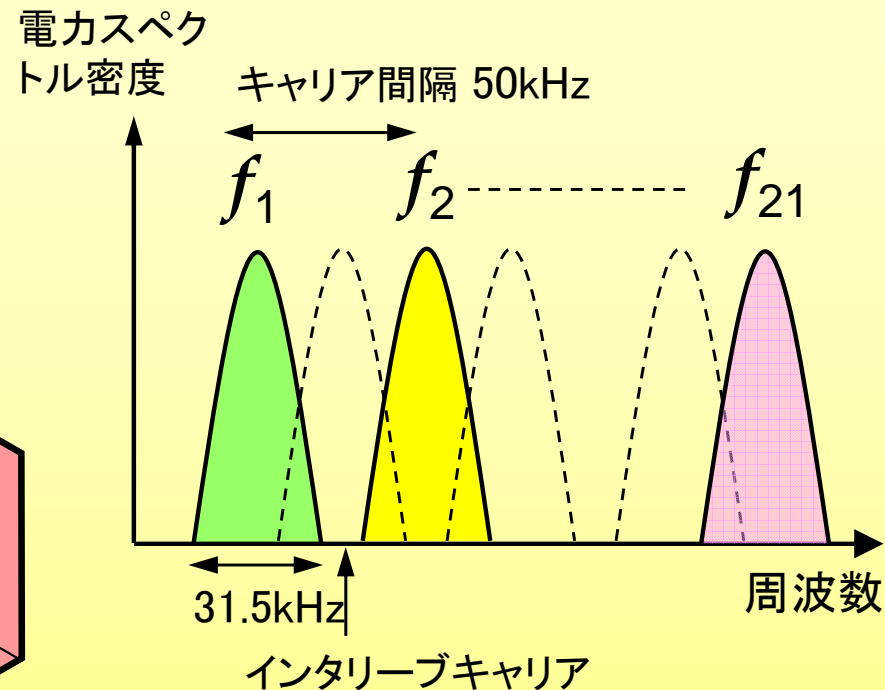
携帯電話の装置構成

第2世代システム (PDC) のセル構成



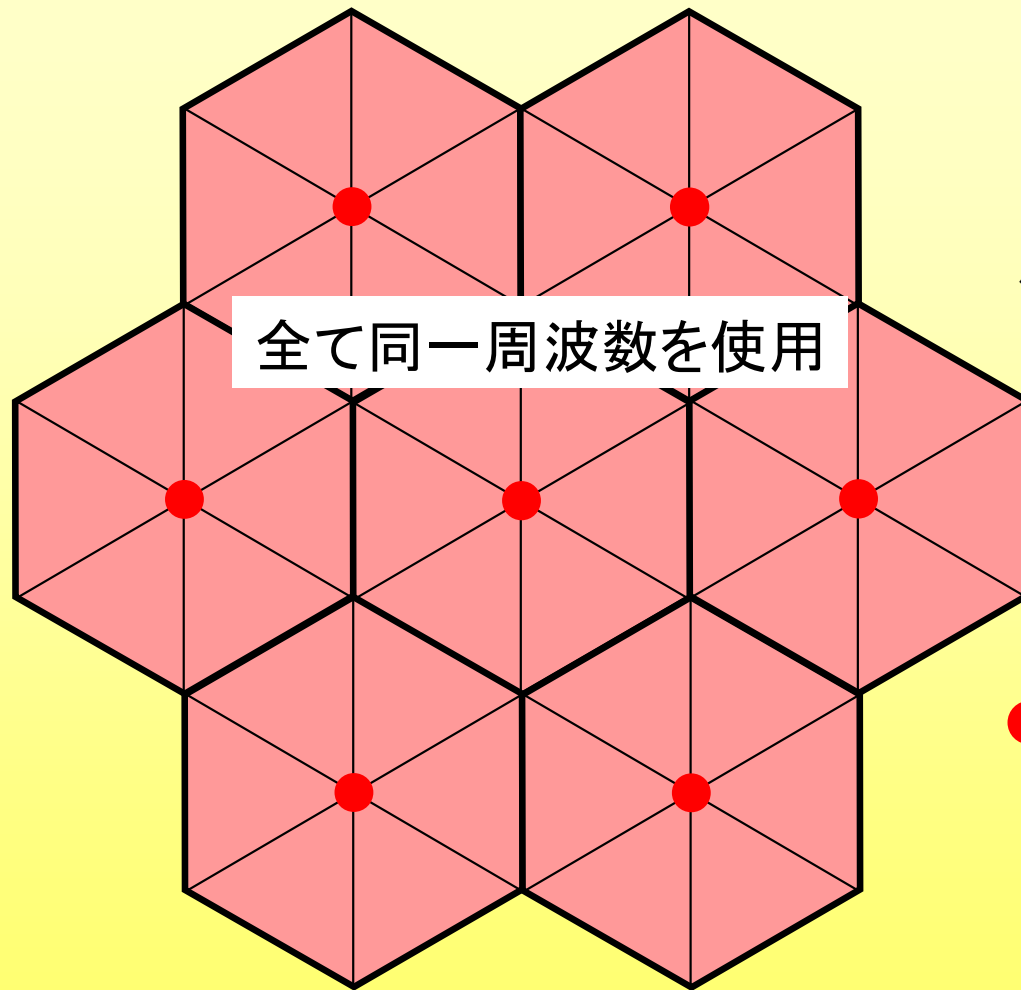
● 基地局

3セクタ×7セル キャリア配置



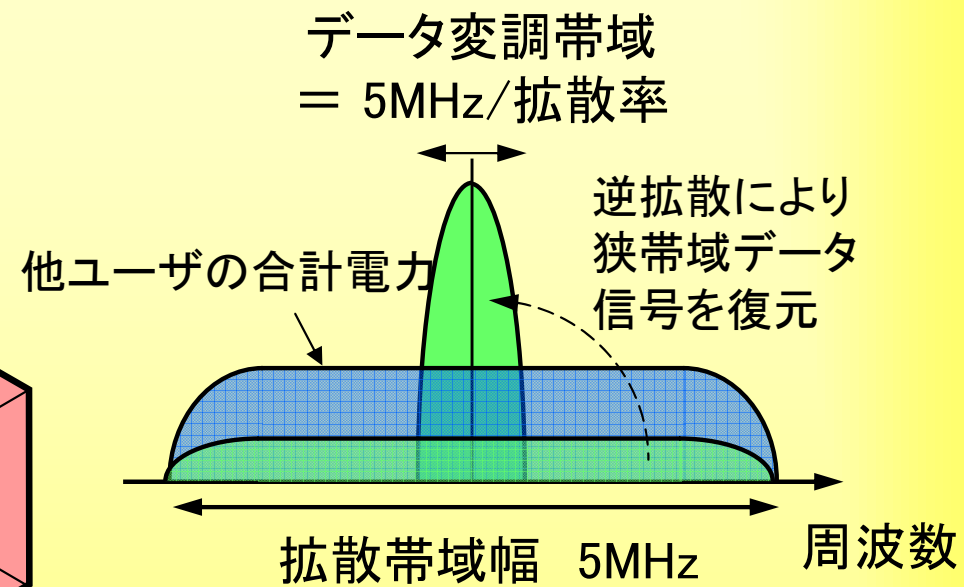
各キャリアはTDMA
 各セルにはトラヒックに応じて第2
 キャリア以降のキャリアを追加
 実際の置局状態により
 インターリーブキャリアを挿入

第3世代システム (W-CDMA) のセル構成



全て同一周波数を使用

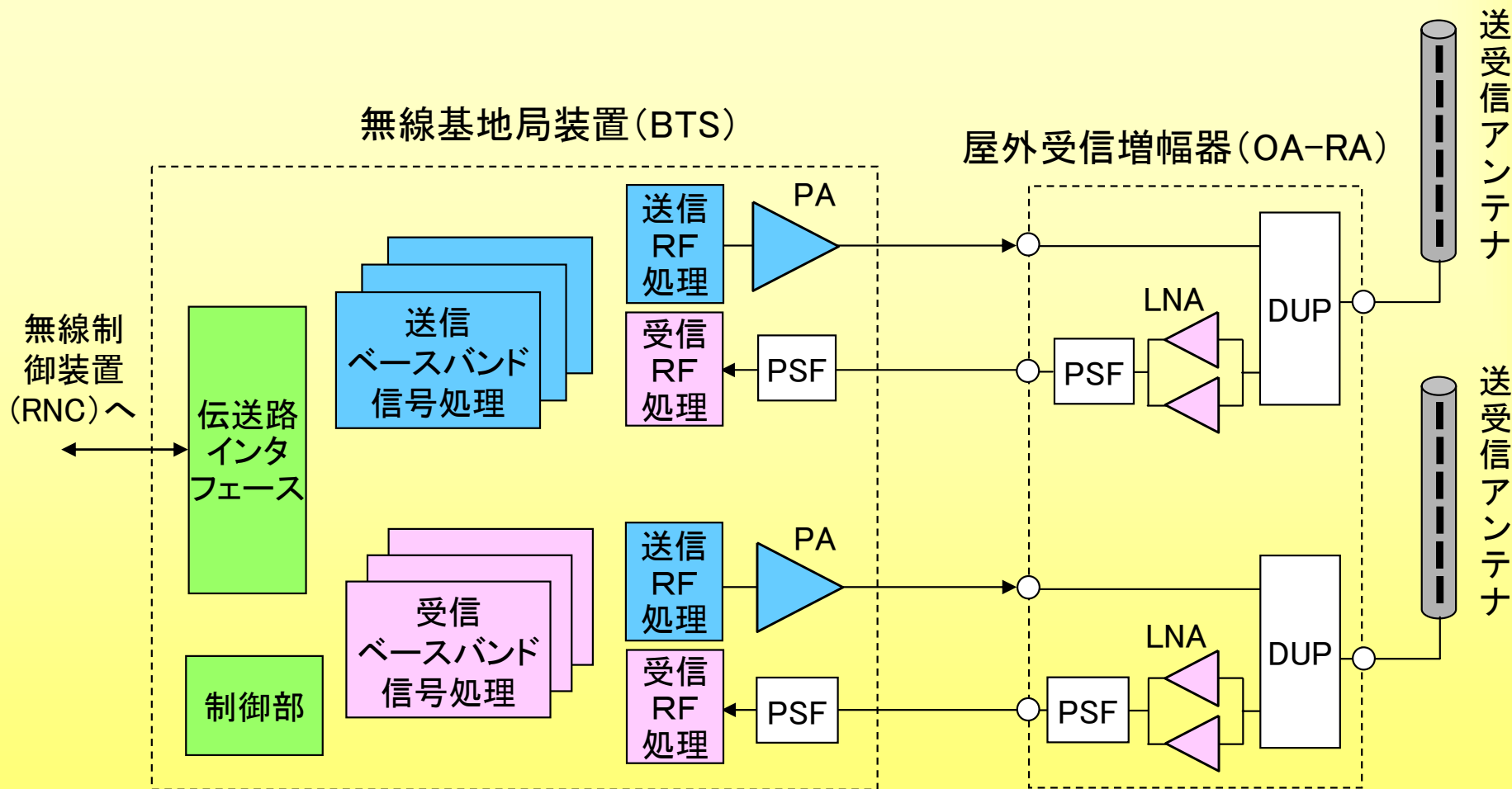
6セクタ セル配置



● 基地局

同一周波数繰り返し
各セルにはトラヒックに応じて第2
キャリア以降のキャリアを追加
セクタ数は都市内では6が標準

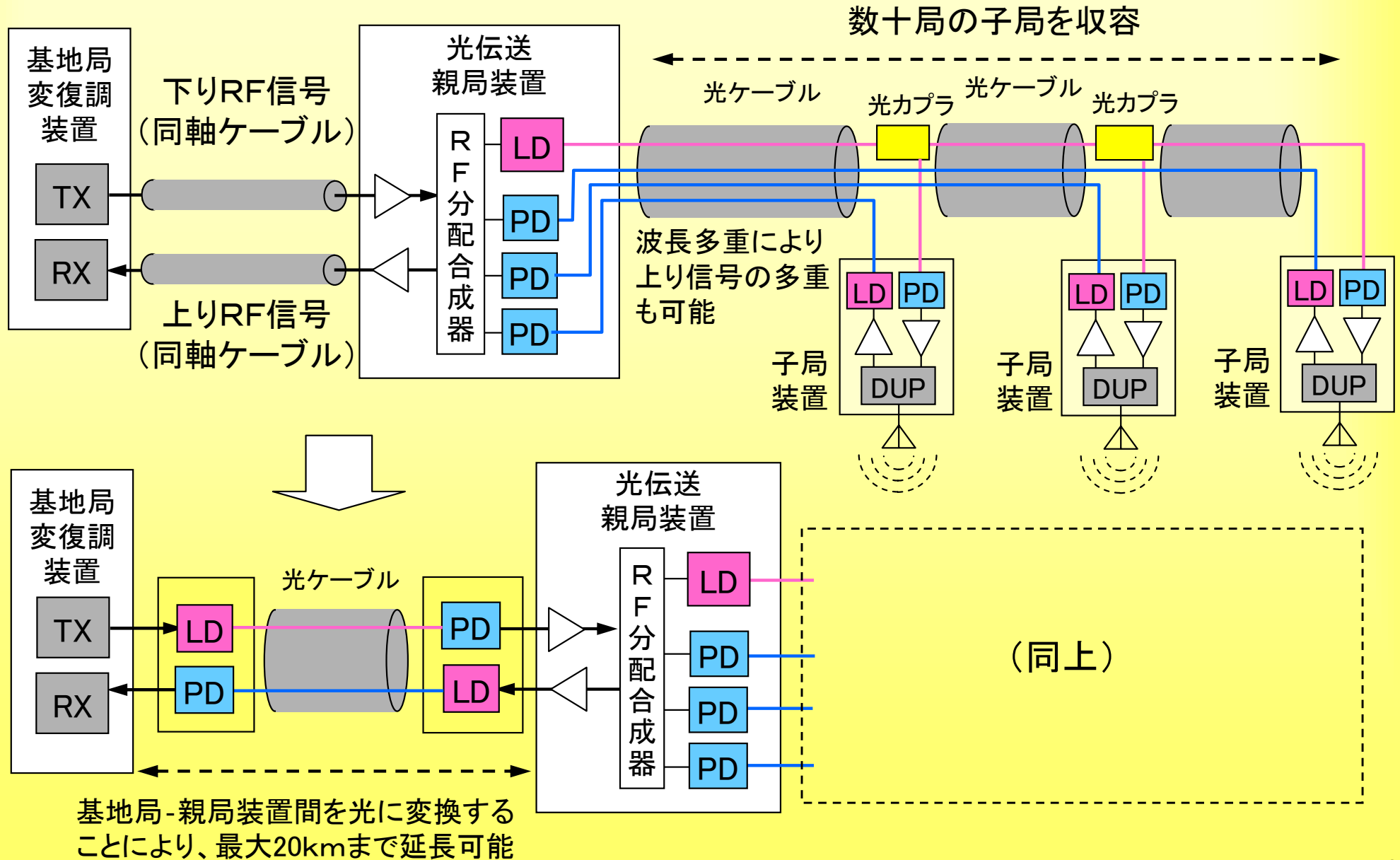
基地局装置の基本構成(1セクタ)



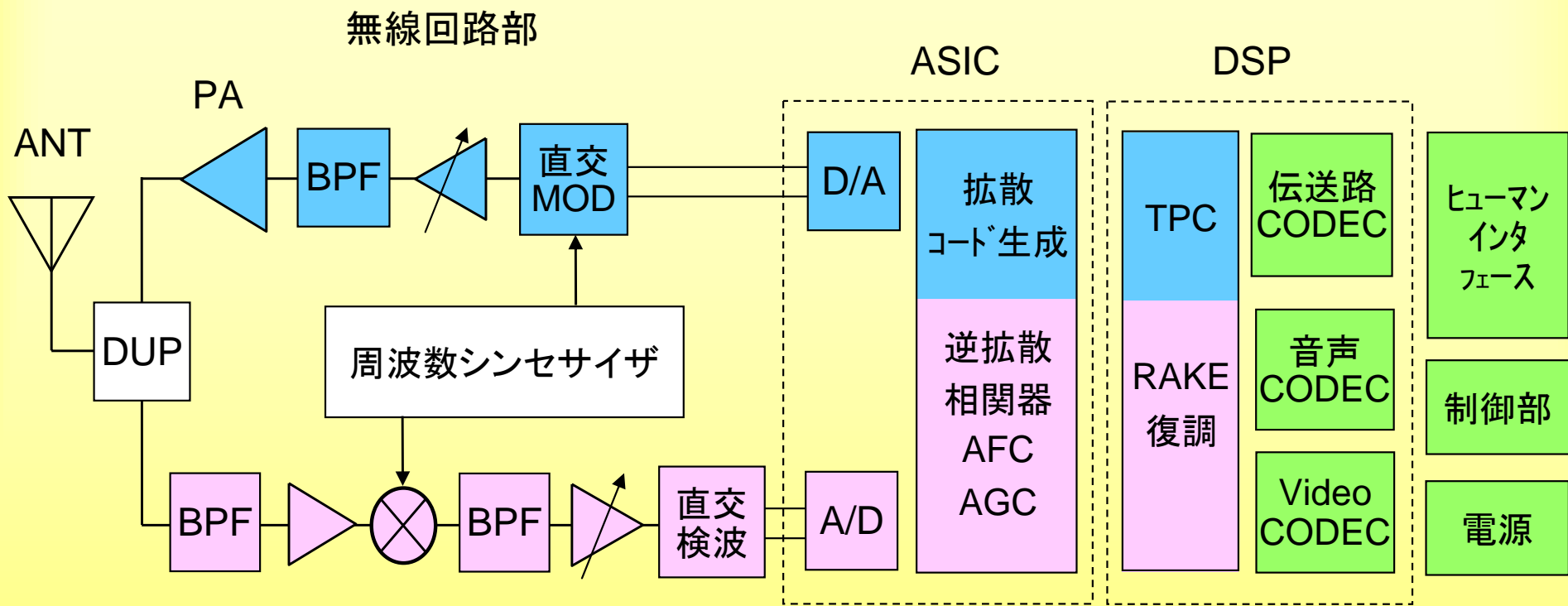
BTS; Base Transceiver Station
 PA; Power Amplifier
 RNC; Radio Network Controller

OA-RA; Open Air Receiver Amplifier
 DUP; Duplexer
 LNA; Low Noise Amplifier
 PSF; Power Split Filter

RF光伝送装置



CDMA端末の構成例



PA; power Amplifier
 DUP; Duplexer
 BPF; Band-Pass Filter
 LNA; Low Noise Amplifier

D/A; Digital to Analog Converter
 A/D; Analog to Digital Converter
 AFC; Automatic Frequency Control
 AGC; Automatic Gain Control
 TPC; Transmitter Power Control

回路・デバイス技術の課題

回路・デバイス技術の課題

課題

技術項目

送信部

線形性
高効率化
広帯域化

増幅デバイスの特性改善、ひずみ補償回路
バイアス回路、ひずみ補償回路

受信部

高度な受信信号処理(演算)能力
低消費電力化
線形性とダイナミックレンジへの要求
広帯域化

専用演算処理回路、
処理アルゴリズム
直接変換受信回路
RFフィルタ

ベースバンド 制御部

高度なマルチメディア信号処理能力
小形・低消費電力化
機種間で共通なプラットフォーム

DSP、アーキテクチャ、
処理アルゴリズム
OS、ミドルウェア

課題一送信部

課題

技術項目

送信部

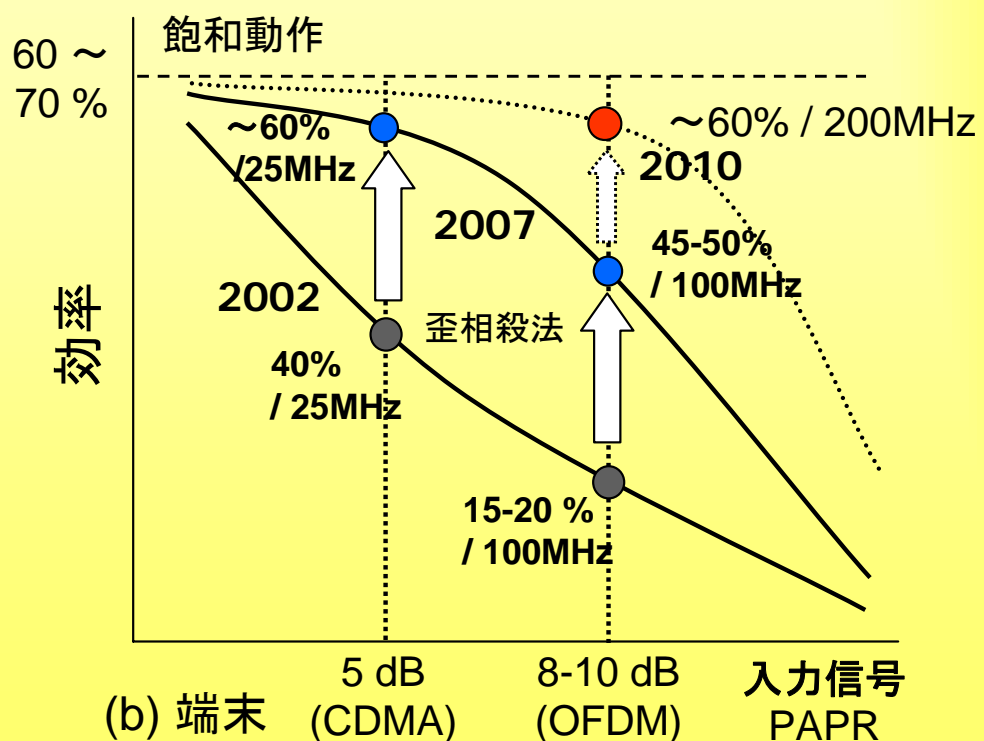
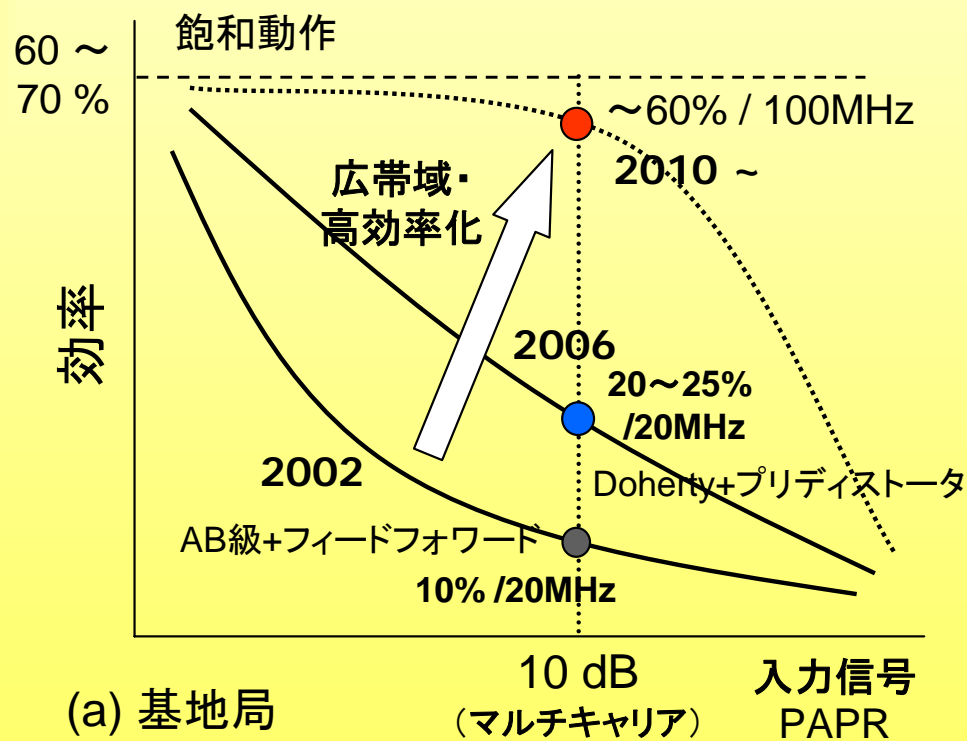
線形性

高効率化

広帯域化

増幅デバイスの特性改善、ひずみ補償回路

バイアス回路、ひずみ補償回路



目標：究極の効率(飽和動作~60%)かつ広帯域(>100MHz)線形動作を目指す

課題一受信部

課題

技術項目

受信部

高度な受信信号処理(演算)能力

低消費電力化

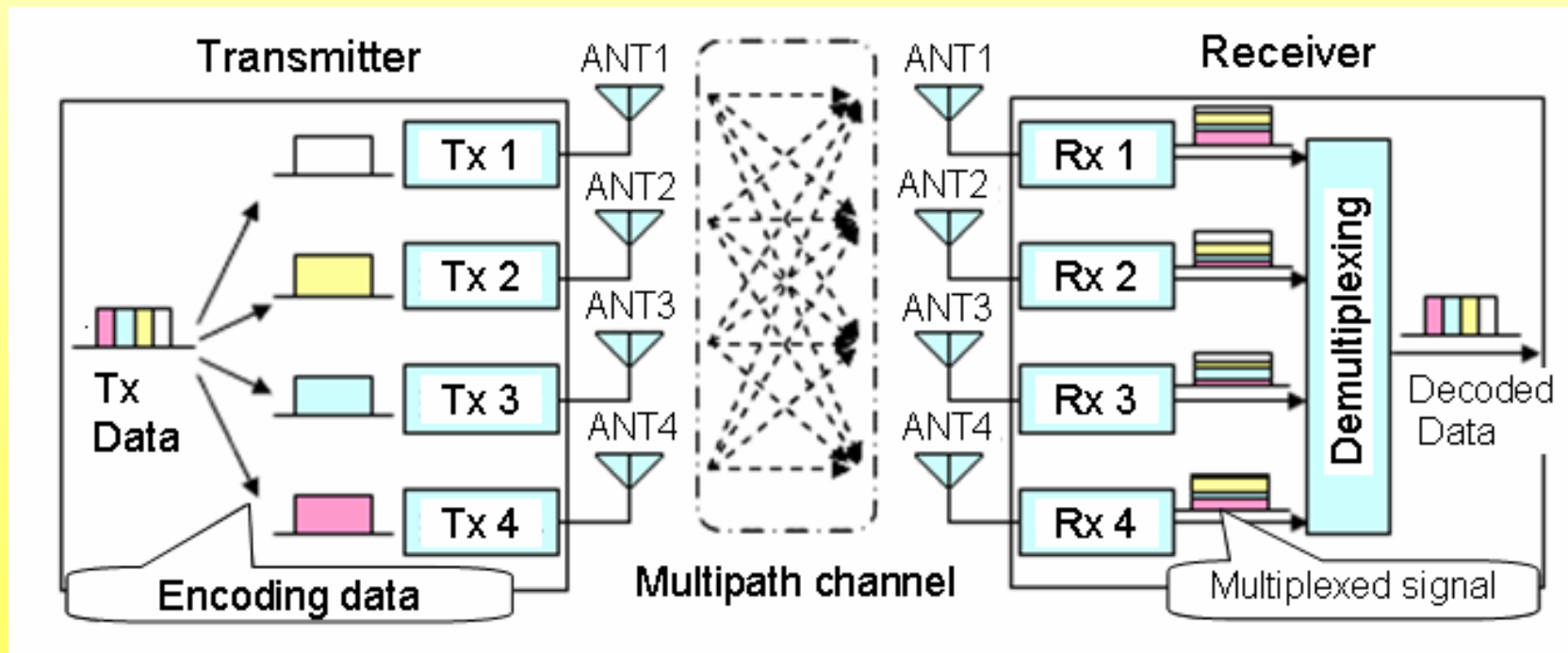
線形性とダイナミックレンジへの要求

広帯域化

専用演算処理回路、
処理アルゴリズム

直接変換受信回路

RFフィルタ



目標： 端末においてMIMOが現実的な消費電力で実現できること

課題－制御・ベースバンド部

課題

技術項目

ベースバンド
・制御部

高度なマルチメディア信号処理能力

小形・低消費電力化

機種間で共通なプラットフォーム

DSP、アーキテクチャ、
処理アルゴリズム

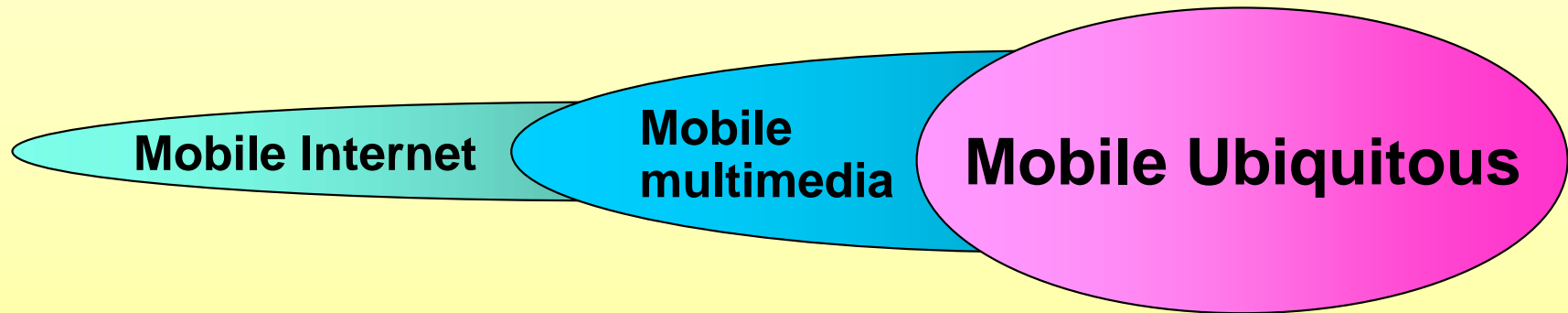
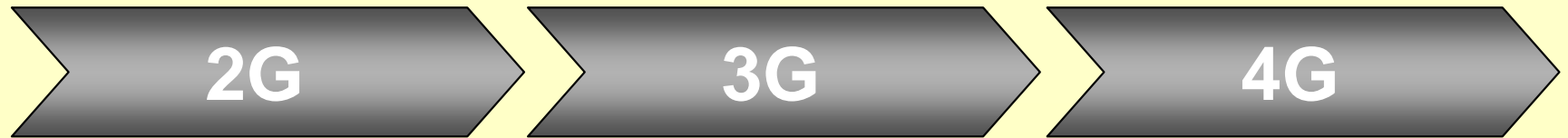
OS、ミドルウェア

- Javaアプリケーション
- 高度化したWebブラウジング(フルHTMLの縮小画面(QVGA)表示など)
- デジタルカメラ(手ぶれ防止など)
- TV電話、ビデオ撮影(MPEG4→H.264)
- 圧縮音楽フォーマット再生(MP3、AAC)
- 3Dゲーム(グラフィックアクセラレーター)

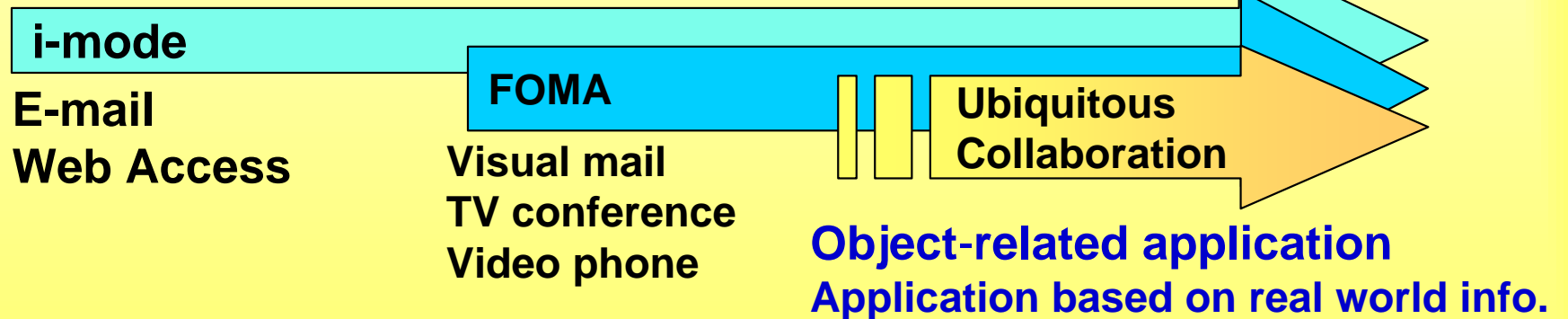
➡ 2、3年前のパソコンの能力を2桁低い消費電力で

今後の展望

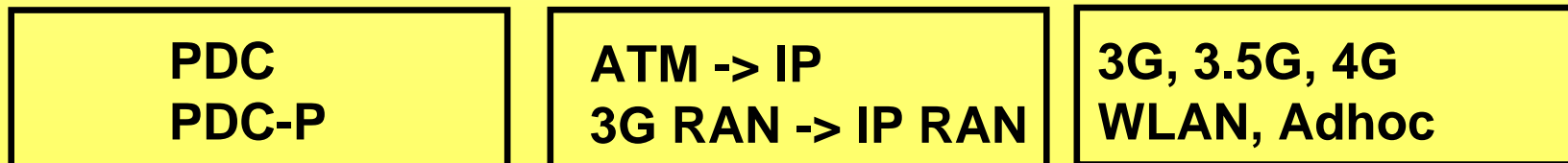
サービスの発展シナリオ



サービス



システム



これからのモバイル通信

● ワイヤレスコミュニケーションのビジョン (MultiSphere Model)

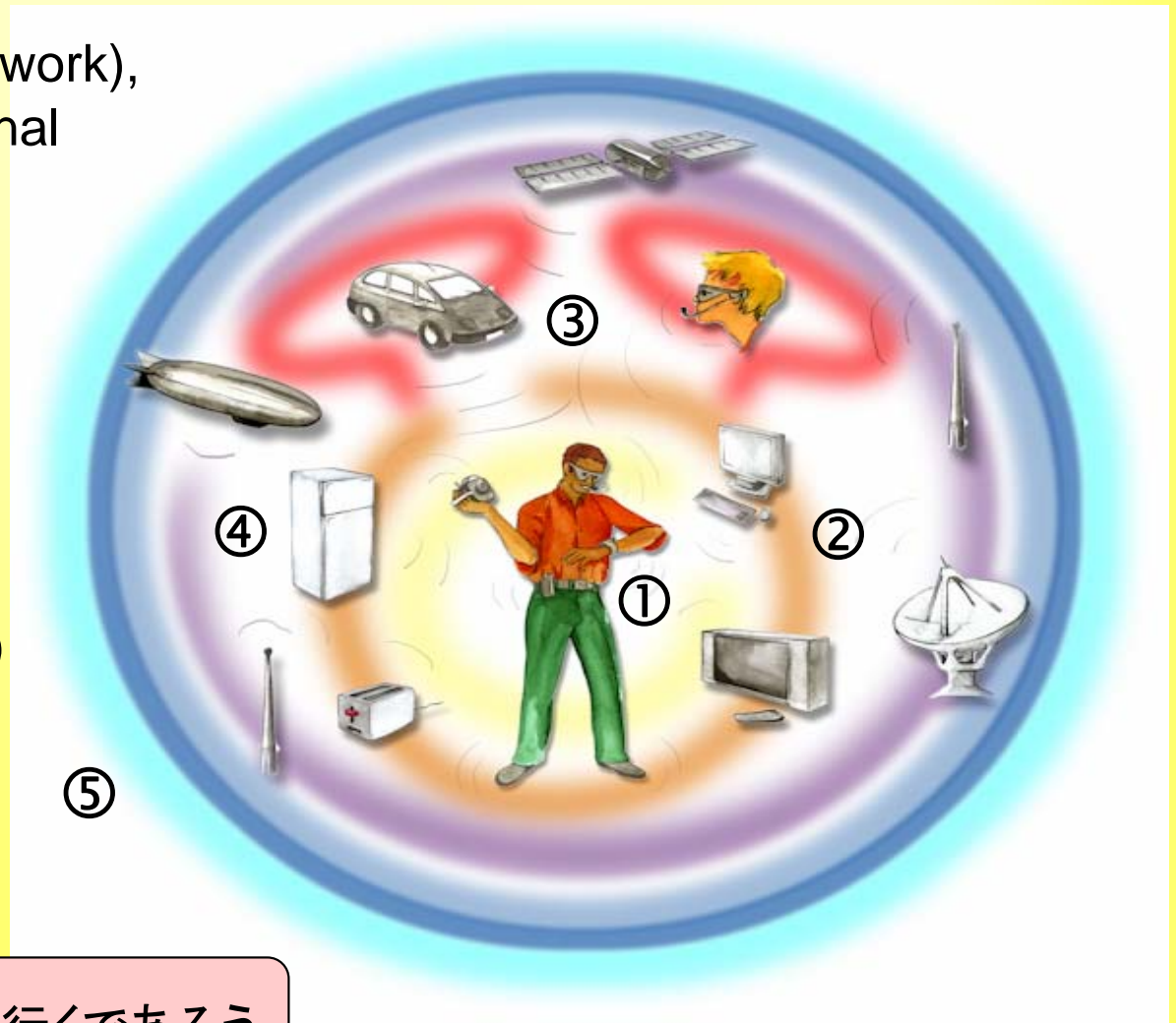
Level ①: **PAN** (Personal Area Network),
Wearable Devices Terminal

Level ②: Immediate Environment
(**Ubiquitous**)

Level ③: Instant Partners
(**Ad hoc** Networking)

Level ④: Radio Accesses (Global)
3G, 4G **Mobile Network**

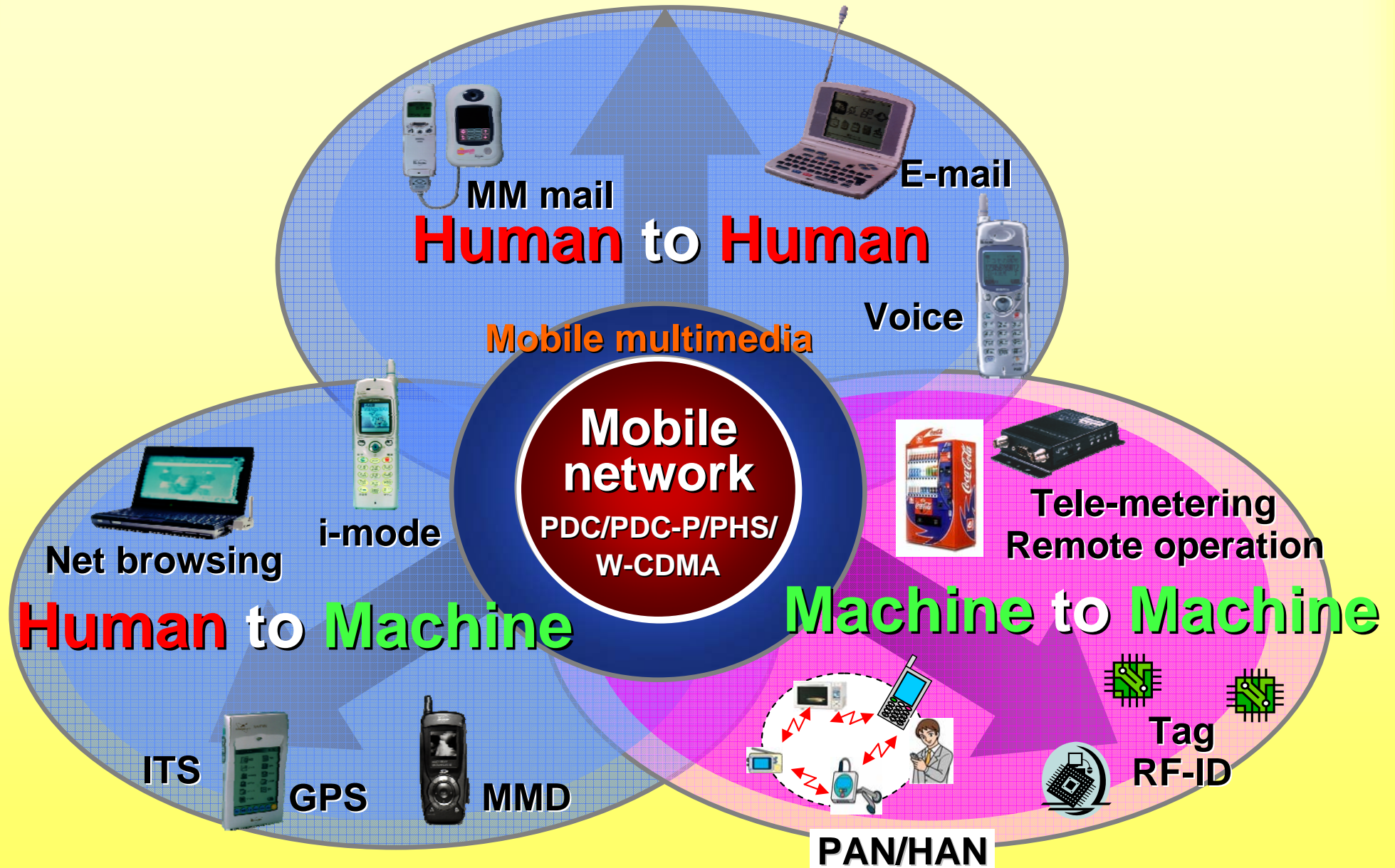
Level ⑤: CyberWorld (**Internet**)



ますます **多様な要素とコネク**して行くであろう

(出展: WWRF 2001)

ユビキタス通信: 機械と機械のコミュニケーション



Mobile Ubiquitous モデル

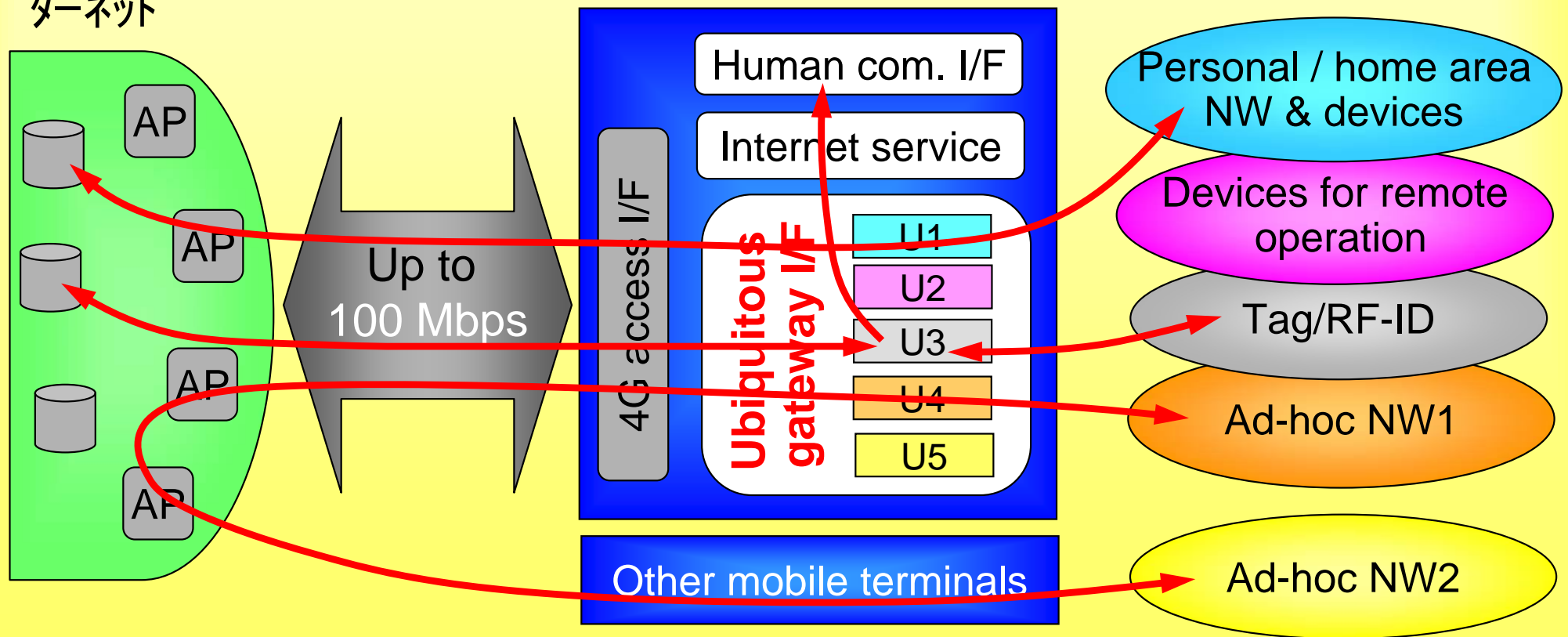
● 携帯端末がゲートウェイとしてユビキタス要素とネットワーク

グローバル
モバイルネッ
トワーク&イン
ターネット

4G ブロードバンド
無線アクセス
= **モバイルハイウェイ**

携帯端末
= **ユビキタスゲートウェイ**

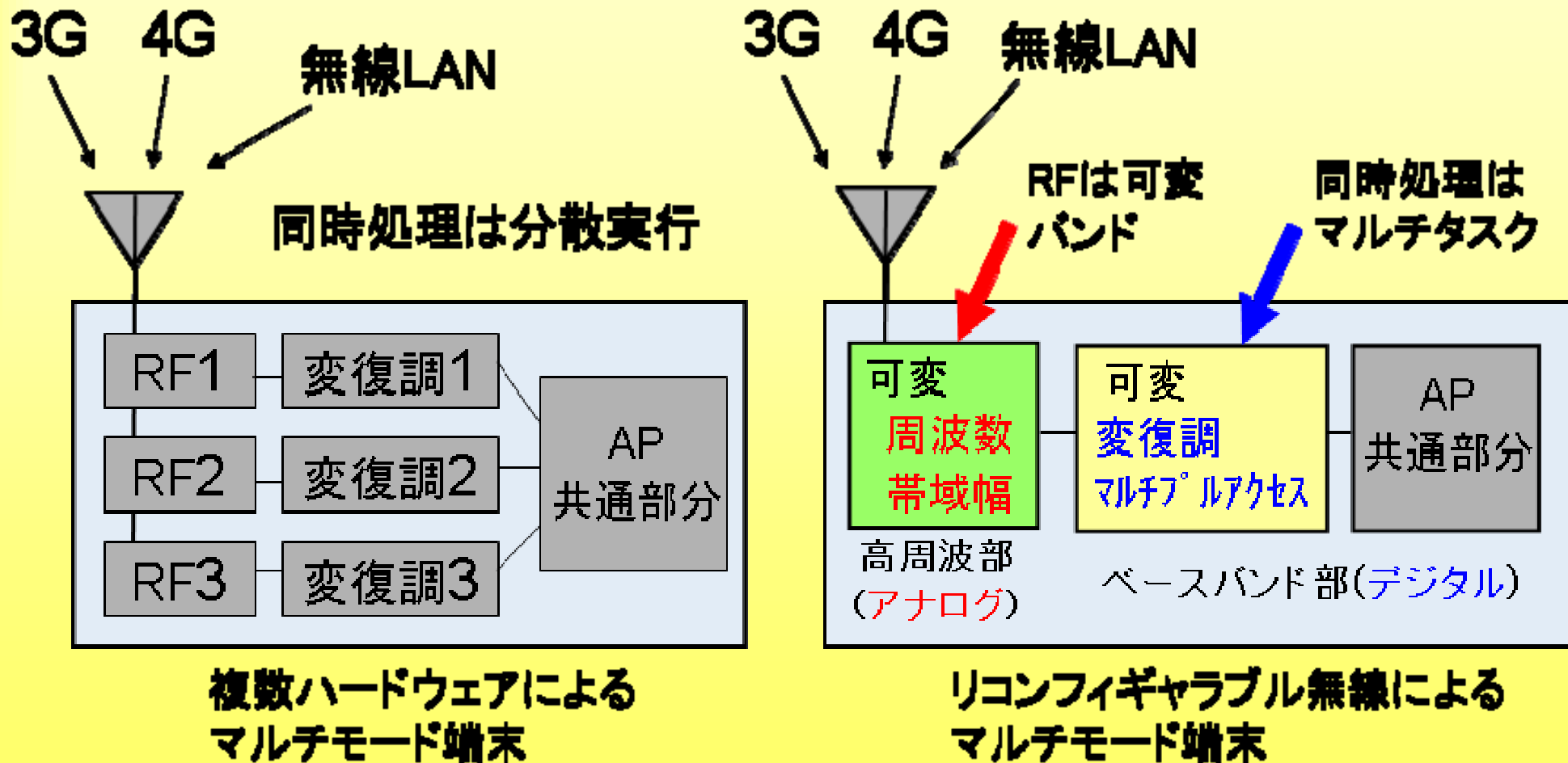
多様な **ユビキタス要素**
(デバイスまたはネットワーク)



U1-U5: ユビキタスワイヤレスインタフェース

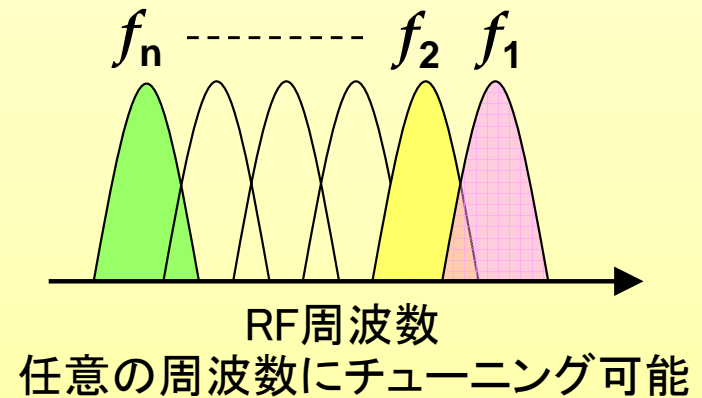
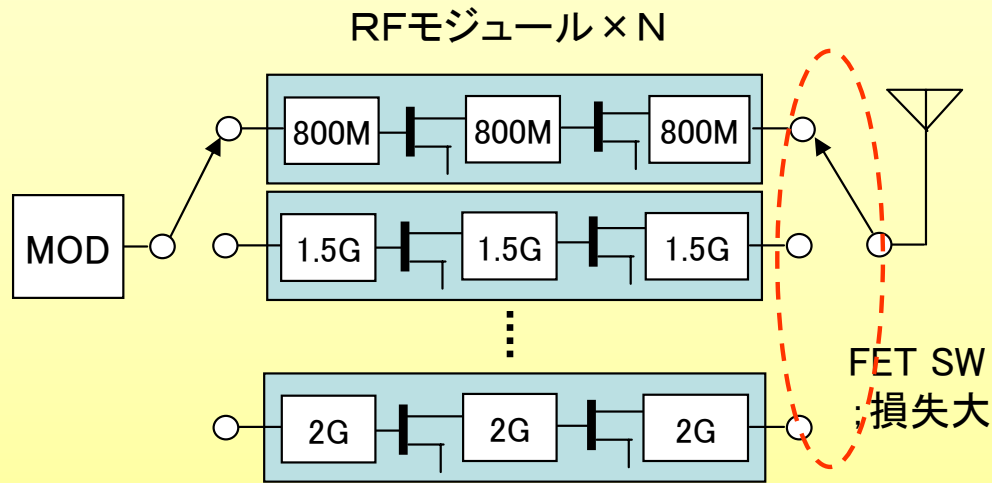
マルチモード・リコンフィギャラブル無線回路

- **ソフトウェア無線**は端末の小形化に有利だと思われるが、マルチタスク処理能力の向上と、消費電力低減が課題。

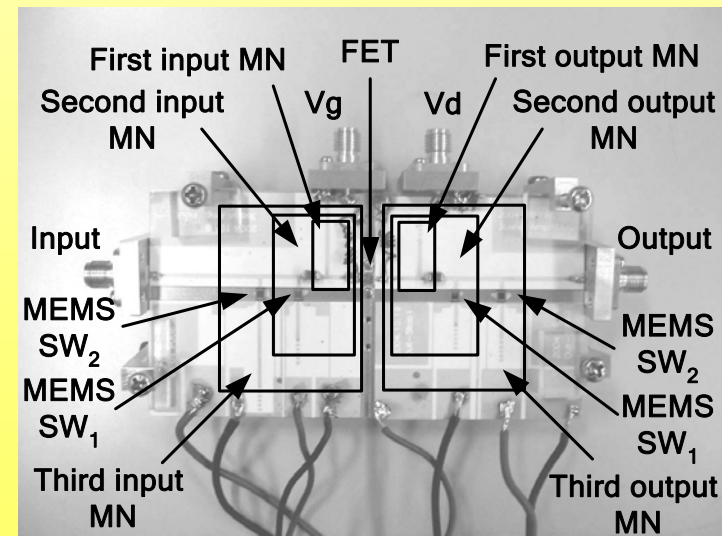
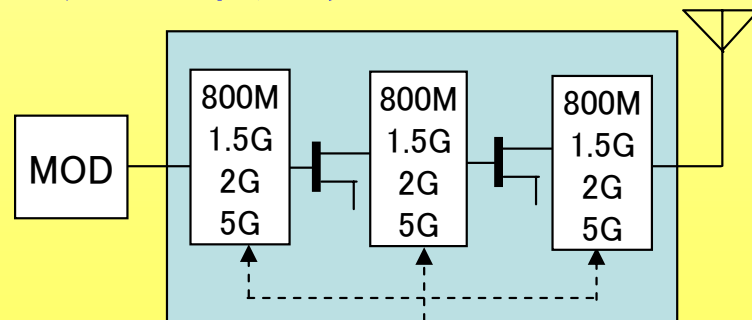


バンドフリー無線回路

● マルチバンドからリコンフィギャラブル、バンドフリーへ

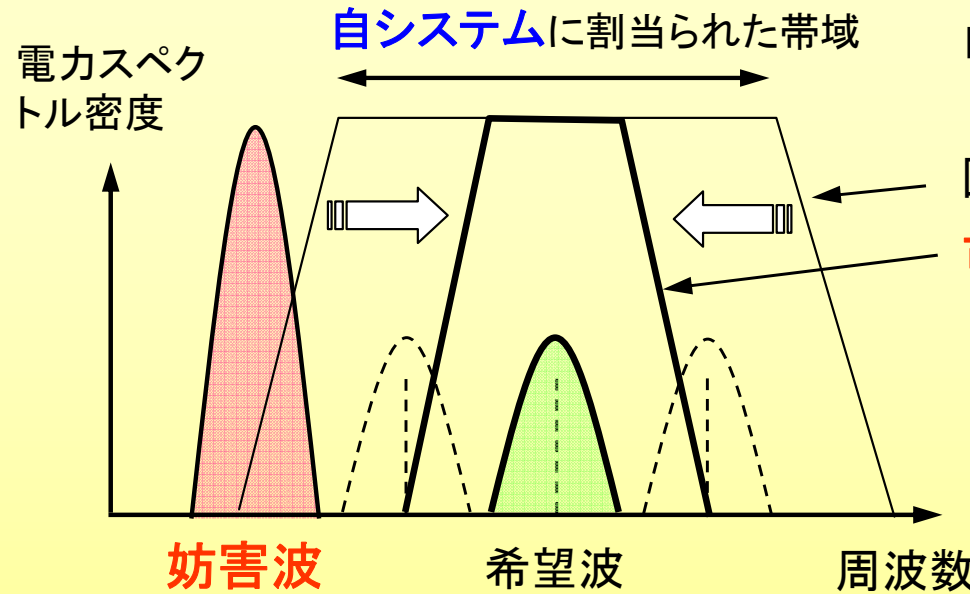


リコンフィギャラブルRFモジュール

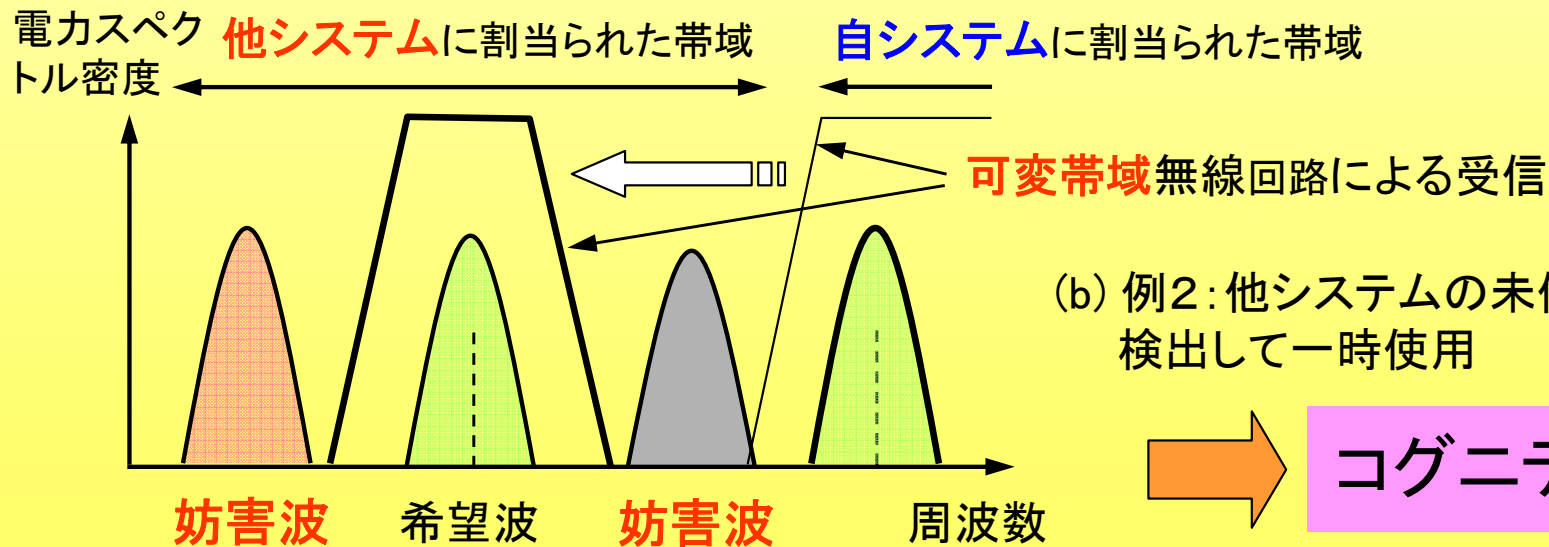


RF-MEMS SWを用いた900MHz/1.5GHz/1.9GHz帯
リコンフィギャラブル電力増幅器 (NTTドコモ)

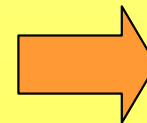
バンドフリー無線回路の利用概念



(a) 例1: 自システムに割り当てられた帯域が3キャリア分で第2キャリア使用の場合



(b) 例2: 他システムの未使用帯域を検出して一時使用



コグニティブ無線

ご清聴ありがとうございました。

移動通信のめざした方向

時間・空間の制約からの解放

- 「いつでも」 (発信/着信)
- 「どこでも」 - 「どこでも」

携帯性(ウェアラブル)の追求

- 「小形・軽量・低消費電力化」
- 「ヒューマンインタフェース」

パーソナル化(カスタマイズ)

- 「私の端末機」「TPOに応じて使い分け」
- 「生活携帯/おさいふ携帯」

インフラ構築技術

端末製造技術

AP、NWサービス
技術