

デジタル移動通信技術の 研究開発と国際標準化

2013年6月7日

富士通研究所 IPR戦略室
福田 英輔

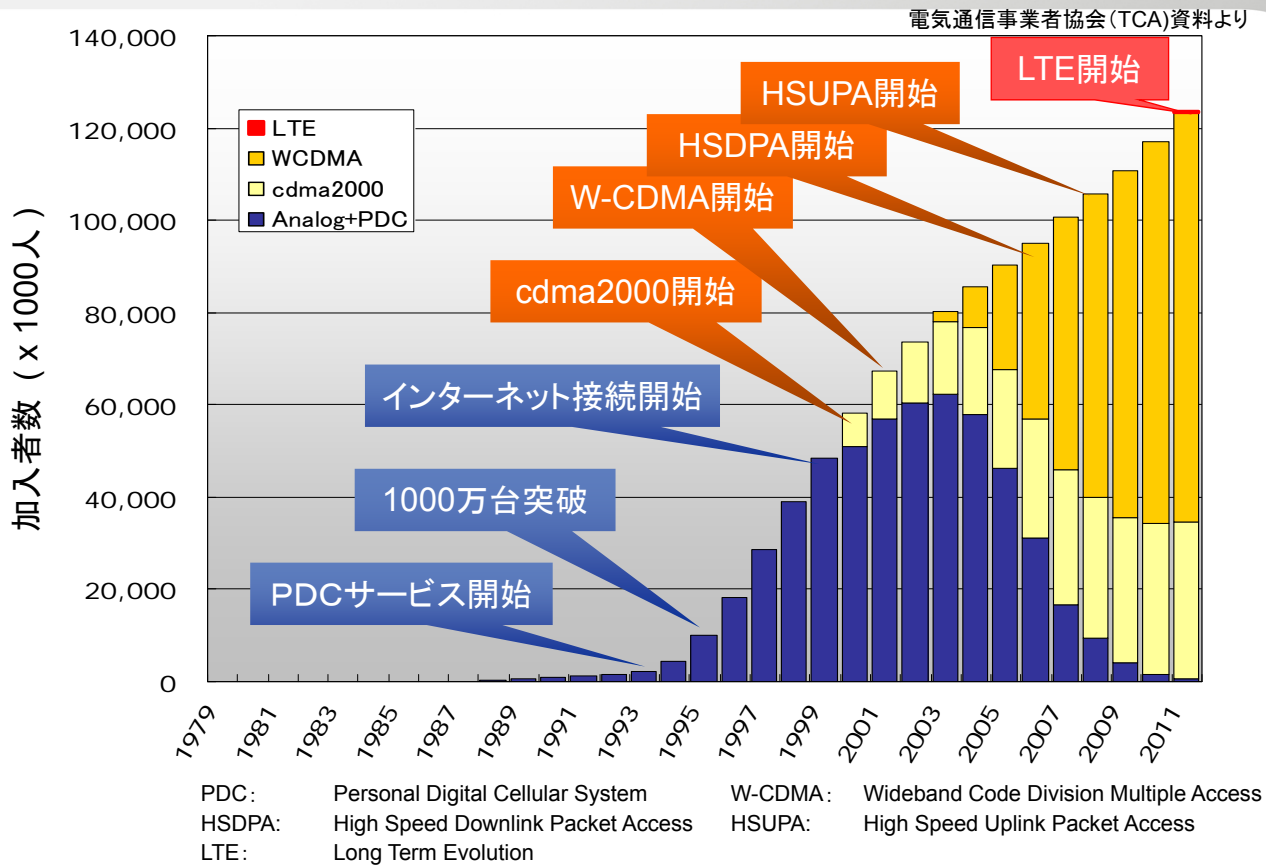
Copyright FUJITSU LABORATORIES LTD. 2013

FUJITSU

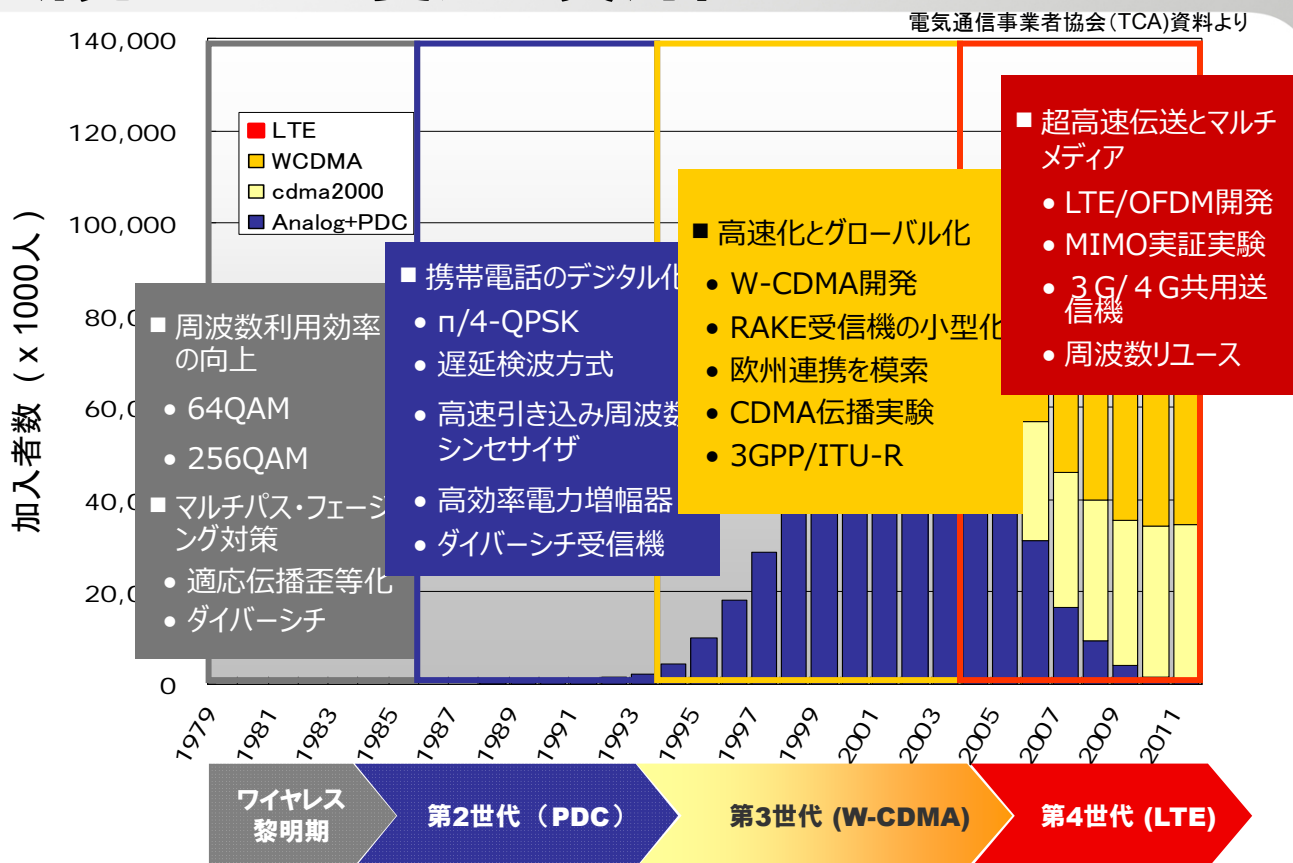
目次

1. 研究開発を振り返る
2. ワイヤレス通信の基本構成
3. 高能率化に向けたチャレンジ
 - 有限な周波数 (周波数利用効率の向上)
 - 有限な電力 (システムゲインの向上)
4. 携帯電話の国際標準化と特許戦略
5. ワイヤレスの未来

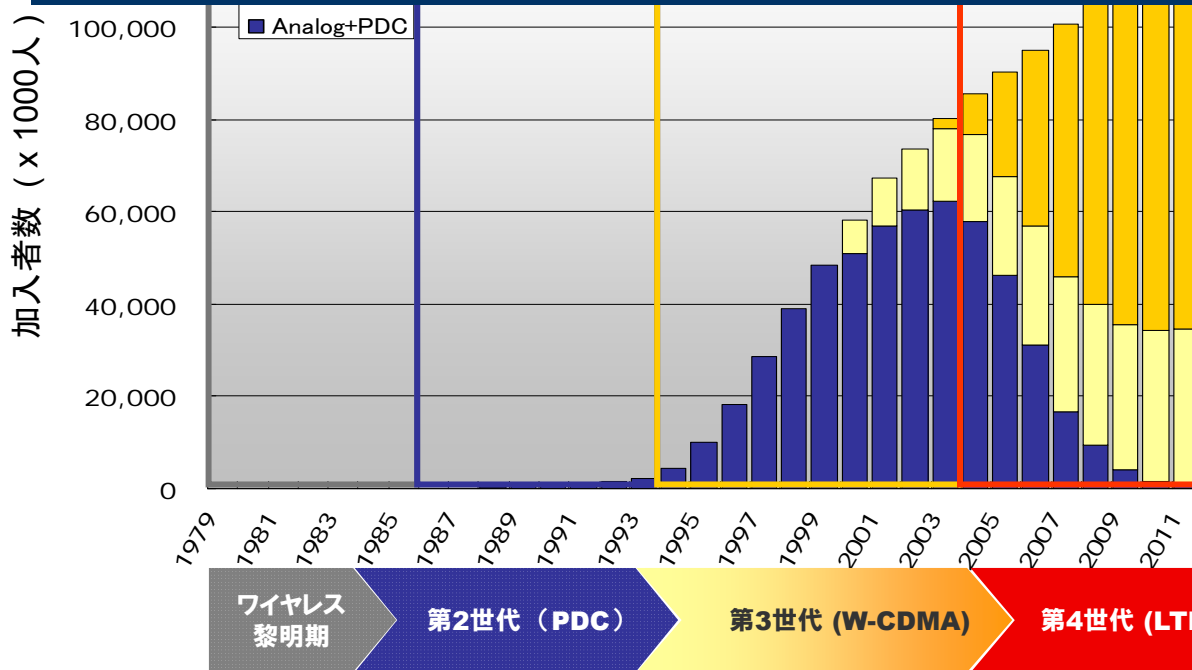
携帯電話加入者数の推移



研究テーマの変遷と実用化



- 研究開発は0からスタートして商用化まで6~7年かかる。
- 30年間で4ないし5のテーマ



30年間の足跡

- Eisuke Fukuda, "Review of Evolution of Wireless Transmission Technologies," IEICE Communications Society GLOBAL NEWSLETTER Vol. 36, No.2, May 2012 http://www.ieice.org/cs/gnl/gnl_vol36-2.pdf

[From IEICE-CS Fellows]

IEICE Communications Society - GLOBAL NEWSLETTER Vol. 36, No. 2

Review of Evolution of Wireless Transmission Technologies

Eisuke Fukuda
FUJITSU LABORATORIES LTD.



1. Introduction

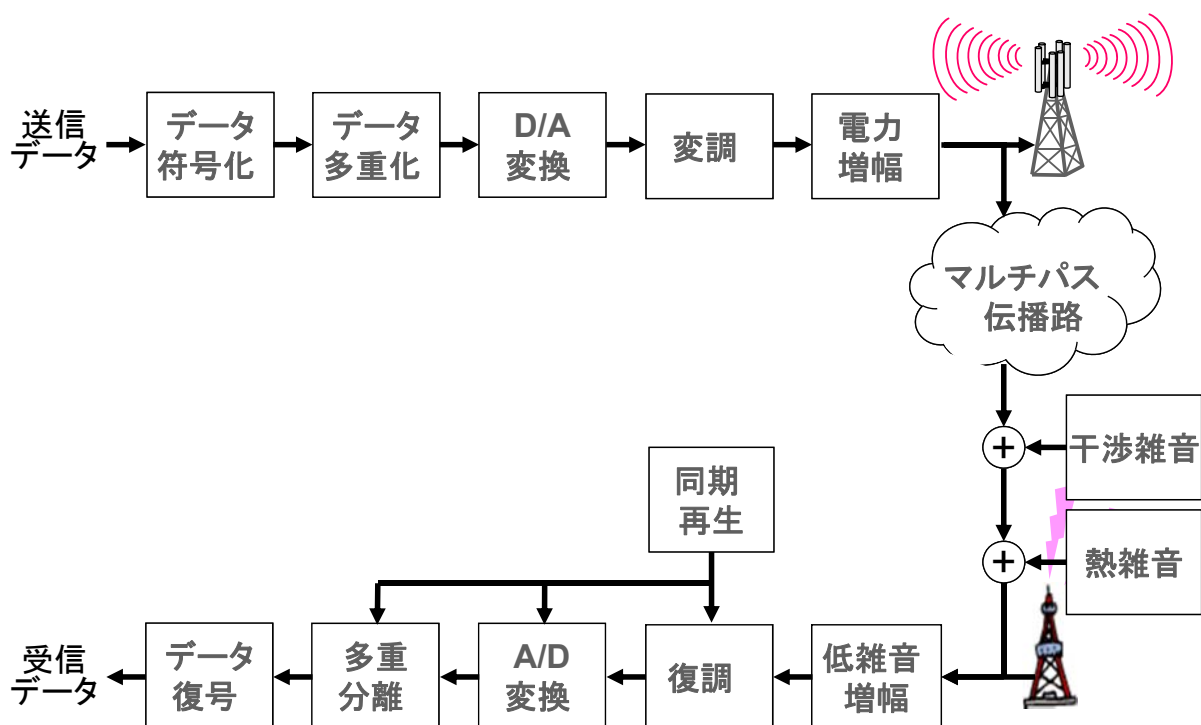
More than 30 years have passed since cellular telephone systems were first developed, and we are now in an era where many persons own one or more cellular phones, and are able to remain connected wherever they are. Fig. 1 illustrates the changes in the statistical number of cellular phone subscribers for the past 25 years [1], highlighting some landmark events. In the mid-90s, the 1st generation mobile network based on analog technology was replaced by the 2nd generation digital mobile network, or PDC (Personal Digital Cellular) system, which led to accelerated growth in the number of subscribers. Furthermore, at the beginning of this century, the 3rd generation mobile telecommunication systems (IMT-2000) based on CDMA (Code Division Multiple Access) technology were introduced, and largely enhanced features such as the maximum user throughput, mobile multimedia

multiple directions. Therefore, a separate frequency needs to be allocated for each wireless communication system in order to avoid mutual interference. On the other hand, since the upper frequency limit suitable for wireless communication is about 10 GHz due to increasing path loss, it has been an ongoing challenge to provide solutions for the efficient usage of such a finite resource.

A scale that is used to measure the efficiency of frequency utilization, sometimes referred as "spectrum efficiency," is defined as the channel capacity per unit frequency bandwidth of 1 [Hz], C/B [bit/s/Hz], where B [Hz] is the frequency bandwidth of a wireless transmission channel and C [bit/s] is the channel capacity provided by the wireless system. From Shannon's theorem, the relationship between the spectrum efficiency C/B and E_b/N_0 can be easily derived as in Eq. 1, where E_b [J/bit] is the signal energy required to convey information of 1 bit through

ワイヤレス通信の基本構成

ワイヤレス通信の基本構成



ワイヤレス通信におけるShannon限界

伝送路の通信容量Cは次式で与えられる。

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

C : 通信路容量 [bit/s]
B : 通信路の帯域幅 [Hz]
S : 信号電力 [W]
N : 雑音電力 [W]
S/N : 信号のS/N比

- 送信電力の制限
 - ・ 基地局は数10 W程度
 - ・ 端末は1 W以下(安全防護の観点から)
 - ・ 上り/下りの利得バランス
- 電波伝播でエネルギーの殆どが消失

- 周波数は有限
 - ・ 高々、数10 MHz程度
- 無線は共用チャンネル

- 雑音電力 = $kTBF$
 - ・ 雑音温度は300 K程度
 - ・ ほぼ帯域幅で決まる

k : Boltzmann定数 [J/K]
 T : 温度 [K]
 B : 通信路の帯域幅 [Hz]
 F : 受信機の雑音指数 [dB]
- 干渉雑音

ワイヤレス通信における基本課題

■ 有限な周波数



- 周波数利用効率の向上

■ 有限な電力

- 送信電力
- 消費電力



- システムゲイン*の向上(受信感度)
- 電力効率の改善

■ 電波伝搬

- マルチパス・フェージング
- 雑音・干渉



- フェージング対策
- 受信品質改善

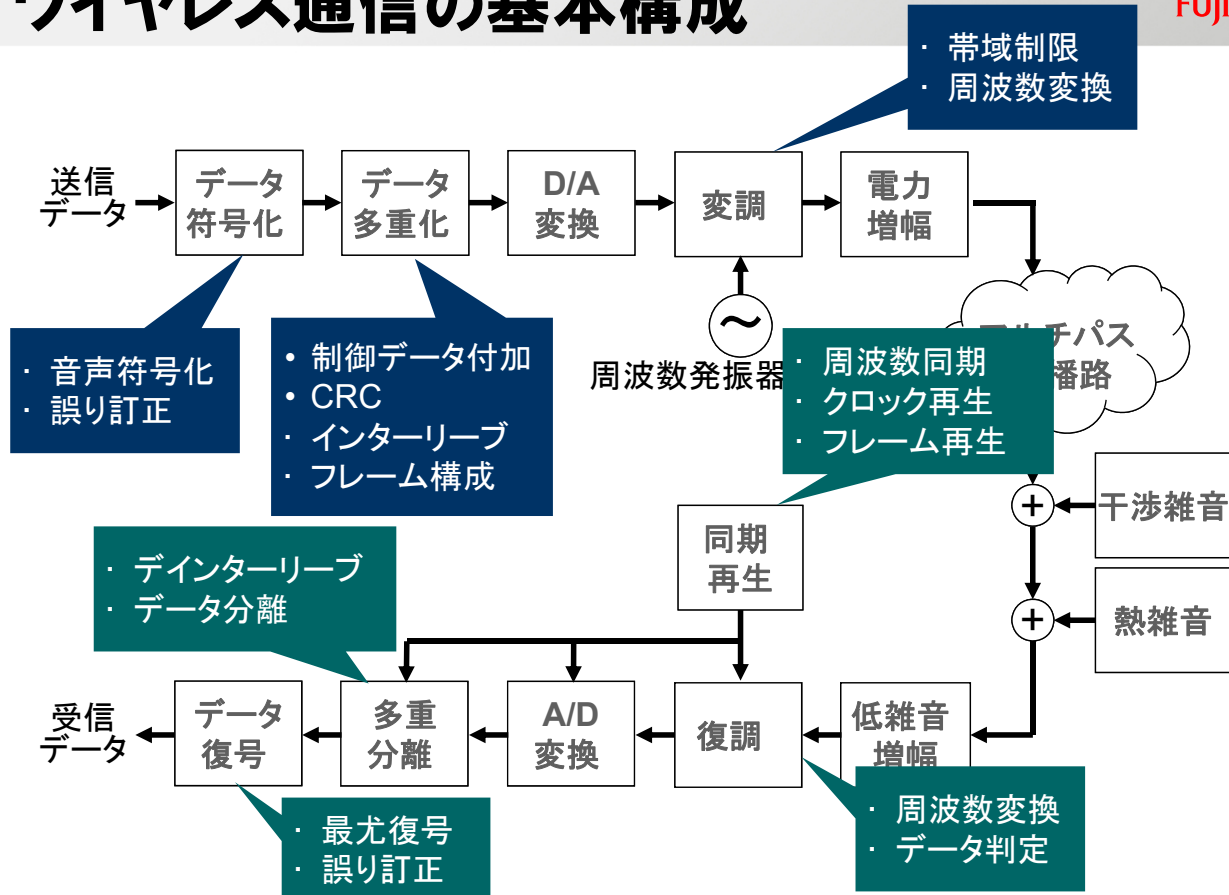
* : システムゲイン=送信電力 - 受信感度

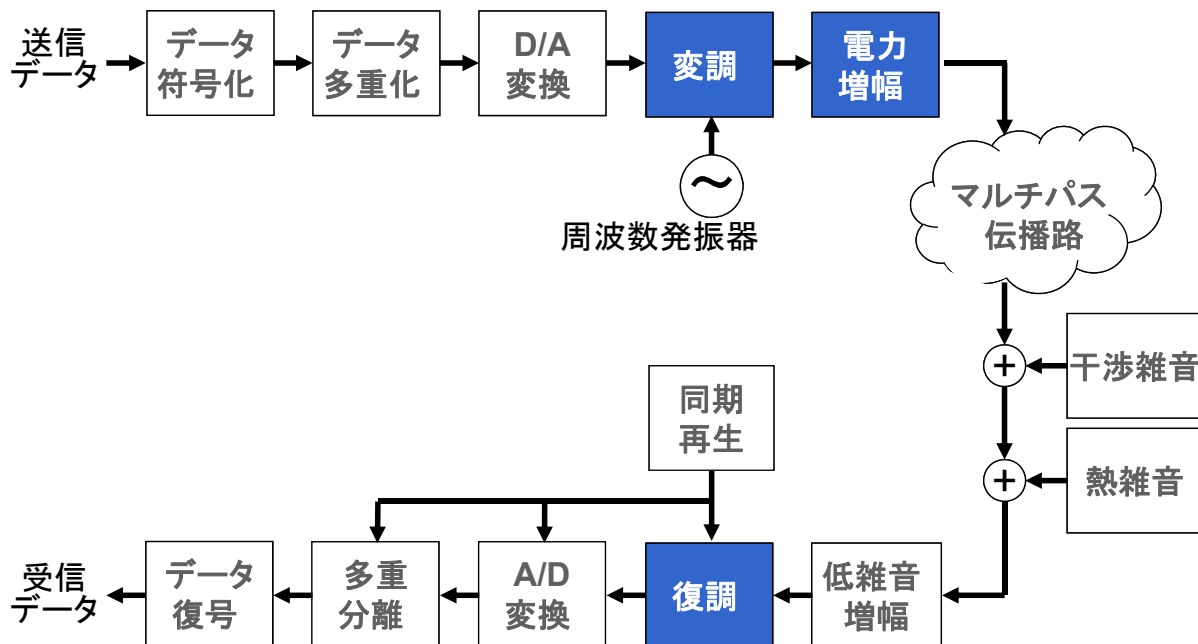
基本課題の解決策の一例



| | | | | |
|----------------|---|---|--|--|
| 周波数利用効率の向上 | <ul style="list-style-type: none"> •16QAM •64QAM •256QAM | <ul style="list-style-type: none"> •$\pi/4$-QPSK | <ul style="list-style-type: none"> •W-CDMA | <ul style="list-style-type: none"> •OFDM •16QAM/64QAM •MIMO |
| システムゲイン電力効率改善 | <ul style="list-style-type: none"> •誤り訂正符号化 | <ul style="list-style-type: none"> •アンテナ切替えダイバーシチ •最大比合成ダイバーシチ •高効率電力増幅器 | <ul style="list-style-type: none"> •スペクトル拡散 (CDMA) •高効率電力増幅器 | <ul style="list-style-type: none"> •マルチバンドアンテナ •3G/LTE共用増幅器 |
| フェージング対策受信品質改善 | <ul style="list-style-type: none"> •適応等化 •ダイバーシチ | <ul style="list-style-type: none"> •ダイバーシチ | <ul style="list-style-type: none"> •RAKE受信 | <ul style="list-style-type: none"> •OFDM •適応変調 (QPSK/16/64QAM) |

ワイヤレス通信の基本構成





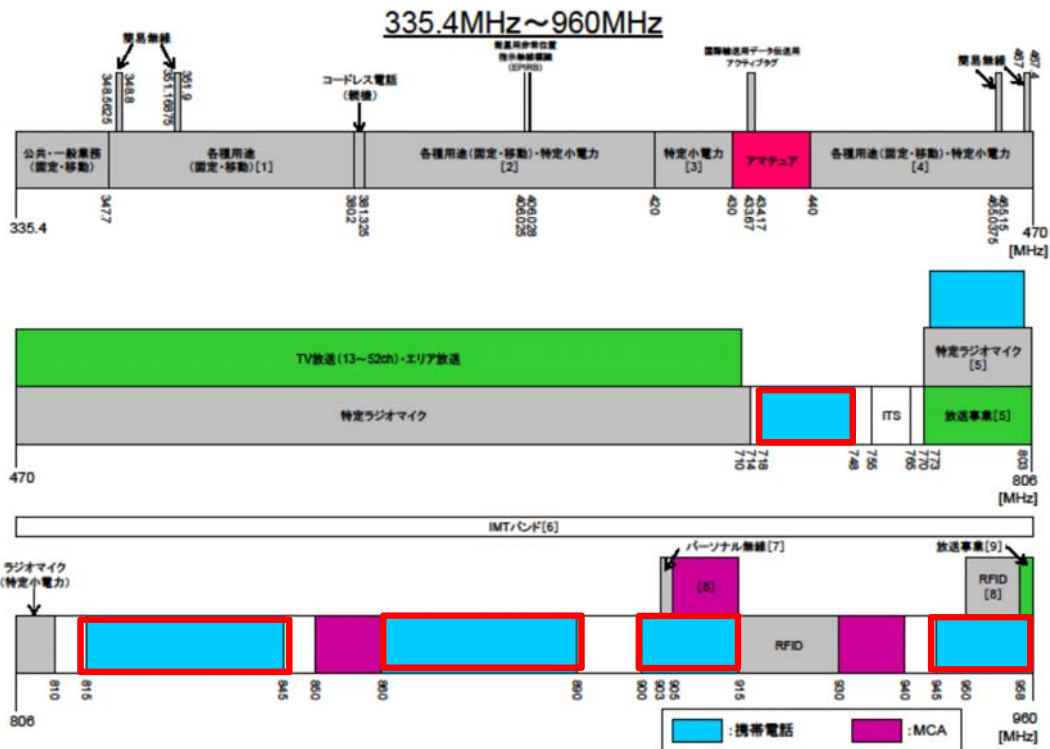
有限な周波数

一周波数利用効率向上への取り組み

- 位相空間に詰め込む
- 周波数軸に詰め込む
- 伝播空間に詰め込む

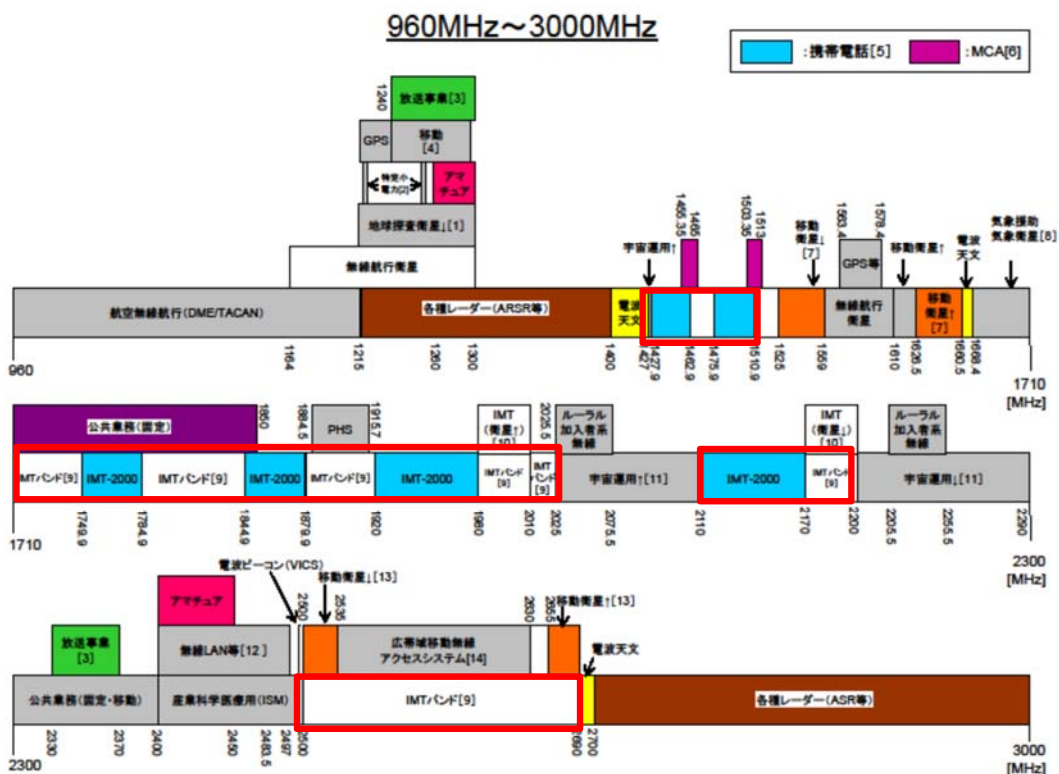
日本の周波数割当て (335-960 MHz)

(注) 総務省HP資料 『我が国の電波の使用状況 平成25年3月』より抜粋
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/myuse/use/index.htm>



日本の周波数割当て (960 MHz-3 GHz)

(注) 総務省HP資料 『我が国の電波の使用状況 平成25年3月』より抜粋
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/myuse/use/index.htm>



再び, Shannon限界

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

- C : 通信路容量 [bit/s]
- B : 通信路の帯域幅 [Hz]
- S : 信号電力 [W]
- N : 雑音電力 [W]
- S/N : 信号のS/N比

周波数利用効率 C/B [bit/s/Hz]は次式で表される。

$$\frac{C}{B} = \log_2 \left(1 + \frac{E_b}{N_0} \cdot \frac{C}{B} \right)$$

ただし,

E_b : 1 bitあたりのエネルギー [J/bit]

N_0 : 1 Hzあたりの雑音電力密度 [W/Hz]



周波数利用効率の向上がワイヤレス通信の研究開発課題

直交変調方式

送信データを $I(t), Q(t)$, 搬送波周波数を ω とすると, 変調波 $y(t)$ は次式で表される。ただし, $A(t), \phi(t)$ は, それぞれ搬送波の振幅と位相。

$$y(t) = I(t)\cos \omega t - Q(t)\sin \omega t$$

$$= \sqrt{I^2(t) + Q^2(t)} \cos[\omega t + \phi(t)]$$

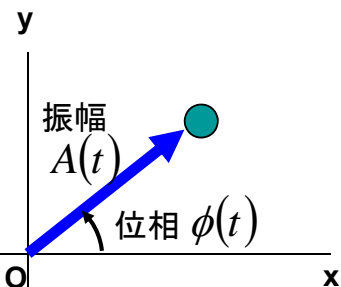
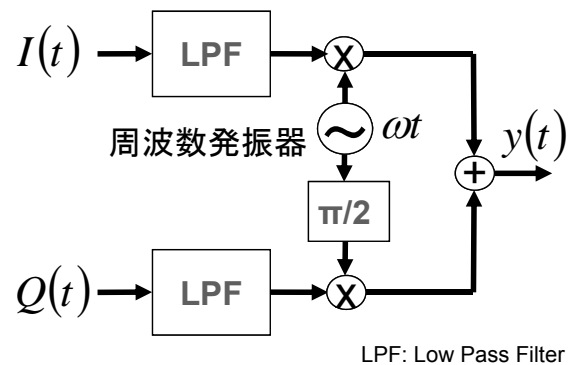
$$= A(t)\cos[\omega t + \phi(t)]$$

$$A(t) = \sqrt{I^2(t) + Q^2(t)}$$

$$\phi(t) = \tan^{-1} \left(\frac{Q(t)}{I(t)} \right)$$

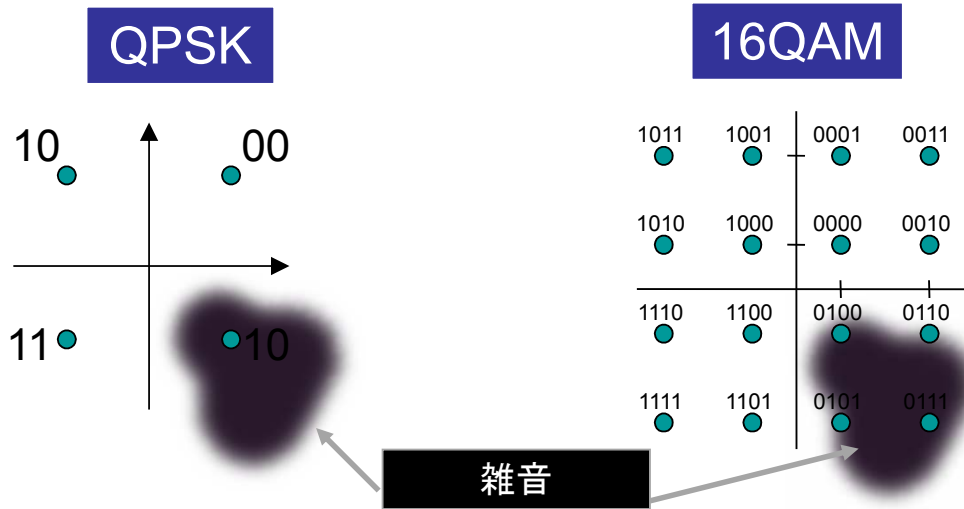


周波数利用効率を高めるためには, 位相空間にできるだけ多くの信号点を作ること。



直交変調方式の比較

■搬送波(電波)の位相と振幅を変調



- ・ 1信号点あたり2 bit伝送
- ・ 比較的、雑音に強い

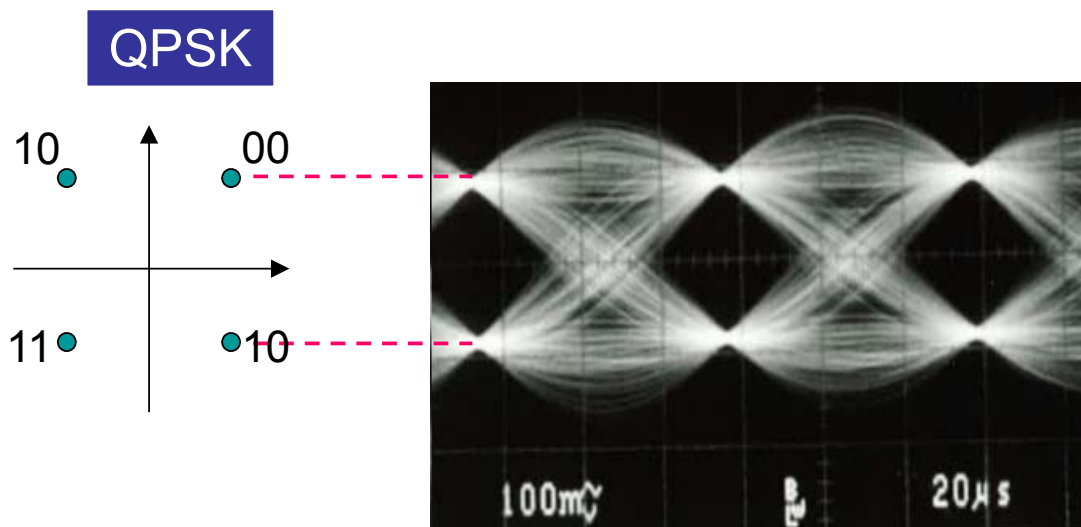
- ・ 1信号点あたり4 bit伝送
- ・ より高い S/Nが必要

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying

16QAM: 16-level Quadrature Amplitude Modulation

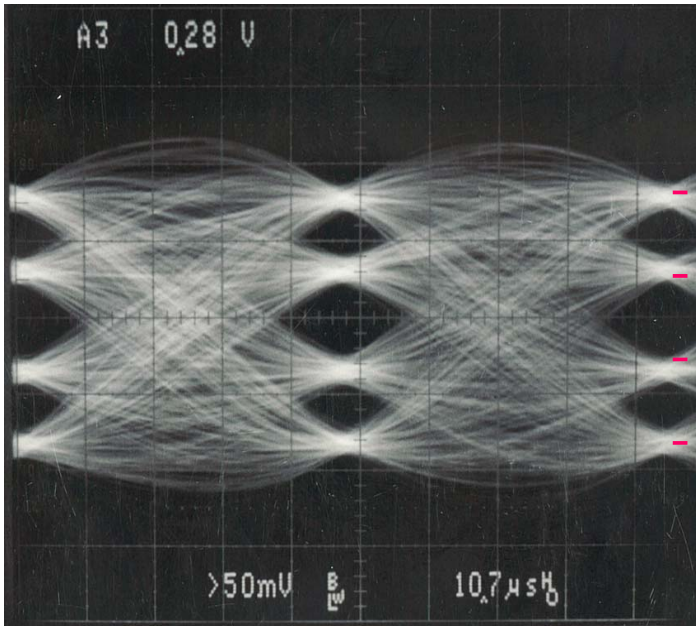
直交変調方式の比較

■搬送波(電波)の位相と振幅を変調

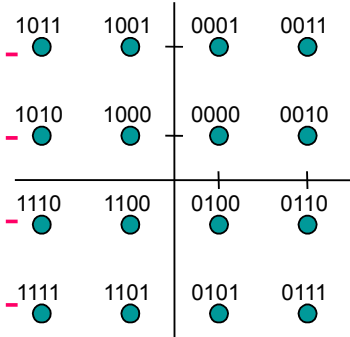


- QPSK復調波形
- 2レベルなので識別が比較的容易

■ 搬送波(電波)の位相と振幅を変調



16QAM



- 16QAM復調波形
- 4レベルなので識別余裕度が7dB劣化

更に高密度な直交変調方式へ

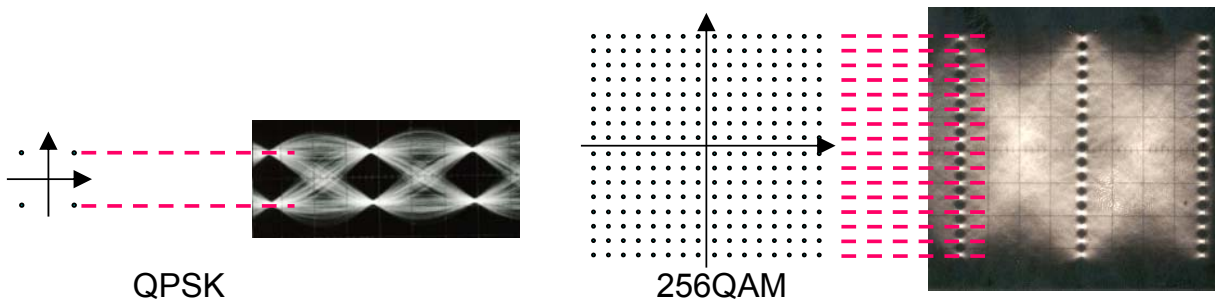
| 変調方式 | QPSK | 16AM | 64QAM | 256QAM |
|--|------|------|-------|--------|
| コンスタレーション (信号点配置) (注1) $P_{av} = \frac{2}{3}(n+1)(n-1)$ (注2) QPSKの平均電力との差 (注3) 誤り率 = 1×10^{-4} (注4) roll-off = 0.35 | | | | |
| シンボル数 (=2 ^k) | 4 | 16 | 64 | 256 |
| シンボルあたりのビット数 k[bit] | 2 | 4 | 6 | 8 |
| 多値信号の振幅レベル数 n | 2 | 4 | 8 | 16 |
| 平均電力 P _{av} (注1) | 2 | 10 | 42 | 170 |
| ΔP _{av} [dB] (注2) | 0 | 7.0 | 13.2 | 19.3 |
| 10log(k) [dB] | 3.0 | 6.0 | 7.8 | 9.0 |
| E _b /N ₀ [dB] (注3) | 8.4 | 12.4 | 16.9 | 21.7 |
| 周波数利用効率 C/B [b/s/Hz] (注4) | 1.5 | 3.0 | 4.4 | 5.9 |

多値直交変調方式に関する研究課題

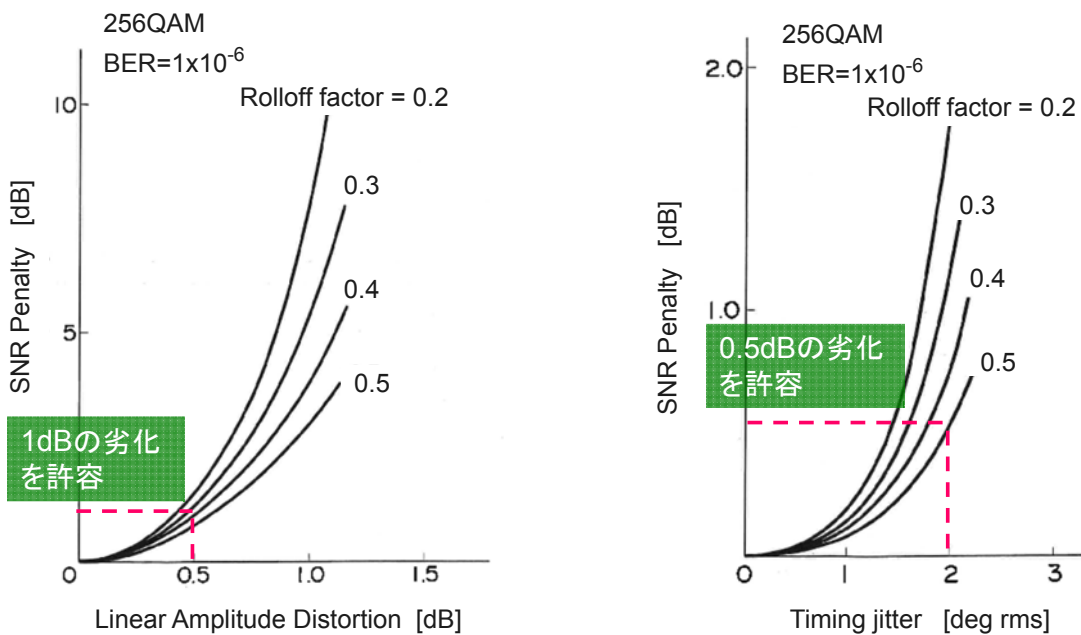
- 当時は16QAMが主流, 256QAMは未検討
- 256QAMの信号間距離はQPSKの15分の1に短縮



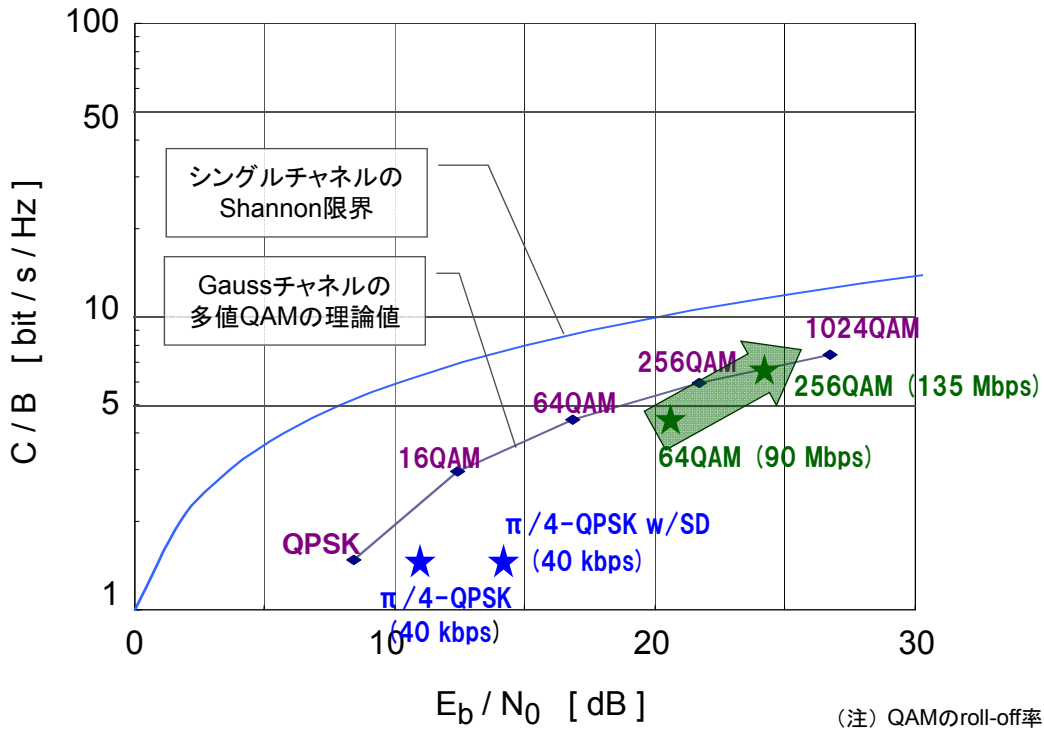
- デバイスや伝送路の不完全性が受信性能に与える影響の明確化
 - 直交変調器の位相誤差, 振幅歪, 遅延歪, クロックのタイミング誤差の許容値
 - 帯域制限フィルタのロールオフ率の影響
- マルチパス・フェージングに対する耐性の向上
 - トランスバーサル型適応等化器(TEQL)の所要タップ数の検討
 - TEQL性能の実験的検証



伝送路歪, ならびにクロックジッタ許容値

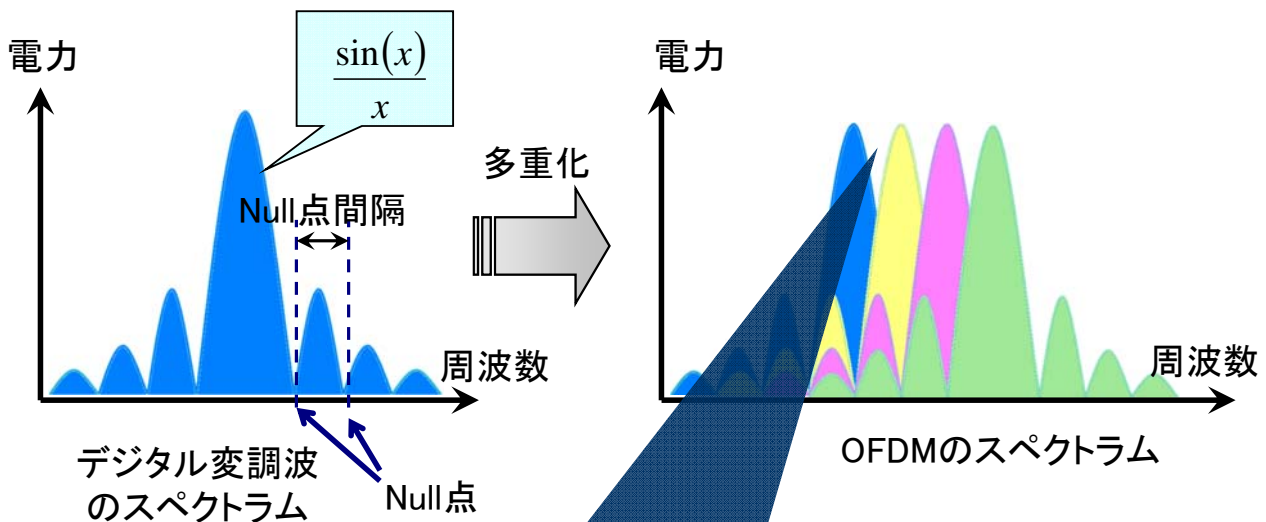


- 伝送路歪は帯域内で0.5 dB以下, クロックジッタは2 deg以下に
- 多値化を進める上で, その現実性が見極めが肝要
- システム性能とデバイスへの要求条件のバランス

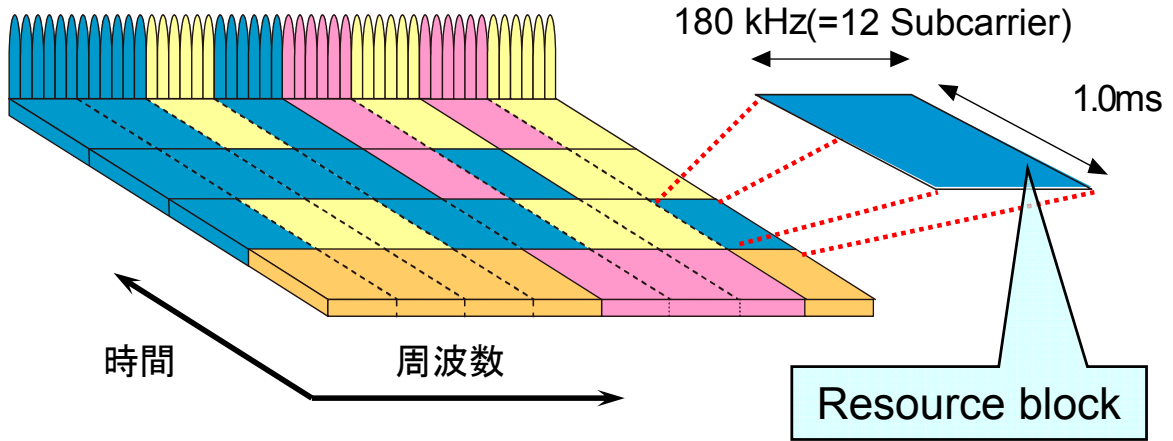


(注) QAMのroll-off率 = 0.35
誤り率 = 1×10^{-4}
Gauss雑音

OFDMによる変調波の多重化

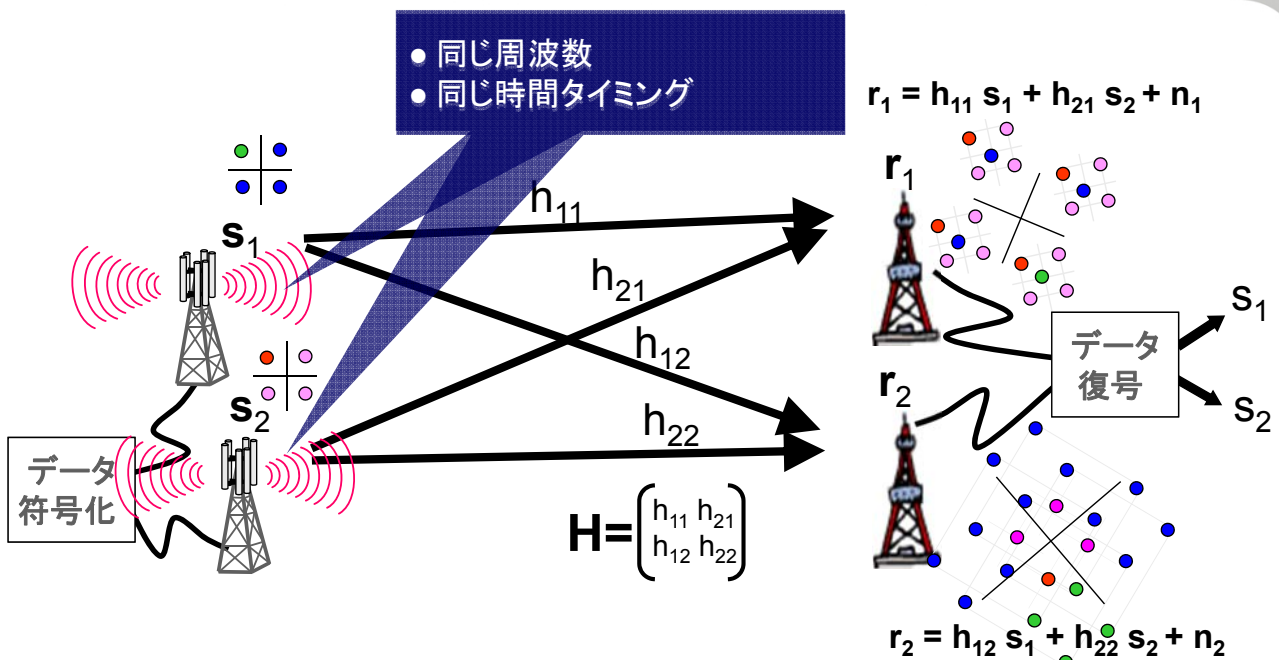


- 各サブキャリアの中心周波数が他のサブキャリアのNull点の位置に来るように周波数多重化。
- 各サブキャリア間は直交しているため干渉が無い。



- 狭帯域化によりマルチパスの影響を低減
- 各ユーザへの無線リソース割り当てはResource block単位で行なう。(Downlink)
- 周波数/時間領域の2次元スケジューリング。

MIMO: Multiple Input Multiple Output



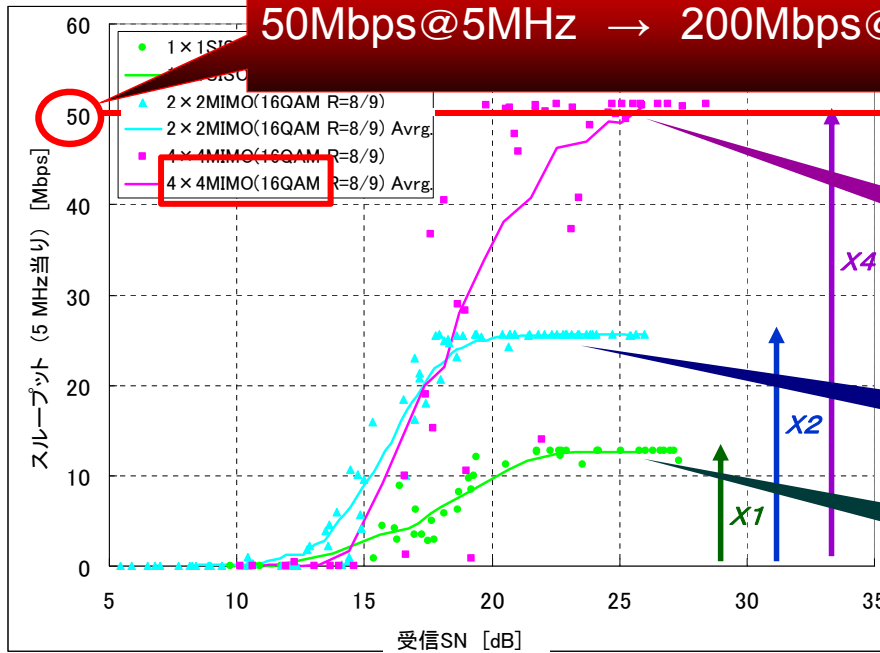
■ MIMOによる空間多重

- 複数の送受信アンテナを用いて複数のデータを同一周波数で伝送
- 周波数利用効率はアンテナ数に比例して増大

MIMOのフィールド実験結果

200Mbps@16QAM → 300Mbps@64QAM

50Mbps@5MHz → 200Mbps@20MHz

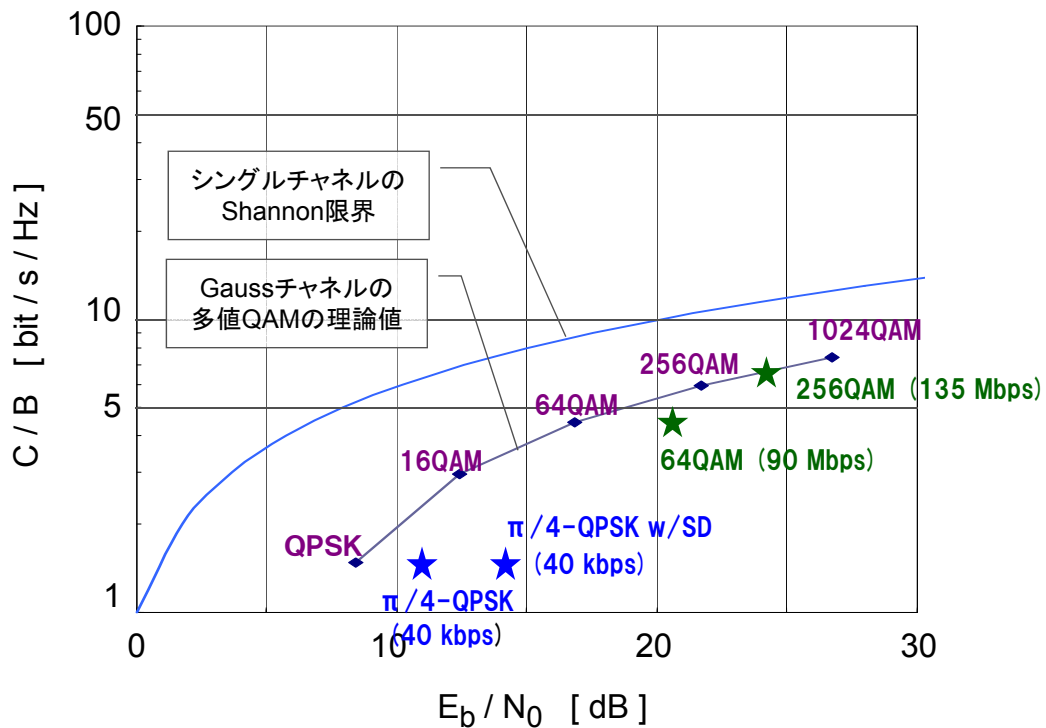


MIMO (4x4 アンテナ)
MIMO (2x2アンテナ)
シングル・アンテナ

MIMO: Multiple Input Multiple Output

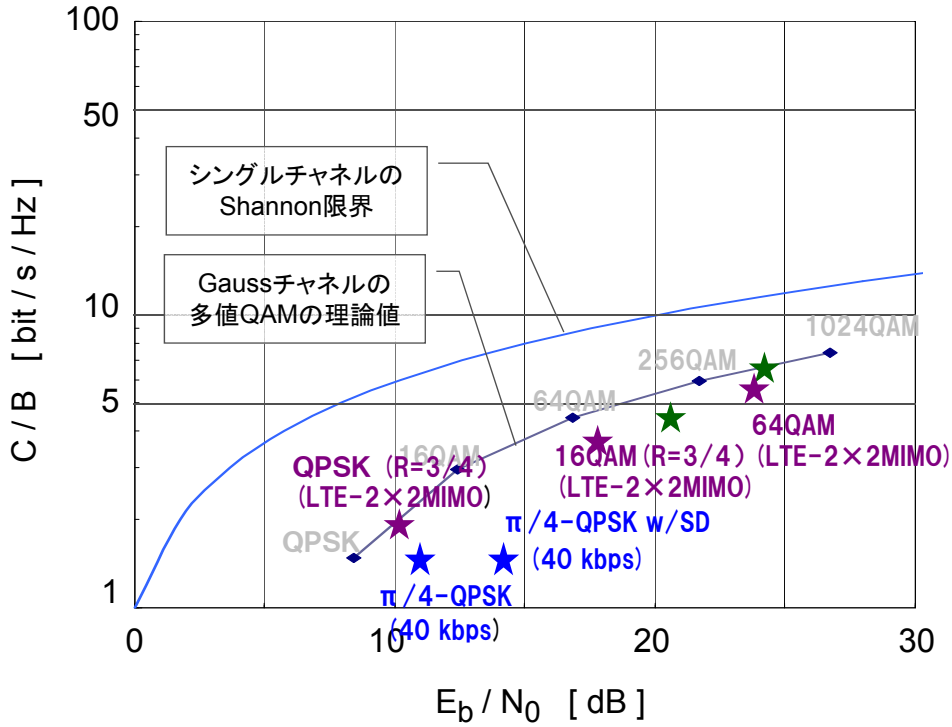
Copyright FUJITSU LABORATORIES LTD. 2013

周波数利用効率の実際



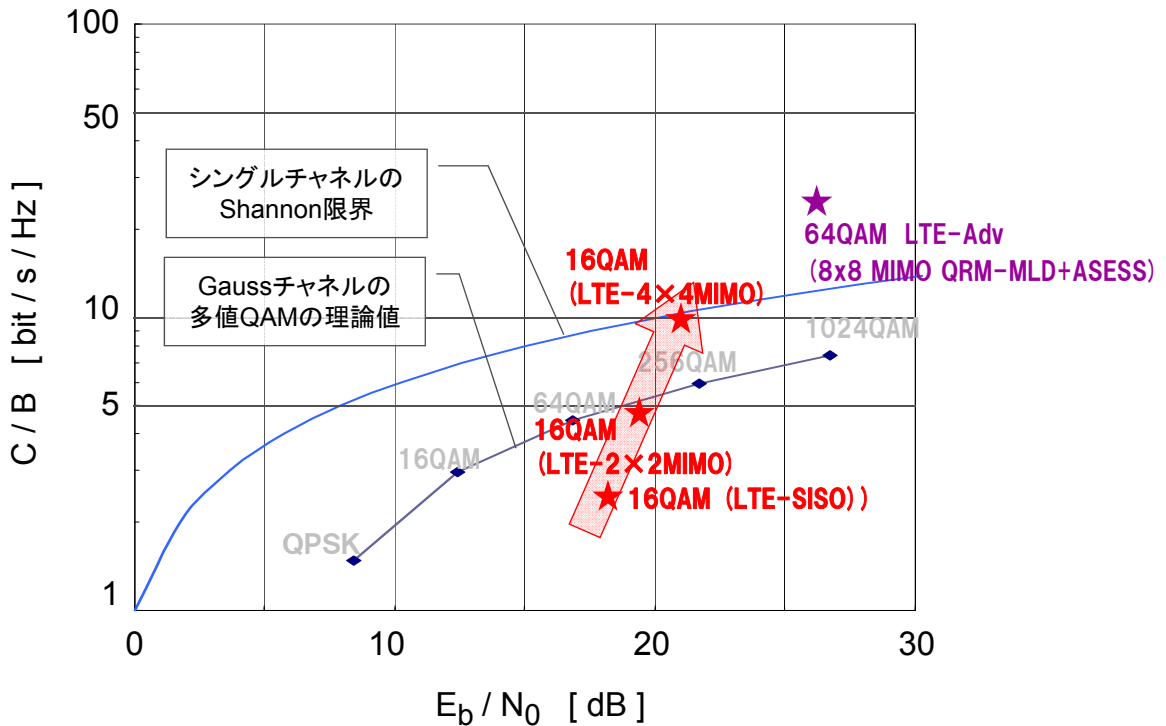
LTE : Long-Term Evolution

周波数利用効率の実際



LTE : Long-Term Evolution

周波数利用効率の実際



QRM-MLD: Complexity-reduced MLD with QR decomposition and M-algorithm

ASESS: Adaptive SElection of Surviving Symbol replica candidates based on maximum reliability

LTE実用化上の課題

- LTEの中心技術であるMIMOの都市内環境での性能評価が未検討

MIMO: Multiple Input Multiple Output



- 都市内環境でのLTE性能の実証
 - 都市内電波伝搬におけるSIR測定
 - スループットの解析
- ランクアダプテーションの性能予測
 - 最適ランク(送信ストリーム数)の推定

| | |
|-------------|----------------------|
| 周波数帯域幅 | 10 MHz |
| 送信電力 | 40 dBm |
| 送受信アンテナ数 | 4 x 4 MIMO |
| アンテナ間隔 | 7.5λ(BS) / 1.5λ(UE) |
| アンテナ高 | 80 m (BS) / 3 m (UE) |
| 端末移動速度 | 約30 km/h |
| OFDMサブキャリア数 | 600 |
| データ変調方式 | QPSK, 16QAM, 64QAM |

BS: Base Station UE: User Equipment
OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

LTE: Long Term Evolution

SIR: Signal to Interference Ratio



フィールドテストの地理的環境

- LOS, NLOSを含む全長1570mの走行コース
- 最も近い測定点は基地局から400m, 高さ50m程度のビル街
- 最遠地点は, 基地局から約1kmの住宅街

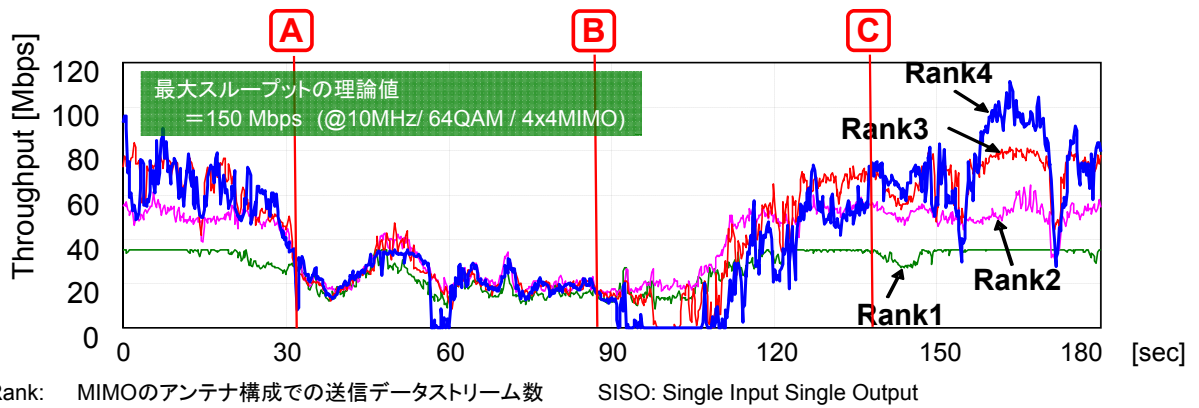
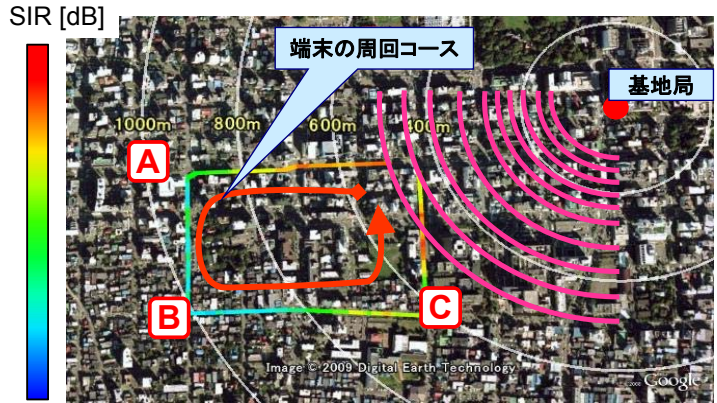


LOS: Line of Sight

NLOS: Non Line of Sight

都市環境でのSIR分布とスループット測定

- Rankを1,2,3,4に固定し, Rank毎のスループットを測定
 - SISO
 - MIMO (2x2)
 - 送信ダイバーシティ
 - MIMO (4x4)
- 各Rankが最適となる場所率の推定



3.9世代携帯電話(LTE)の商用化



PRESS RELEASE (コピキタスプロダクト)

2011年10月12日
富士通株式会社

「ドコモ タブレット ARROWS Tab LTE F-01D」新発売
超高速通信「Xi」(クロスXi) & お風呂で使えるハイスペック防水タブレット

当社製タブレット「ARROWS Tab LTE F-01D」が、10月19日よりNTTドコモから発売となります。

富士通のスマートフォン、タブレット端末の新ブランド「ARROWS」シリーズ第一弾となる「ARROWS Tab LTE F-01D」は、超高速通信サービス「Xi」対応や高速・高性能デュアルコアCPU、DLNA連携、サクサクタッチパネルなど最先端スペックを装備しています。また、軽量スリムボディでありながら10.1インチの大画面には、フロントステレオスピーカーとDolby®Mobile v3を搭載し、上質な動画を視聴することができます。さらに、防水性能IPX5/7(注1)に対応したことによりキッチンや浴室など水まわりでも使用できるので、タブレットの利用シーンがさらに広がります。

[関連リンク] 携帯電話製品ご紹介サイト「FMWORLD.NET」F-01Dご紹介

スマートフォン市場が急速に拡大するなか、電子書籍や動画配信などのリッチサービス・コンテンツをいつでもどこでも場所を選ばず視聴できるタブレット端末へのニーズが急速に増加しています。特に、国内での次世代通信サービスの開始により、ナビゲーション/動画のような大容量コンテンツの利用が現実的となり、こうしたリッチコンテンツの利用

「ARROWS Tab LTE F-01D」は、株式会社NTTドコモの超高速通信サービス「Xi」(最大受信速度37.5Mbps)(注2)に対応し、高速・高性能デュアルコアCPU「OMAP4」(1GHz)を搭載したことにより、WEBブラウジングはもちろん動画のストリーミング再生やダウンロードもストレスなく快適に楽しむことができます。



<http://www.fmworld.net/product/phone/arrows/>

有限な電力

— 伝播損失を克服するための取り組み —

- ダイバーシチ受信
- 高効率電力増幅器

携帯端末の受信電力の例

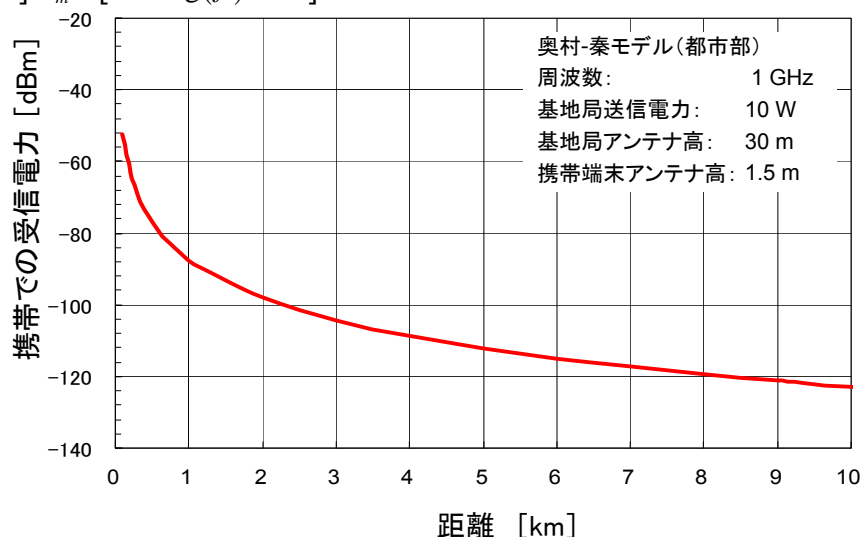
- 携帯端末が受信できる電力は距離とともに減衰。

奥村-秦の伝播損失式(都市部)^[1]

$$L_p = 69.55 + 26.16 \log(f) - 13.82 \log(h_b) - a(h_m) + [44.9 - 6.55 \log(h_b)] \cdot \log(d)$$

$$a(h_m) = [1.1 \cdot \log(f) - 0.7] \cdot h_m - [1.56 \log(f) - 0.8]$$

L_p : 伝播損失 [dB]
 f : 周波数 [MHz]
 h_b : 基地局アンテナ高 [m]
 h_m : 携帯端末アンテナ高 [m]
 d : 距離 [km]



[1] Hata, M., "Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services," IEEE VT-29, Issue3, 1980

受信機の雑音電力

受信機(携帯電話)の雑音電力 N [W]は次式で与えられる。

$$N = kTBF$$

ただし、

k : Boltzmann定数 1.38×10^{-23} [J/K]

T : 雑音温度 [K]

B : 信号帯域幅 [Hz]

F : 雑音指数 [dB]

(例) $T = 27^\circ\text{C}$ (= 300 K), $B = 5$ MHz, $F = 3$ dBの場合 ;

$$\begin{aligned} N &= 10 \log (1.38 \times 10^{-23} \text{ [J/K]} \times 300 \text{ [K]} \times (5 \times 10^6 \text{ [Hz]}) \times 1000 \text{ [dBm/W]}) + 3 \text{ [dB]} \\ &= -174 + 67 + 3 \\ &= -104 \text{ [dBm]} \end{aligned}$$

携帯端末の受信電力

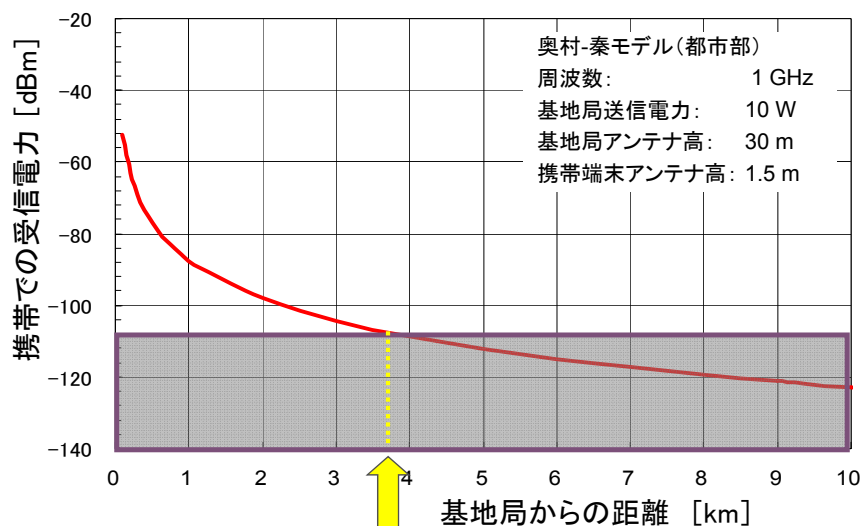
$T = 27^\circ\text{C}$ (= 300 K), $B = 5$ MHz, $F = 3$ dBの場合、

雑音電力 $N = -104$ [dBm]

足りない分は、

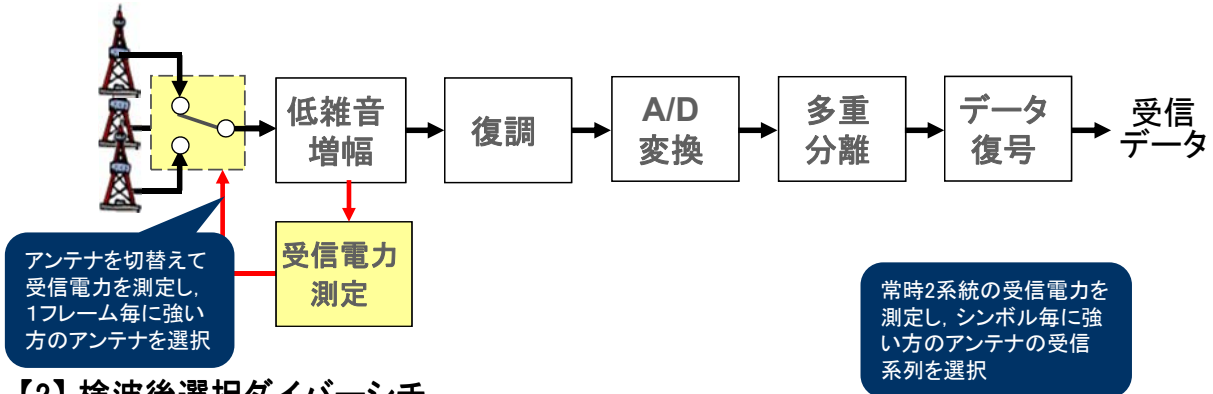
- ダイバーシチ
- スペクトル拡散
- 高効率増幅器
- 高利得アンテナ
- 誤り訂正
- 再送制御
- ...

で稼ぐ。

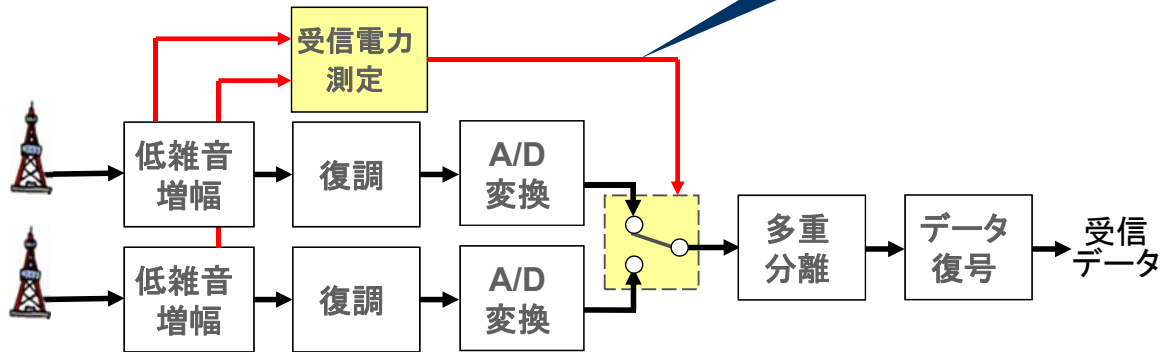


ダイバーシチ受信器の構成

【1】アンテナ切替えダイバーシチ

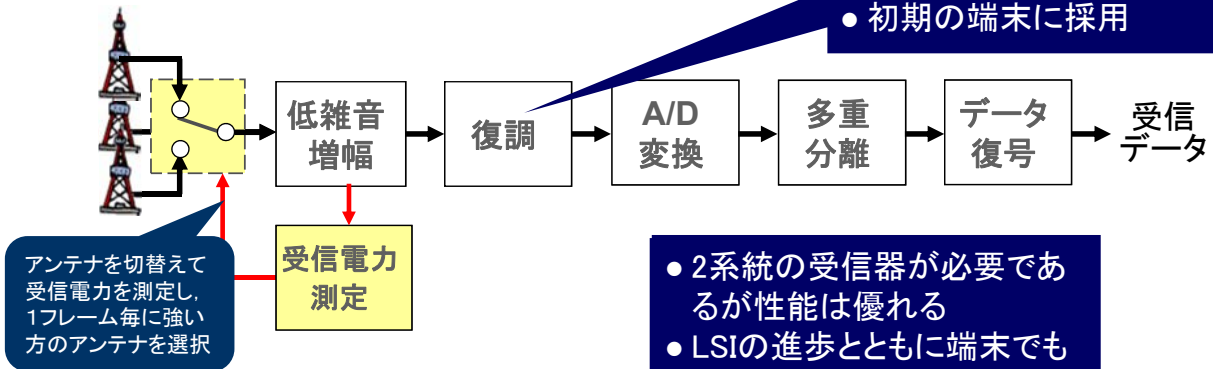


【2】検波後選択ダイバーシチ



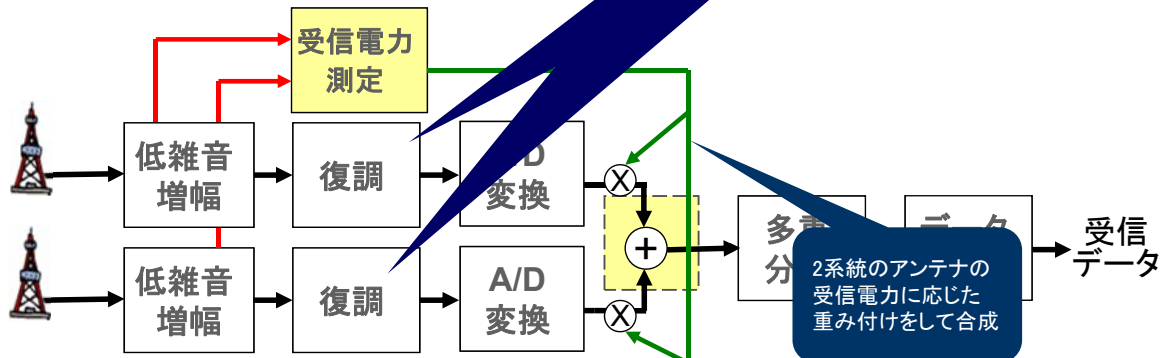
ダイバーシチ受信器の構成

【1】アンテナ切替えダイバーシチ



- 性能は劣るものの受信器が1系統なので構成が簡単
- 初期の端末に採用

【2】最大比合成ダイバーシチ

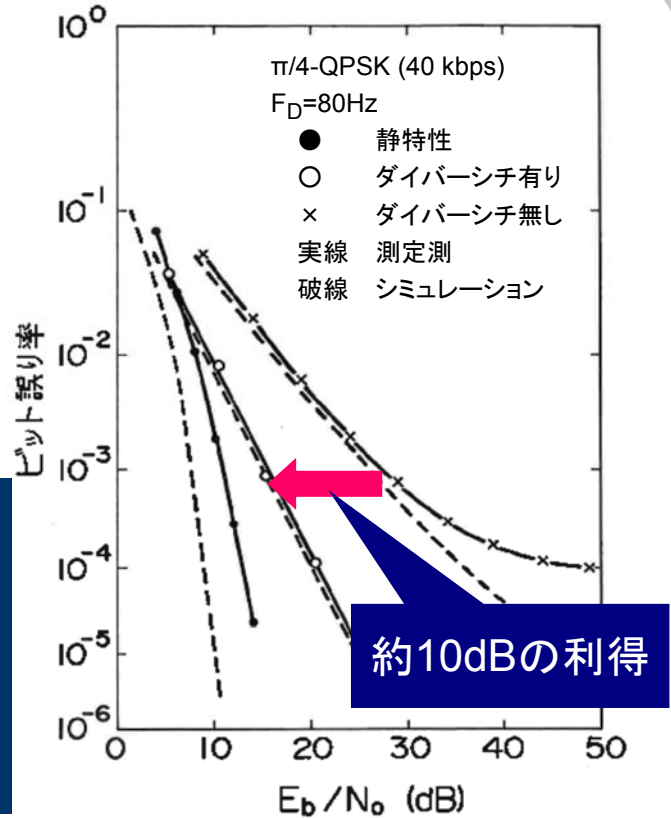


ダイバーシチ利得

- 2系統の受信機と復調器を具備
- 2系統の受信電力は無相関
- それぞれの受信電力に応じて合成,
 - アンテナ切換え
 - 選択切替え
 - 同相合成
 - 最大比合成

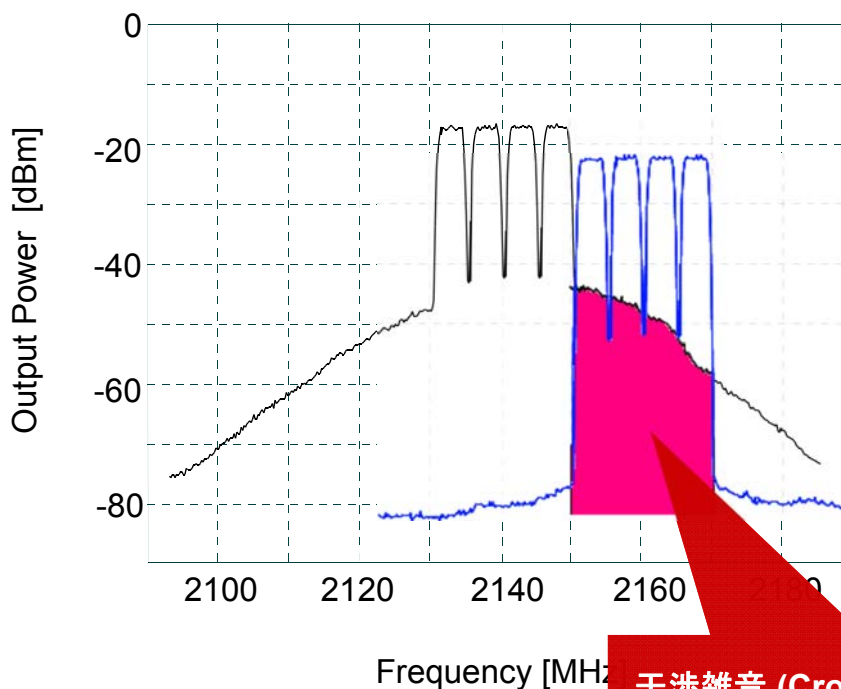


- 電力利得が得られるあらゆる方法を実装すること。
- 小形化と低消費電力化を同時に満たすこと。
- 性能改善だけでなくコストも重要。



隣接チャネル漏洩電力 (ACLR)

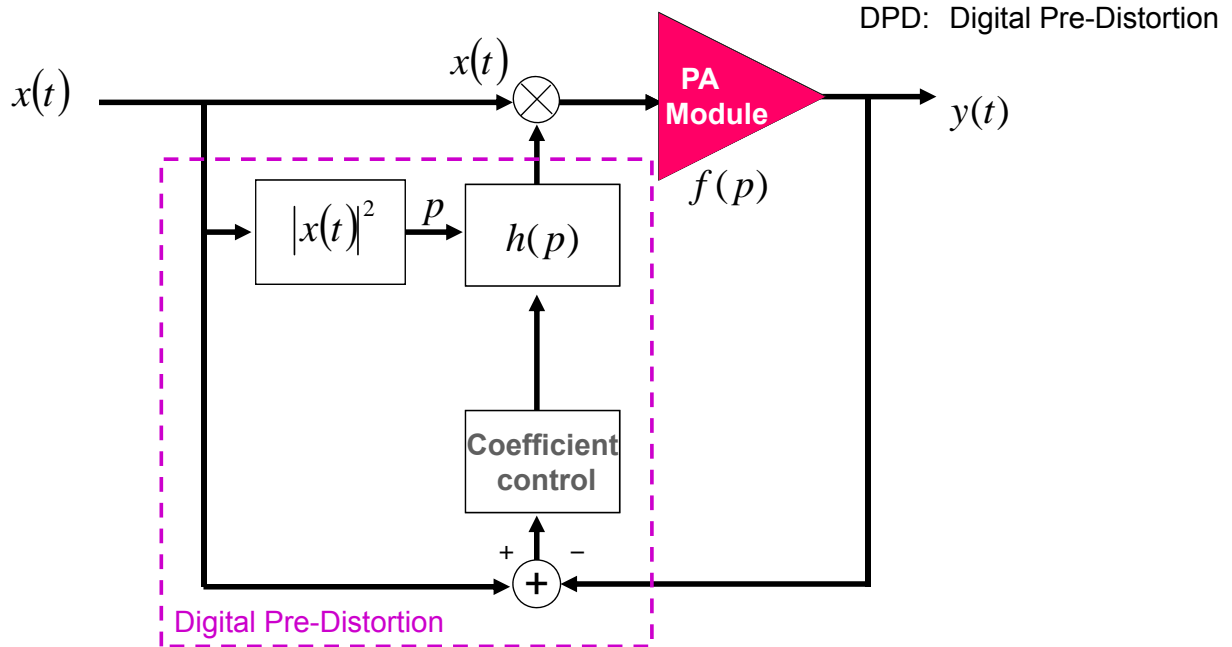
ACLR: Adjacent Channel Leakage Power



干渉雑音 (Crosstalk) により, 隣接チャネルの品質が劣化

Digital Pre-Distortion (DPD)

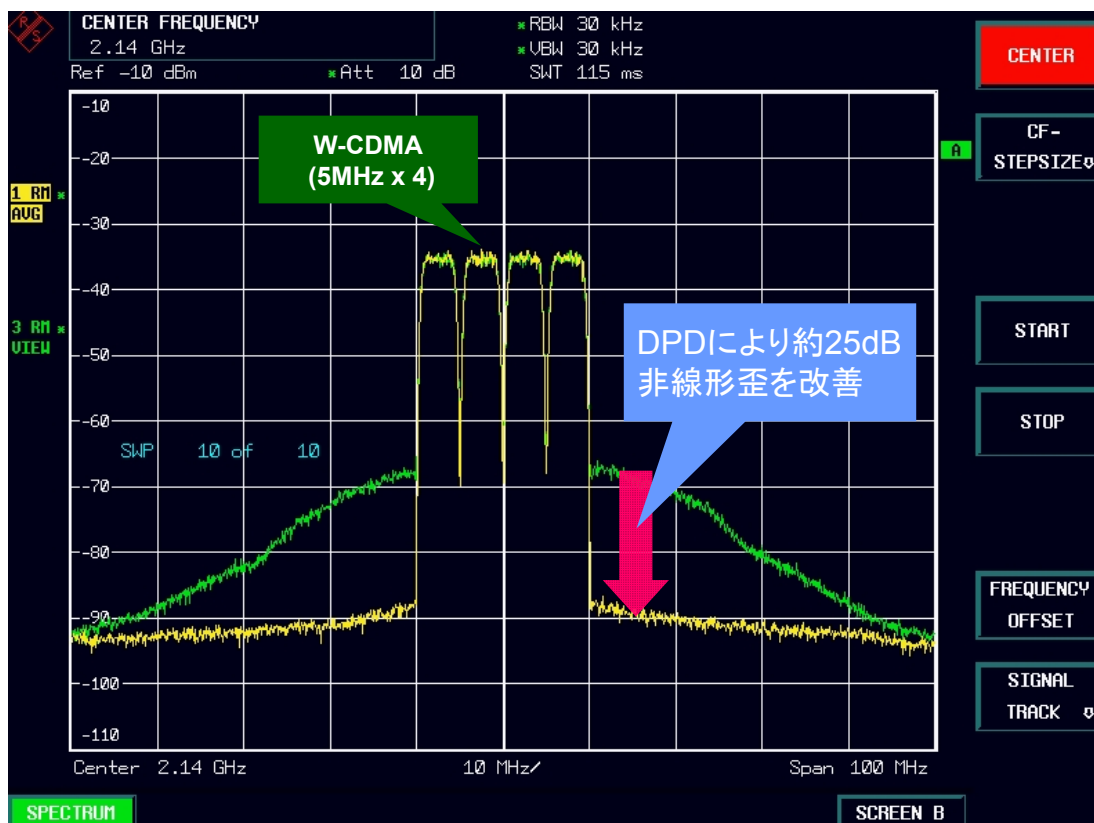
- 電力増幅器を可能な限り飽和レベル近くで動作
- 発生する非線形歪をlook-up table ($h(p)$)を用いたDPDで補償



44

Copyright FUJITSU LABORATORIES LTD. 2013

DPDの性能



ACLR: Adjacent Channel Leakage power Ratio

45

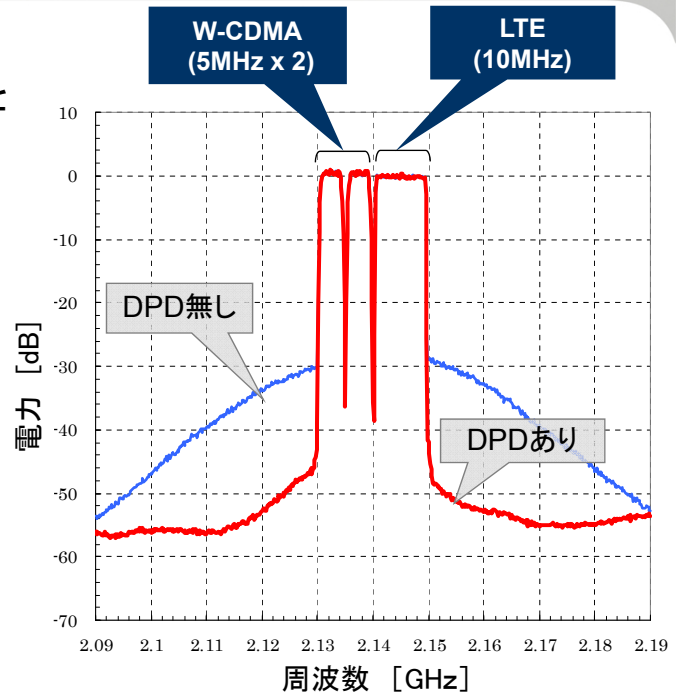
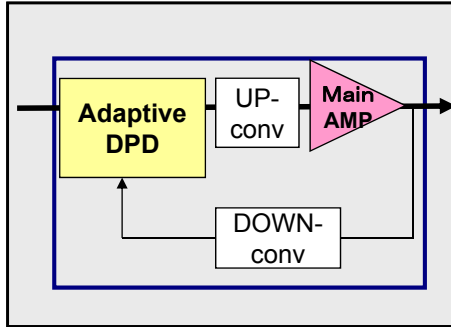
Copyright FUJITSU LABORATORIES LTD. 2013

高効率電力増幅技術

- 高効率増幅回路モジュール
- DPD歪補償技術による高効率化と3G/LTE共用基地局の小形化
- ACLR: 50 dB以上
- 送信電力: +40 dBm

DPD: Digital Pre-Distortion

ACLR: Adjacent Channel Leakage power Ratio



- エコロジカルな基地局 (グリーンワイヤレス)
- 3G (W-CDMA)からLTEへ容易な移行

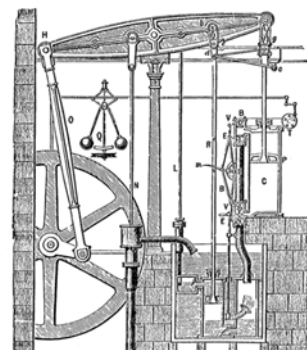
国際標準化と特許戦略

- 自分の携帯電話が世界中で使えるために
- 技術開発と利益追求

知的財産（＝特許）

歴史上、有名な特許の例（1）

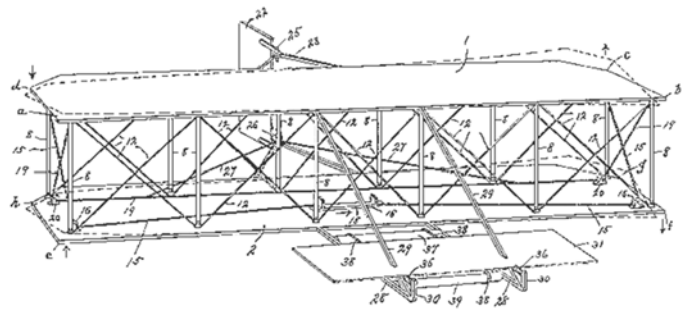
- 世界最古の成文特許法『発明者条例』公布
(1474年 ヴェネツィア共和国)
- James Wattの蒸気機関
 - Patent 913: A method of lessening the consumption of steam in steam engines-the separate condenser
(1769年4月29日登録)
- Thomas Edisonの白熱電球
 - U.S. Patent #223898: Electric-Lamp (1880年1月27日)
 - 目指したのは発電, 送電, 配電までのトータルな電力システム事業
Edison Electric Light Company → General Electric Company
 - 直流送電(GE社) vs 交流送電(WEC社)



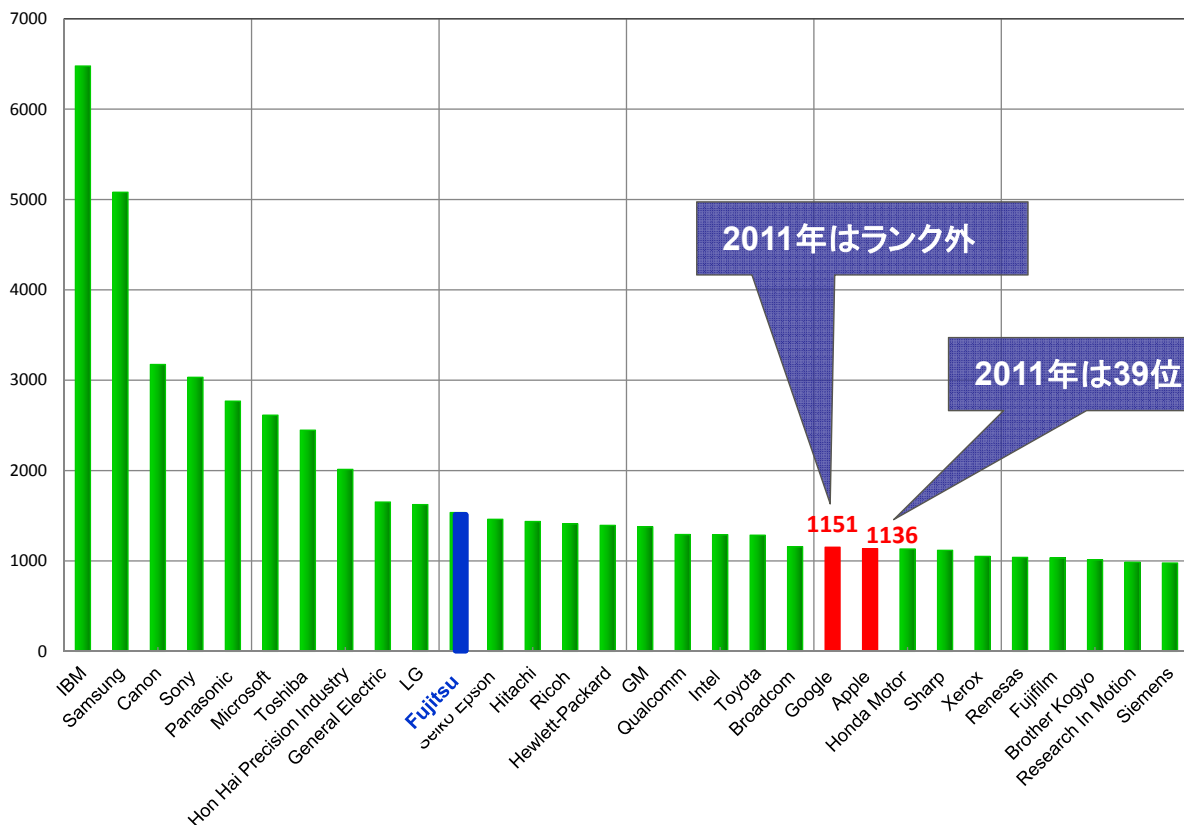
歴史上、有名な特許の例（2）

■ Wright兄弟 (Wilbur & Orville)の飛行機械

- U.S. Patent #821393: FLYING MACHINE
(1903年3月23日出願, 1906年5月22日登録)
- 航空機の姿勢制御に関する基本特許
- Glenn Curtiss (Curtiss Aeroplane and Motor Company)との特許係争

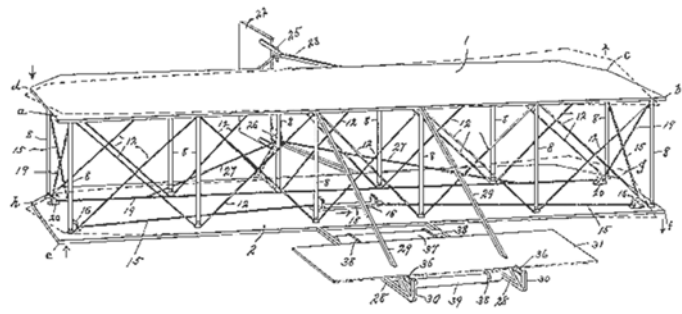


特許登録ランキング (US 2012)



■ Wright兄弟 (Wilbur & Orville)の飛行機械

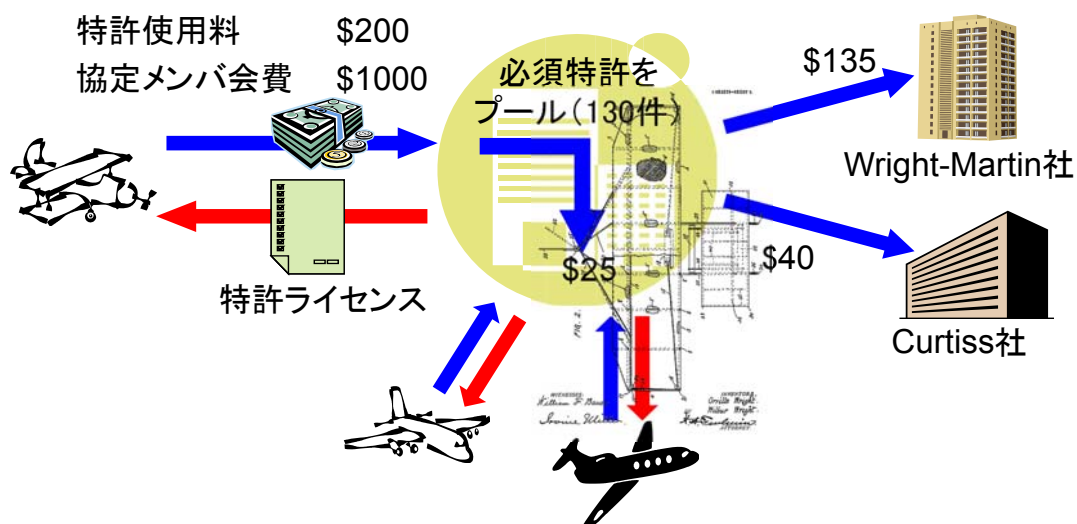
- U.S. Patent #821393: FLYING MACHINE
(1903年3月23日出願, 1906年5月22日登録)
- 航空機の姿勢制御に関する基本特許
- Glenn Curtiss (Curtiss Aeroplane and Motor Company)との特許係争
- 航空機特許を集めてプールしてライセンスする仕組み
(**パテントプール**の誕生)
- 1917年 クロスライセンス協定 (1975年まで継続)



Wright兄弟は特許係争をどう解決したか

■ Wright-Martin社とCurtiss社の特許係争

- 航空機製作に不可欠な特許を集めてライセンスする(**パテントプール**)



出典: 石井正著, "世界を変えた発明と特許" ちくま新書

| 国際標準 | パテントプール管理会社 |
|-----------------------|------------------------|
| MPEG-2 | MPEGLA |
| MPEG-4 Visual | MPEGLA |
| MPEG-2 Systems | MPEGLA |
| AVC/H.264 | MPEGLA |
| VC-1 | MPEGLA |
| IEEE 1394 | MPEGLA |
| AAC | Via Licensing |
| MPEG2 AAC | Via Licensing |
| ARIB Digital Broadcat | Uldage |
| Digital CATV | Uldage |
| W-CDMA | Sipro |
| G.729 | Sipro |
| LTE | Via Licensing / SISVEL |

携帯電話の国際標準化

『ICT (Information and Communication Technology) サービスは、自動車などの他の産業と異なり、国内外の多種多様なネットワークや端末が相互につながって初めてサービスが成り立つ。』

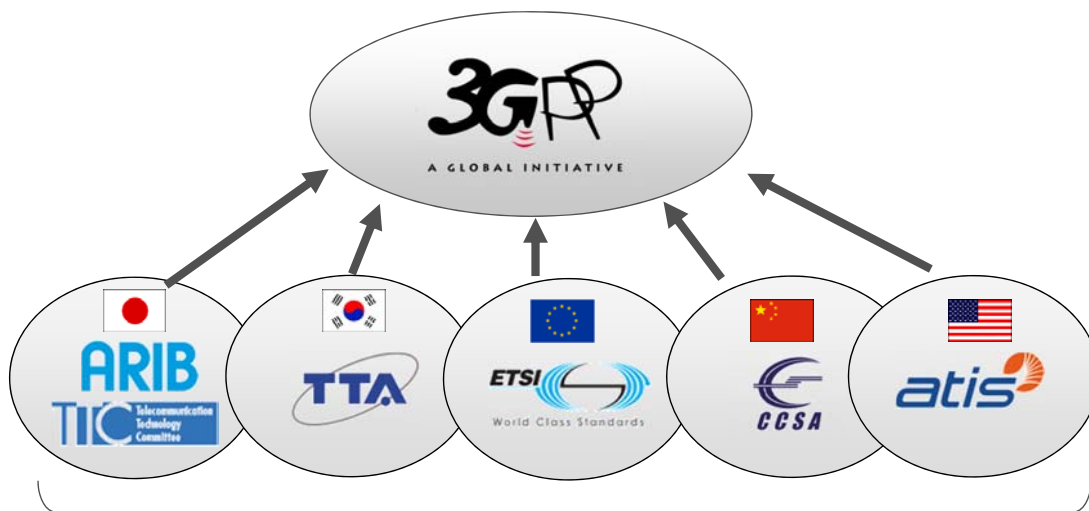
- 各種インターフェース条件、プロトコル等のICT機器同士を接続するための共通規格をオープンな形で国際的に取り決めることが極めて重要。
- ICT機器をグローバル市場に展開するためには、国際標準に沿って製品を作ることが必須。
- また同時に、国際標準化により相互接続性・相互運用性を確保することによって、ネットワークのオープン化が進むこととなり、ICT分野におけるさらなるイノベーションを促進。

出典：『ICT分野における国際標準化戦略 中間報告』 情報通信審議会

情報通信技術分科会 研究開発・標準化戦略委員会(第2回) (平成20年2月20日)

3rd Generation Partnership Project

Produce globally applicable Technical Specifications and Technical Reports for UMTS, Evolved UMTS and GSM



Organizational Partners (各国地域標準化団体)

UMTS: Universal Mobile Telecommunication System
(現行W-CDMA方式の3GPPでの呼称)
GSM: Global System for Mobile Communications
(日本と韓国を除く212カ国、約20億人に利用されている携帯電話方式。世界の携帯電話端末市場の82%を占める。)

| | | |
|-------|--|--|
| ARIB: | The Association of Radio Industries and Businesses | www.arib.or.jp |
| ATIS: | The Alliance for Telecommunications Industry Solutions | www.atis.org |
| CCSA: | China Communications Standards Association | www.ccsa.org.cn |
| ETSI: | The European Telecommunications Standards Institute | www.etsi.org |
| TTA: | Telecommunications Technology Association | www.tta.or.kr |
| TTC: | The Telecommunication Technology Committee | www.ttc.or.jp |

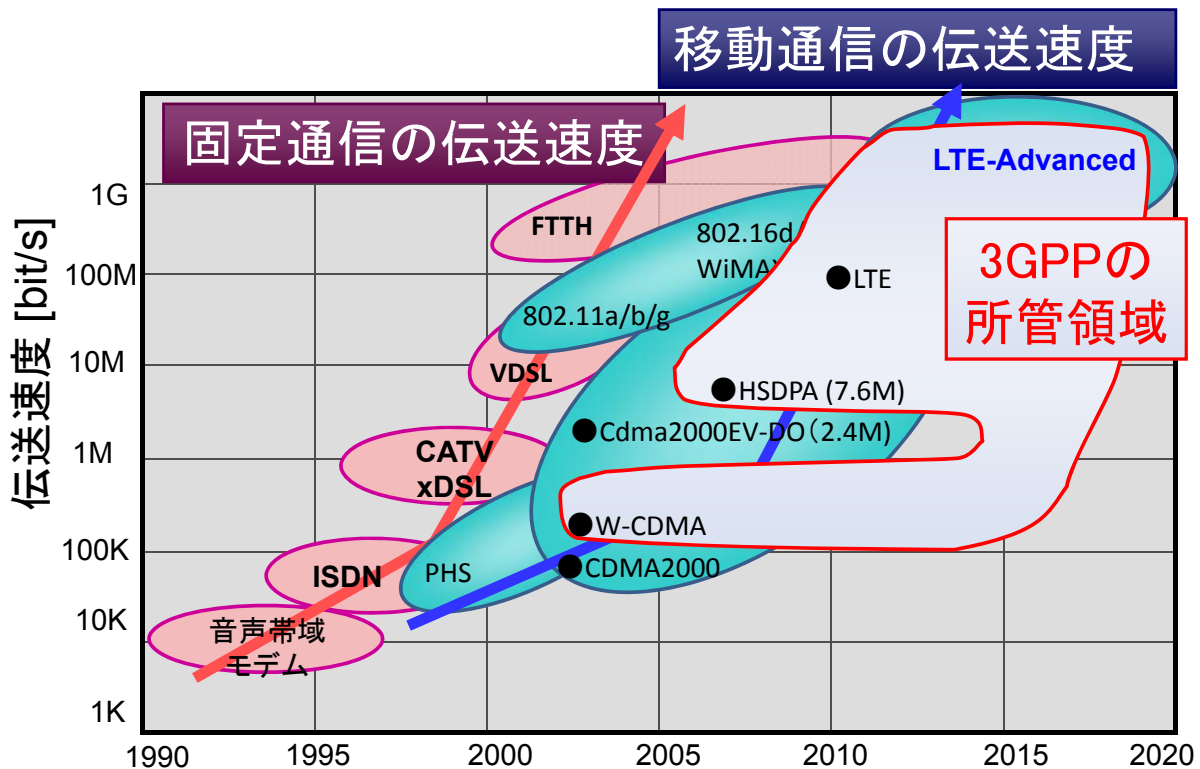
3GPPに関わるまでの経緯

| 年代 | 活動内容 |
|-----------|--|
| 1993~1995 | <ul style="list-style-type: none"> • RCR(現 ARIB), FPLMTS方式検討, 実験部会 |
| 1996 | <ul style="list-style-type: none"> • 3Gでの欧州との連携を目指しLondonへ赴任 |
| 1997~1998 | <ul style="list-style-type: none"> • ETSI SMG2メンバー • UMTS AdHocのαコンセプトグループにてW-CDMAを提案 • 日欧案の統合に貢献 |
| 1998/12月 | <ul style="list-style-type: none"> • 3GPP(The 3rd Generation Partnership Project)設立 |
| 1999~2000 | <ul style="list-style-type: none"> • 3GPP TSG-RAN WG4副議長 • 基地局, 端末の無線特性仕様策定に貢献 |
| 2001~2004 | <ul style="list-style-type: none"> • 3GPP TSG-RAN副議長 |
| 2001~2005 | <ul style="list-style-type: none"> • ITU-R WP8F(現 WP5D)日本代表団メンバー • IMT-2000無線インターフェース仕様改訂 • 不要輻射勧告, 端末のGlobal Roaming勧告など |

FPLMTS: Future Public Land Mobile Telecommunications System
 ETSI: European Telecommunications Standards Institute
 W-CDMA: Wideband Code Division Multiple Access
 TSG: Technical Specification Groups
 WG: Working Group

RCR: Research and Development Center for Radio Systems
 UMTS: Universal Mobile Telecommunication System
 SMG: Special Mobile Group
 RAN: Radio Access Network
 WP: Working Party

3GPPの標準化対象



出典: 総務省次世代モバイル委員会資料

3GPPが策定する技術仕様の一例

| | W-CDMA (3G) | HSDPA/HSUPA (3.5G) | 3G LTE (3.9G) | LTE-Advanced (4G) |
|----------|---------------------------|---|---|--|
| 無線方式 | DL: CDMA UL: CDMA | DL: CDMA UL: CDMA | DL: OFDMA UL: SC-FDMA | DL: OFDM(?) UL: (?) |
| 周波数帯域幅 | 5 MHz | 5 MHz | 20 MHz | >100 MHz |
| 変調方式 | HPSK,QPSK | HPSK, QPSK 16QAM | QPSK, 16QAM 64QAM,etc. | QPSK, 16QAM 64QAM,etc. |
| 最大データレート | DL: 384kbps UL: 64kbps | DL: 14.4Mbps UL: 5.7Mbps | DL: >200Mbps UL: 50Mbps | DL: ~1Gbps UL: >50Mbps |
| 商用時期 | 2000 | HSDPA: 2006 HSUPA: 2008 | 2010 | Expected in 2015 |
| 特徴 | Circuit switching | Enhancement of packetised data rate | Great improvement of data rate and latency | Further improvement of data rate and mobility |

DL: Down Link (基地局→携帯電話) UP: Up Link (携帯電話→基地局)
 CDMA: Code Division Multiple Access OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplex
 HSDPA: High Speed Downlink Packet Access HSUPA: High Speed Uplink Packet Access

3GPPの組織

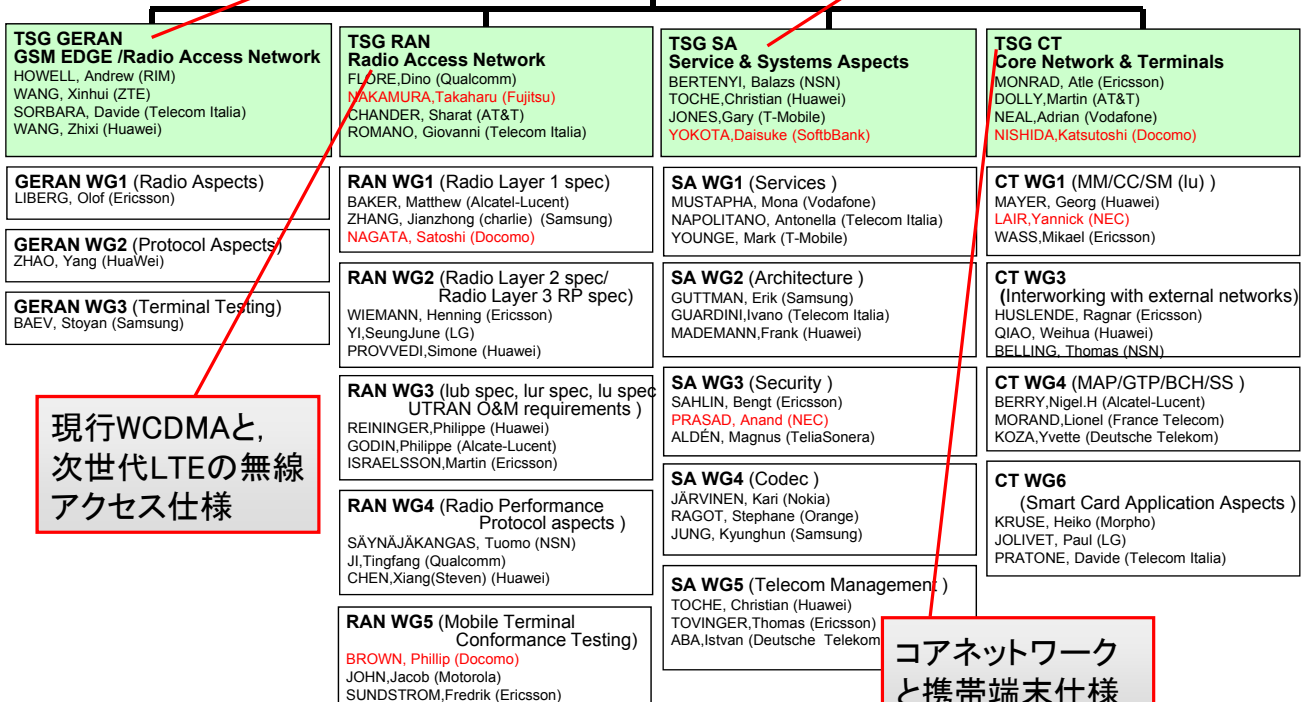
2013年5月

全体coordination
各国利害調整

GSM(第2世代携帯)の
世界的デファクト標準

サービス, アーキテ
クチャ, 要素技術

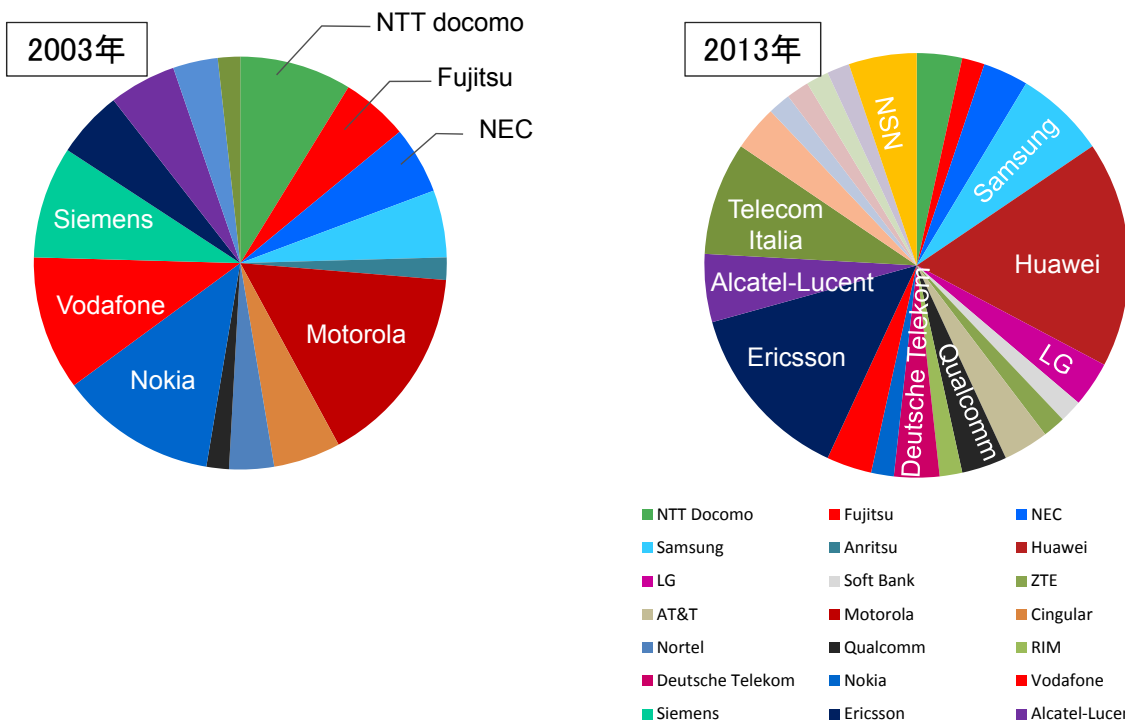
3GPP PCG
Project Co-ordination Group
 CHIN, Byoung-Moon (TTA)
 SHIGETA, Noriyuki (TTC)
 CHATTERJEE, Asok (ATIS)
 ROMERO, Luis Jorge (ETSI)



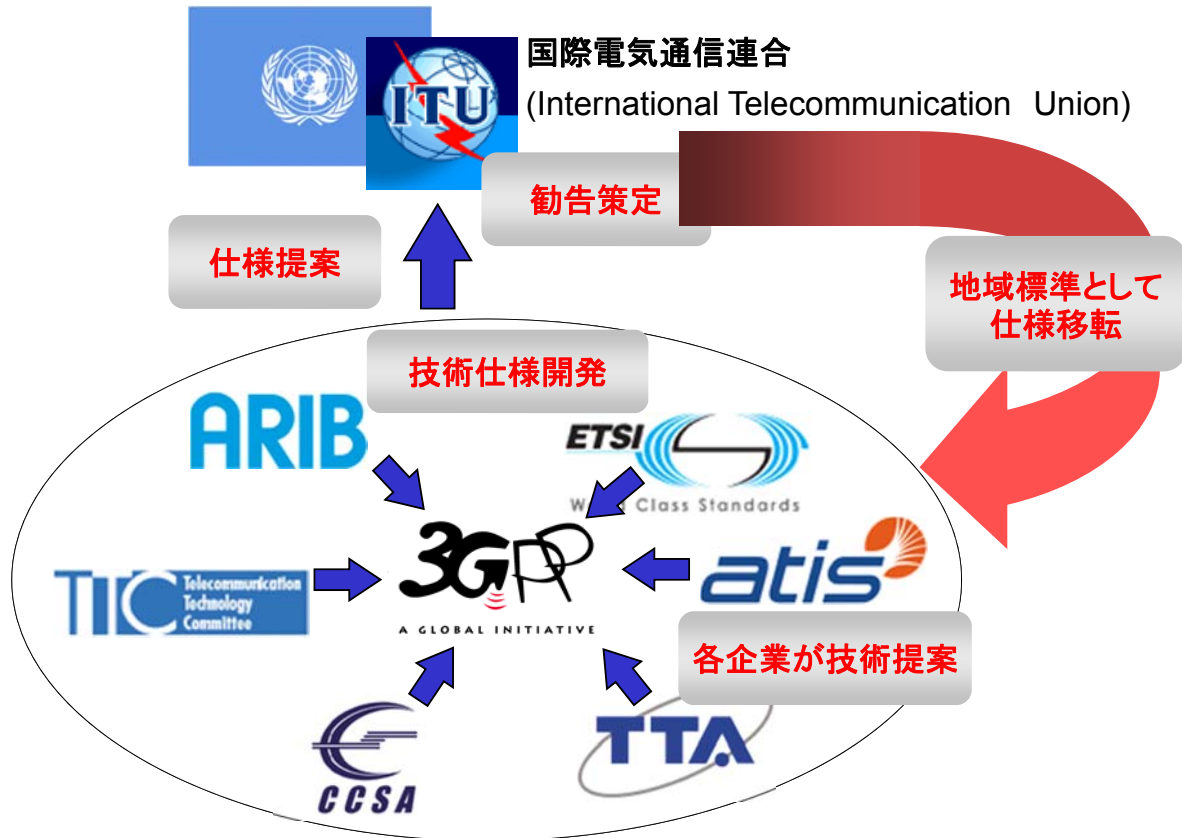
議長・副議長の選出数 2013年5月現在

| Region | Country | Company | No. of chairs & Vice-chairs | Region | Country | Company | No. of chairs & Vice-chairs | |
|---------------|-------------|------------|-----------------------------|--------|----------------|----------------|-----------------------------|---|
| Asia | Japan | NTT Docomo | 2 | Europe | Sweden | Ericsson | 8 | |
| | | Fujitsu | 1 | | | TeliaSonera | 1 | |
| | | NEC | 2 | | United Kingdom | Vodafone | 2 | |
| | | Soft Bank | 1 | | | Germany | Deutsche Telekom | 2 |
| | South Korea | LG | 2 | | T-Mobile | | 2 | |
| | | China | Huawei | | 10 | France | Alcatel-Lucent | 3 |
| | | | ZTE | | 1 | | Morpho | 1 |
| North America | USA | AT&T | 2 | | France Telecom | | 1 | |
| | | Qualcomm | 2 | | Orange | | 1 | |
| | | RIM | 1 | | Italy | Telecom Italia | 5 | |
| Finland | Nokia | 1 | NSN | | | NSN | 3 | |

議長・副議長の選出数の推移



- 10年間での企業間の合従連衡 (Alcatel, Lucent, Motorola, Siemens, Nortel)
- Huawei (中国) とEricsson (欧州) の影響力増大



ITUのпатент・ポリシー

1. The ITU Telecommunication Standardization Bureau (TSB),

..... (中略)

2. If a Recommendation / Deliverable is developed and such information as referred to in paragraph 1 has been disclosed, three different situations may arise:

2.1 The patent holder is willing to negotiate licences **free of charge** with other parties on a **non-discriminatory basis on reasonable terms and conditions**. Such negotiations are left to the parties concerned and are performed outside ITU-T/ITU-R/ISO/IEC.

2.2 The patent holder is **willing to negotiate licences** with other parties on a non-discriminatory basis on reasonable terms and conditions. Such negotiations are left to the parties concerned and are performed outside ITU-T/ITU-R/ISO/IEC.

2.3 The patent holder is **not willing to comply with the provisions of either paragraph 2.1 or paragraph 2.2; in such case, the Recommendation / Deliverable shall not include provisions** depending on the patent.

3. Whatever case applies (2.1, 2.2 or 2.3), the patent holder has to provide a written statement to be filed at ITU-TSB, ITU-BR or the offices of the CEOs of ISO or IEC, respectively, using the appropriate "**Patent Statement and Licensing Declaration**" form. This statement must not include additional provisions, conditions, or any other exclusion clauses in excess of what is provided for each case in the corresponding boxes of the form.

- ◆ 必須特許保持者 (Patent holder) は、
 - 【1号選択】 一切の権利主張せず、無条件で許諾 (無償であるケースを含む)
 - 【2号選択】 合理的な条件で非排他的かつ無差別に許諾
 - 【3号選択】 1号選択、2号選択のどちらも採用せず、許諾しないことを含む
- のいずれかを選択する。

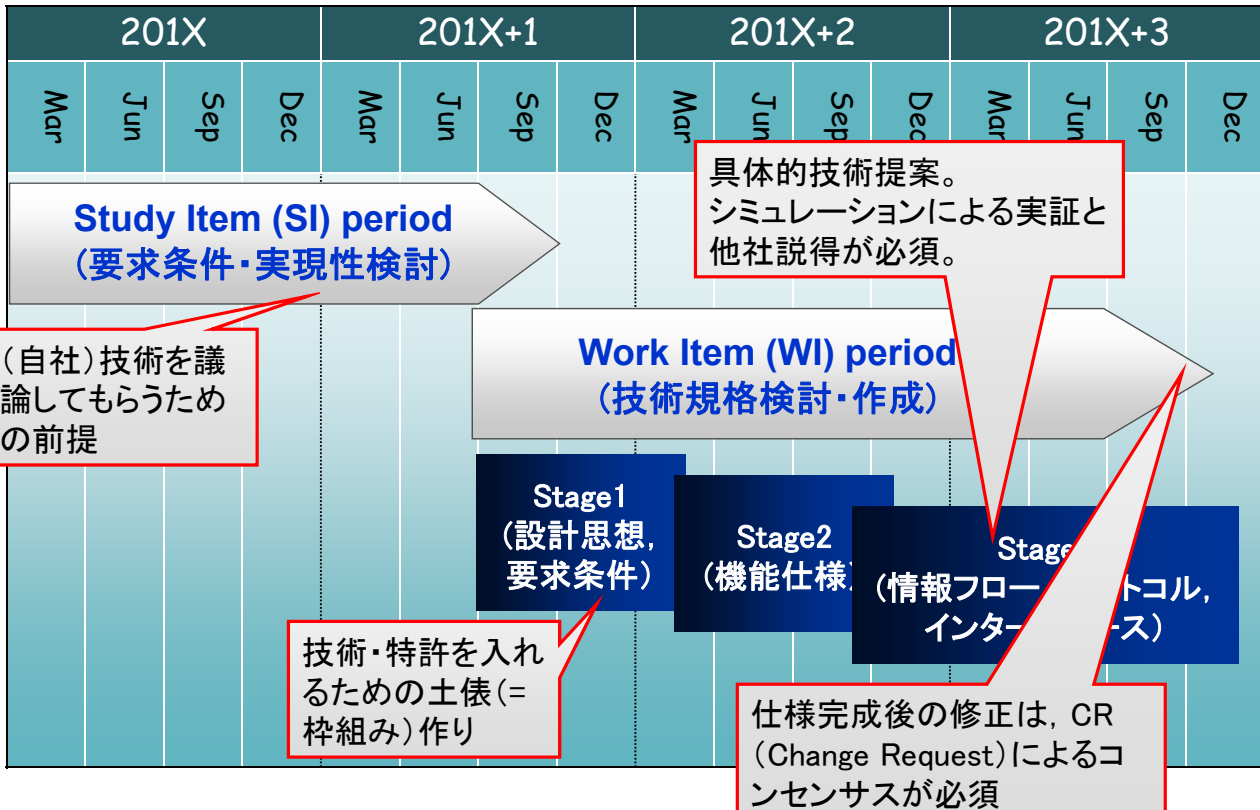
FRAND (Fair, Reasonable And Non-Discriminatory basis)



何を『公正で合理的』とするかは、当事者間の (bilateralな) 交渉に委ねられている。

国際標準化とは;

**自社の知的財産 (IPR) を
他社に使用させるための、
実効的な国際的枠組み**



会議の進め方

1. 本会議

- ▶ アジェンダは議論の土俵(= 枠組み)決め
- ▶ 前回議事録(= 決定事項)の確認
- ▶ 各社の寄書を短時間に議論 → 予習が不可欠
- ▶ 議論を尽くし, 議決はコンセンサスで
- ▶ 71%ルールがあるが, 多数決での決定は殆ど行わない

2. 非公式会議(Offline Discussion)

- ▶ 関心のある人(interested party)だけでAd hocに開く会合
- ▶ 議決権限は無いが, 各社は何を考えているかを知る絶好の機会
- ▶ 本会議に提案する前に各社で大枠をまとめておく
- ▶ 意見の異なる会社との妥協案も議論する
- ▶ 密な議論で知り合いも作れる

3. Coffee Break

- ▶ コーヒー片手に, 案外, 重要な議論がされる場
- ▶ 本音もある程度収集できる

■ 助動詞の使用法の定義

- *shall* → (Mandatory) 拘束力のある規定。満足することが必須。
- *should* → (Recommendation) 満足していなくても規格に準拠するが、あるのが望ましい仕様。
- *may, can* → (Optional) オプションとして具備している(よい)機能。
- *will, could, would* → これらの意思未来, 仮定法の助動詞は基本的に使用しない。

会議風景



会議風景



当時のTSG-RAN
議長・副議長・セクレタリ

技術的議論を装っているけれど……

but in my heart of hearts...



明確な意思表示

賛成のとき

- 黙っていても良い。
- なぜなら, *Silence implies consent.*

反対のとき

- 挙手して発言しなければならない。
- なぜなら, *Silence implies consent.*

- ・ 先ず、議長に感謝の意。
- ・ 次に、これから反対意見を言う相手に賛辞を言う。
- ・ その後で、・・・

■ 自社の立場を主張する

I
My company

am / is

have / has

■ 強く反対したいとき

Most of attendees
Our community
Majority

seem(s) to be

to have

反対する表向きの(技術的、政治的)理由を言わないと相手にされない。

+ **not in the position that ,**
a bit reluctant to accept the proposal that ,
not very happy to accept ,
some difficulties (problems) in accepting that... ,

+ **because**

1. 事前にできるだけ多くの寄書を読む

- ▶ 中身が解らなければ議論に入れない。
- ▶ 全部は読めないから、タイトルから内容を推測する。
- ▶ 相手が賛成なのか/反対なのか、新しい提案、全体の枠組みの変更か。

2. 得意分野をひとつ作る

- ▶ Communityから技術的信頼を得る早道。
- ▶ 会社を代表する立場であることを認識する。(妥協点を予め想定)

3. まず発言すること

- ▶ 英語の巧拙は二の次、真剣に話せば聞いてくれる。
- ▶ 自分の(会社の)立場を事前に明確に把握しておく。

4. 知らない人の輪に入っていく

- ▶ コーヒー片手に、“*Which company are you from?*”と言えば良い。
- ▶ 日本人だけで集まらない。

Officialになる意義

■ Official = 議長, 副議長, Secretary, Editor, Liaisonなど

1. 本音の情報

- ▶ 公的立場を持つOfficialだけが共有している情報にアクセス
- ▶ 寄書の背景, 各企業の非公式な意見

2. 裏の意図

- ▶ その仕様(or 数字)にしなければならない本当の理由
- ▶ 特定の提案に賛成(or 反対)する本当の理由

3. 信頼関係

- ▶ 基本はボランティア (苦労も多いが, 得るところも大きい)
- ▶ 他の組織へのLiaisonでCommunity全体から認知
- ▶ 次の選挙で立候補

4. 『貸し』を作る

- ▶ 『貸し』作ることで, Communityに味方を作る
- ▶ 味方も敵も*item-by-item* (=アイテム毎に入れ替わる)
- ▶ 会議のホスト

Workshop on *Future Radio*



Ljubljana, Slovenia, June 11 - 12, 2012

| Document No. | Document Title | Company |
|--------------|--|--------------------------------|
| RWS-120002 | Release 12 and beyond for C⁴ (Cost, Coverage, Coordination with small cells and Capacity) | NSN |
| RWS-120003 | Views on Rel-12 | Ericsson & ST-Ericsson |
| RWS-120004 | LTE evolving towards Local Area in Release 12 and beyond | Nokia Corporation |
| RWS-120005 | Views on Release 12 | Orange |
| RWS-120006 | Views on Rel-12 and onwards for LTE and UMTS | Huawei Technologies, HiSilicon |
| RWS-120007 | 3GPP RAN Rel-12 & Beyond | Qualcomm |
| RWS-120008 | New Solutions for New Mobile Broadband Scenarios | Telefonica |
| RWS-120009 | Telecom Italia requirements on 3GPP evolution | Telecom Italia |
| RWS-120010 | Requirements, Candidate Solutions & Technology Roadmap for LTE Rel-12 Onward | NTT DOCOMO, INC. |
| RWS-120011 | Where to improve Rel-12 and beyond: Promising technologies | NEC |
| RWS-120012 | Deutsche Telekom Requirements and Candidate Technologies | Deutsche Telekom |
| RWS-120013 | Release 12 Prioritization Concepts | Dish Networks |
| RWS-120014 | Towards LTE RAN Evolution | Alcatel-Lucent |
| RWS-120016 | Requirements and Technical Considerations for RAN Rel.12 & Onwards | Fujitsu Limited |
| RWS-120017 | Operator requirements on future RAN functionality | TeliaSonera |
| RWS-120018 | AT&T View of Release 12 in the North America Marketplace | AT&T |
| RWS-120019 | Major drivers, requirements and technology proposals for LTE Rel-12 Onward | Panasonic |
| RWS-120020 | Efficient spectrum resource usage for next-generation N/W | SK Telecom |
| RWS-120022 | LTE Rel-12 and Beyond | Renesas Mobile Europe |
| RWS-120023 | LTE Rel-12 and Beyond: Requirements and Technology Components | Intel |
| RWS-120024 | Considerations on further enhancement and evolution of UMTS/LTE network in R12 and onwards | China Unicom |
| RWS-120025 | Views on LTE R12 and Beyond | CATT |

Workshop on *Future Radio*



Ljubljana, Slovenia, June 11 - 12, 2012

| Document No. | Document Title | Company |
|--------------|--|-----------------------------|
| RWS-120026 | A proposal for potential technologies for Release 12 and onwards | ETRI |
| RWS-120028 | India market Requirements for Rel. 12 and beyond | CEWIT |
| RWS-120029 | Views on LTE Rel-12 & Beyond | CMCC |
| RWS-120030 | LTE addressing the needs of the Public Safety Community | IPWireless |
| RWS-120031 | Vodafone view on 3GPP RAN Release 12 and beyond | Vodafone |
| RWS-120032 | An Operator's View of Release 12 and Beyond | Sprint |
| RWS-120033 | Public Safety Requirements for Long Term Evolution REL-12 | U.S. Department of Commerce |
| RWS-120034 | Views on 3GPP Rel-12 and Beyond | ZTE |
| RWS-120035 | Considerations for LTE Rel-12 and beyond | Motorola Mobility |
| RWS-120037 | Views on REL-12 and Onwards | China Telecom |
| RWS-120039 | Evolving RAN Towards Rel-12 and Beyond | SHARP |
| RWS-120040 | Views on enhancement of system capacity and energy efficiency toward Release12 and onward | Hitachi |
| RWS-120041 | Beyond LTE-A: MediaTek's view on R12 | MediaTek |
| RWS-120042 | Potential Technologies and Road Map for LTE Release 12 and Beyond | ITRI, HTC |
| RWS-120046 | Technologies for Rel-12 and onwards | Samsung Electronics |
| RWS-120047 | KDDI's Views on LTE Release 12 onwards | KDDI |
| RWS-120048 | A view on Rel-12 and onwards from an operator's viewpoint | Softbank Mobile |
| RWS-120049 | UE AAS (Active Antenna System) | Magnolia Broadband |
| RWS-120050 | LG's view on evolution of LTE in Release 12 and beyond | LG Electronics |
| RWS-120051 | New concept to maximize the benefit of interference rejection at the UE receiver: interference suppression subframes (ISS) | Broadcom |

http://www.3gpp.org/ftp/workshop/2012-06-11_12_RAN_REL12/Docs/RWS-120016.zip

3GPP 会合開催地



| | | |
|-------------|-----------------------|----------|
| 1998 | | |
| 3GPP RAN#1 | Sophia Antipolis | France |
| 1999 | | |
| 3GPP RAN#2 | Fort Lauderdale | US |
| 3GPP RAN#3 | Yokohama | Japan |
| 3GPP RAN#4 | Miami | US |
| 3GPP RAN#5 | Kyongju | Korea |
| 3GPP RAN#6 | Nice | France |
| 2000 | | |
| 3GPP RAN#7 | Madrid | Spain |
| 3GPP RAN#8 | Dusseldorf | Germany |
| 3GPP RAN#9 | Hawaii | US |
| 3GPP RAN#10 | Bangkok | Thailand |
| 2001 | | |
| 3GPP RAN#11 | Palm Springs | US |
| 3GPP RAN#12 | Stockholm | SE |
| 3GPP RAN#13 | Beijing | China |
| 3GPP RAN#14 | Kyoto | Japan |
| 2002 | | |
| 3GPP RAN#15 | Jeju Island | Korea |
| 3GPP RAN#16 | Marco Island, Florida | US |
| 3GPP RAN#17 | Biarritz | France |
| 3GPP RAN#18 | New Orleans | US |
| 2003 | | |
| 3GPP RAN#19 | Birmingham | UK |
| 3GPP RAN#20 | Hämeenlinna | Finland |
| 3GPP RAN#21 | Frankfurt | Germany |
| 3GPP RAN#22 | Hawaii | US |
| 2004 | | |
| 3GPP RAN#23 | Phoenix | US |
| 3GPP RAN#24 | Seoul | Korea |
| 3GPP RAN#25 | Palm Springs | US |
| 3GPP RAN#26 | Athens | Greece |
| 2005 | | |
| 3GPP RAN#27 | Tokyo | Japan |

| | | |
|-------------|-----------------|-----------|
| 2006 | | |
| 3GPP RAN#31 | Sanya (hainan) | China |
| 3GPP RAN#32 | Warsaw | Poland |
| 3GPP RAN#33 | Palm Springs | US |
| 3GPP RAN#34 | Budapest | Hungary |
| 2007 | | |
| 3GPP RAN#35 | Lemesos | Cyprus |
| 3GPP RAN#36 | Busan | Korea |
| 3GPP RAN#37 | Riga | Latvia |
| 3GPP RAN#38 | Cancun | Mexico |
| 2008 | | |
| 3GPP RAN#39 | Puerto Vallarta | Mexico |
| 3GPP RAN#40 | Prague | Czech |
| 3GPP RAN#41 | Kobe | Japan |
| 3GPP RAN#42 | Athens | Greece |
| 2009 | | |
| 3GPP RAN#43 | Biarritz | France |
| 3GPP RAN#44 | Oranjestad | Aruba |
| 3GPP RAN#45 | Seville | Spain |
| 3GPP RAN#46 | Sanya | China |
| 2010 | | |
| 3GPP RAN#47 | Vienna | Austria |
| 3GPP RAN#48 | Seoul | Korea |
| 3GPP RAN#49 | San Antonio | US |
| 3GPP RAN#50 | Istanbul | Turkey |
| 2011 | | |
| 3GPP RAN#51 | Kansas City | US |
| 3GPP RAN#52 | Bratislava SK | Slovakia |
| 3GPP RAN#53 | Fukuoka JP | Japan |
| 3GPP RAN#54 | Berlin DE | Germany |
| 2012 | | |
| 3GPP RAN#55 | Xiamen CN | China |
| 3GPP RAN#56 | Ljubljana SI | Slovenija |
| 3GPP RAN#57 | Chicago | US |
| 3GPP RAN#58 | Barcelona ES | Spain |

■ 3GPP設立後、約15年間に60回の会合を開催

■ Globalに認知された、大きな意思決定集団に成長

ワイヤレスの未来

ネットワーク業界(国内)の傾向

- 情報流通量は10年で急増
 - 選択可能情報量は530倍
 - 消費情報量は20倍(平均年率35%)
 - 一人一日換算で92.2MByte/人・日

出典：総務省平成20年「情報通信白書」

| (国内) | 1996年(bit) | 2006年(bit) | 96-06成長(年率) |
|---------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| 原発信情報量 | 8.14×10^{17} | 3.02×10^{19} | 37倍 (+43.5%) |
| 発信情報量 | 9.94×10^{17} | 3.04×10^{19} | 31倍 (+40.8%) |
| 選択可能情報量 | 2.30×10^{19} | 1.22×10^{22} | 530倍(+87.8%) |
| 消費可能情報量 | 4.53×10^{18} | 9.01×10^{19} | 20倍 (+34.8%) |
| 消費情報量 | 1.51×10^{18} | 3.21×10^{19} | 21倍 (+35.7%) |

原発信情報量： 各メディアを通じて流通した情報量のうち、当該メディアとしての複製や繰り返しを除いたオリジナルな部分の情報の総量

発信情報量： 各メディアの情報発信者が、1年間に送り出した情報の総量。複製を行って発信した場合及び同一の情報を繰り返し発信した場合も含む

選択可能情報量： 各メディアの情報受信点において、1年間に情報消費者が選択可能な形で提供された情報の総量

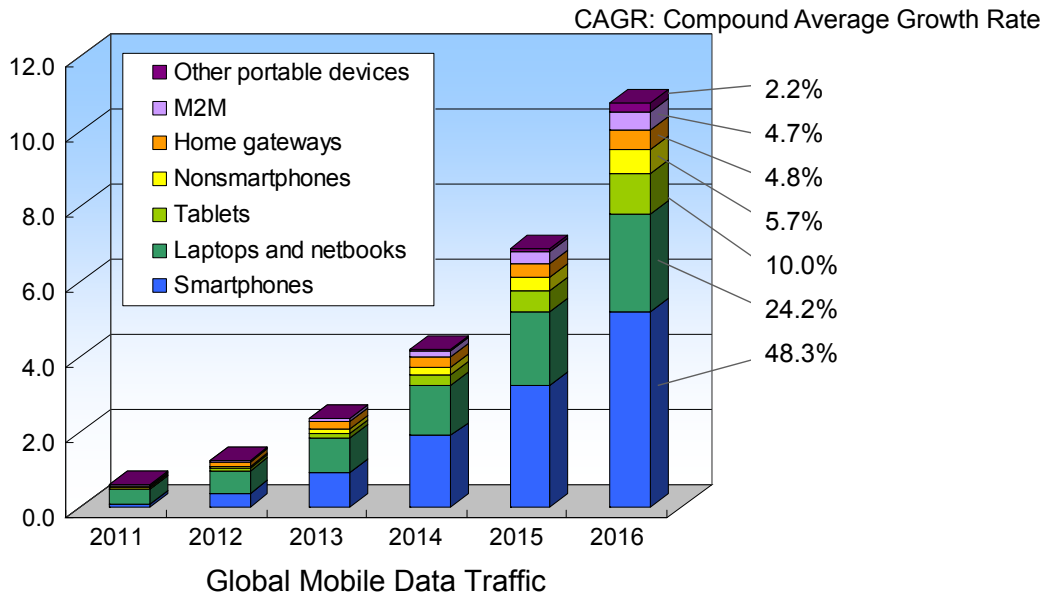
消費可能情報量： 各メディアの情報受信点において、1年間に情報消費者が選択可能な形で提供されたもののうち、メディアとして消費が可能な情報の総量

消費情報量： 各メディアを通じて、1年間に情報の消費者が実際に受け取り、消費した情報の総量

モバイル・データ・トラフィックの将来予想

■ 情報流通量は10年で爆発的に増加

- モバイルトラフィックのCAGR(平均年率)は90%以上
- 10年後には現在の600倍

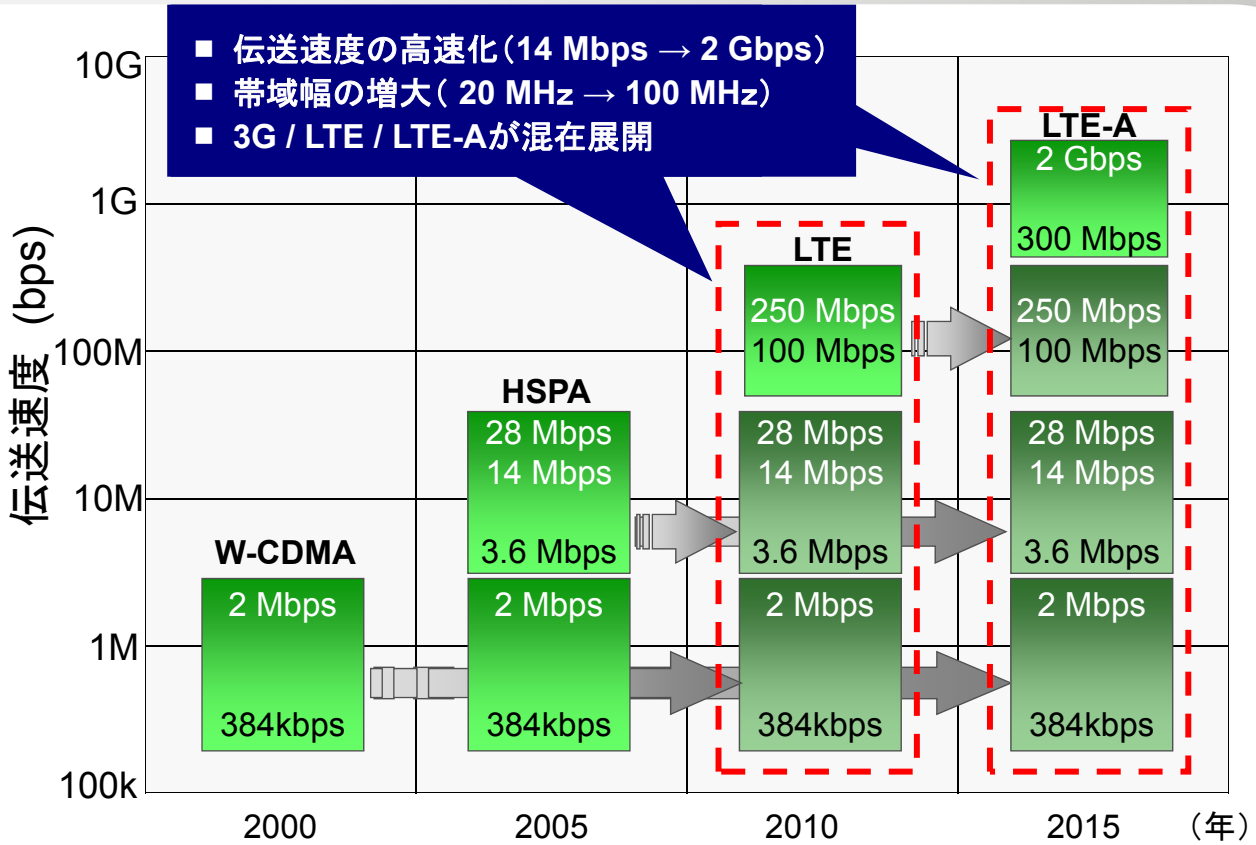


Source: Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2011–2016

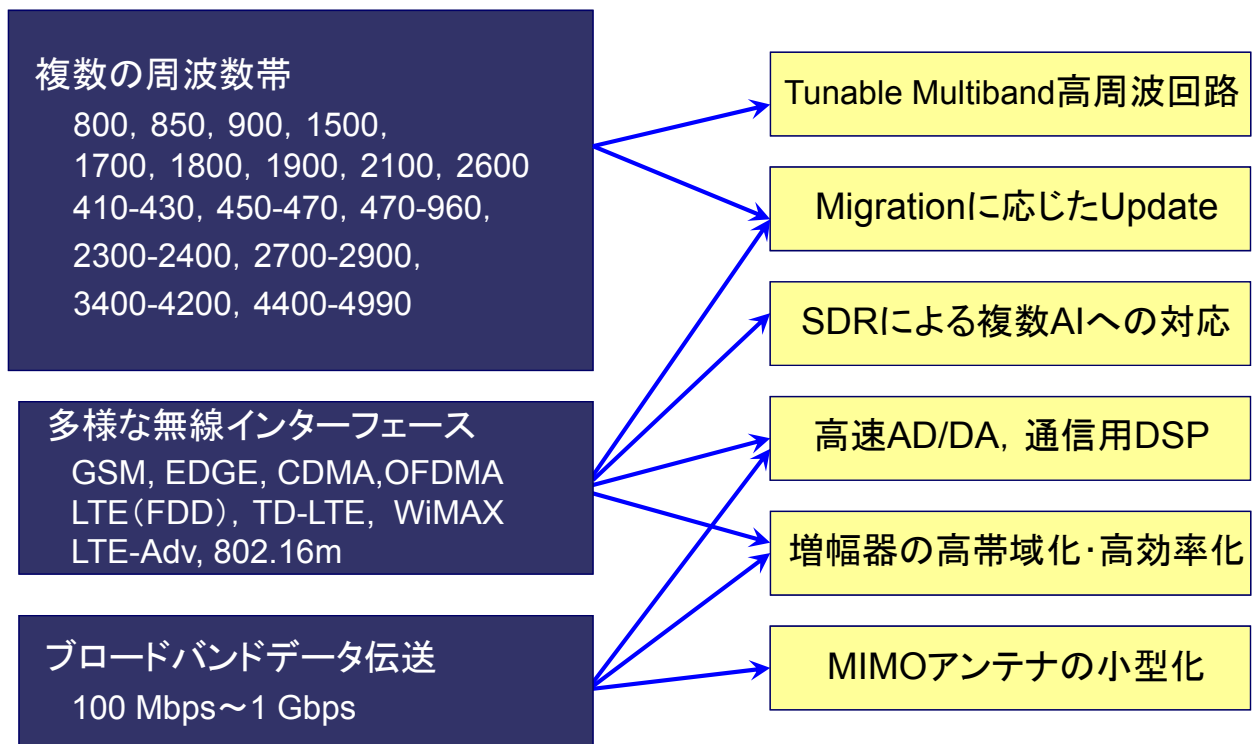
3G/HSPA+/LTE/LTE-Adv.の仕様比較

| | | W-CDMA | HSPA | HSPA+ | LTE | LTE-Advanced |
|---------------|----|---|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|
| ワイヤレス アクセス | DL | CDMA | CDMA | CDMA | OFDMA | OFDMA |
| | UL | CDMA | CDMA | CDMA | SC-FDMA | DFT-precoded OFDM |
| 帯域幅 | | 5 MHz | 5 MHz | 5 MHz | 1.4~20 MHz | ~ 100 MHz |
| 変調方式 | | HPSK, QPSK | HPSK QPSK 16QAM | HPSK, QPSK 16QAM, 64QAM | QPSK 16QAM 64QAM | QPSK 16QAM 64QAM |
| 最大データ 速度 | DL | 384 kbps | 14.4 Mbps | 28.8 Mbps 21/42/84 Mbps | 300 Mbps (4x4) 150 Mbps (2x2) | 1 Gbps |
| | UL | 64 kbps | 5.7 Mbps | 11.5 Mbps | 50-75 Mbps | 500 Mbps |
| 周波数帯 | | 800MHz, 850MHz, 900MHz, 1.5GHz, 1.7GHz, 1.8GHz, 1.9GHz, 2.1GHz, 2.6GHz | | | | 698-960, 1427-1500 1710-2025, 2110-2200 2500-2690, 3400-3600, |
| 商用時期 | | 2000 | 2006-08 | 2009 | 2011 | 2015以降 |

モバイル伝送速度の増大



LTE-Advanced実現上の技術的課題



SDR: Software Defined Radio
 AI: Air Interface
 DSP: Digital Signal Processor

- あらゆるモノがネットにつながり、人々の暮らしに豊かさを運ぶ
 - ……今年、光ファイバ並みの速度を持つ携帯電話網が登場する。様々な通信機器が組み込まれると、モノ同士が交信し、これまでになかったことで人々の暮らしを豊かにする……
- 「必要」は全部携帯
 - ……今年、高速無線通信が本格化するなど、よりパソコンに近付きつつある。携帯向けコンテンツも、位置情報を活用したサービスやゲームソフトの配信……
- 深く・広く・速く「クラウド」浸透
 - ネットワーク経由でソフトウェアや情報サービスを利用する「クラウドコンピューティング」の波が広がっている……
- 企業を変える集約・共用・移管
 - 情報管理は全部ネット
- 温暖化対策で変幻自在の働き
 - ……省エネの動きが加速している。それを支えるのがIT（情報技術）だ。電力の効率的な運用や家庭での消費電力の「見える化」など……スマートグリッド……

LTE-Adv. M2M

モバイル・クラウド

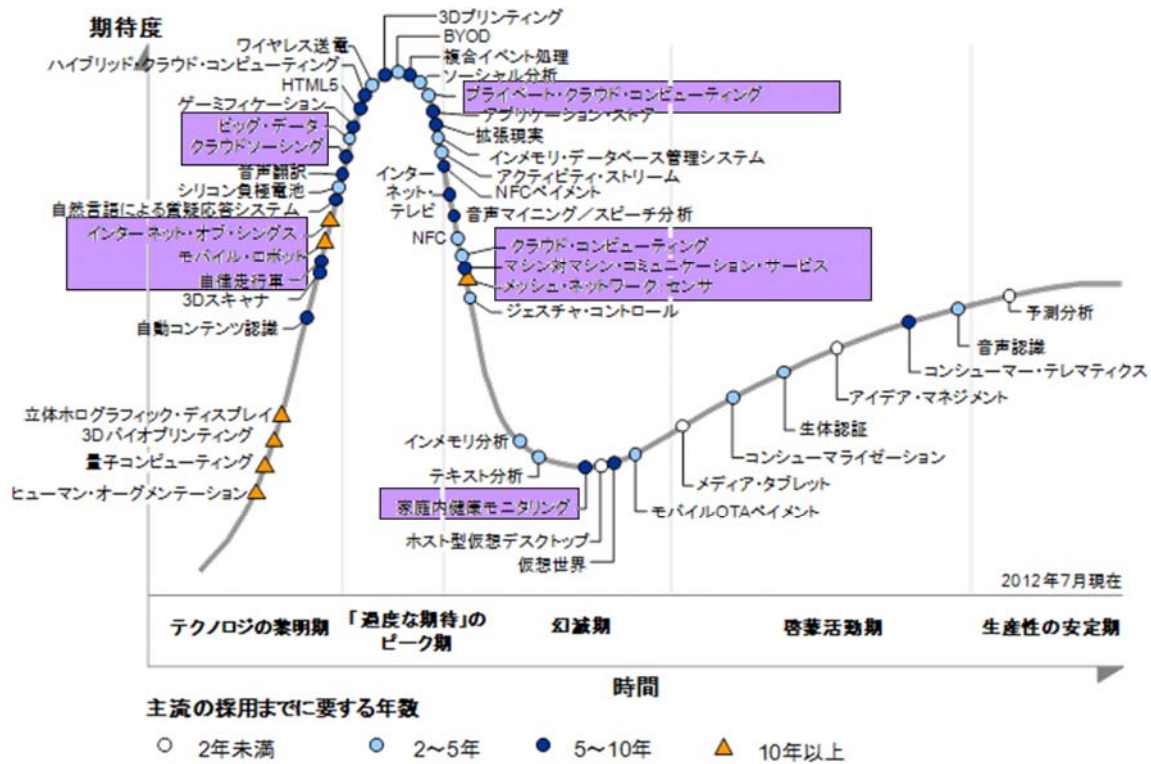
スマート・グリッド

出展：日本経済新聞 2010年元旦

携帯するもの

| | 古代 | 中世 | 近代 | 現代 | 将来 |
|--------|-------------------------|----|------------|--------------------------------|---|
| 生活必需品 | 財産(貨幣) 乾燥食品、水筒 | | 照明(提灯、ランプ) | クレジットカード 懐中電灯 | |
| 情報源 | 測量機器(方位磁石、日時計) 地図、書物 | | | 腕時計 文庫本、新聞、雑誌 ラジオ、テレビ、PC | |
| 記録機能 | 文房具(矢立、ペン) | | | カメラ、ビデオ、ICレコーダ | |
| 業務 | | | | データベース、カタログ 顧客情報、翻訳 決済機能 | |
| 娯楽 | | | | 音楽ファイル、ゲーム 映画、録画番組、放送 | |
| プライベート | | | | | ID、健康管理、 移動履歴、嗜好、 家族、友達 感性、直感、意図 |

プライバシーを外部化し、デジタル化し、携帯化する。



出典: 米国ガートナー(2012年7月)

次世代ネットワークの役割

■ 多様なトラフィックを効率的に收容

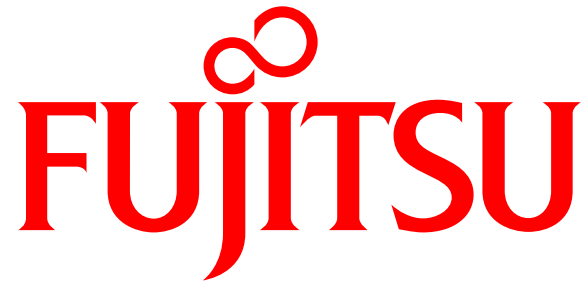
- 帯域: ハイビジョン映像, ビッグデータ, センサ情報
- QoS: 通信容量, レイテンシー, セキュリティ
- 情報の発生現場

■ 知識化

- ネットワークの利用経験(場所・メディア・目的など)の価値
- 大量のモバイルデータから抽出される付加価値とサービス

■ 知識協業を支える基盤

- ビッグデータとモバイルクラウド
- きめ細かな新しいサービス開発
- 異なる産業や分野間の連携



shaping tomorrow with you