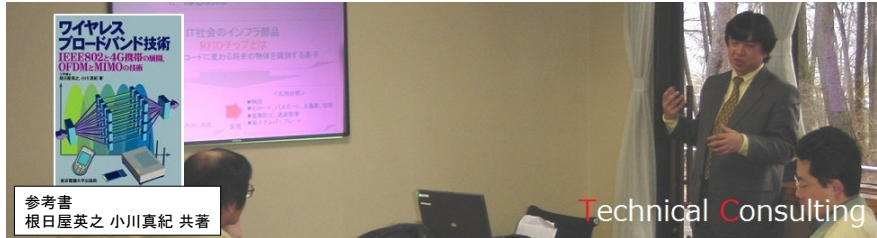


第13回 高度化する情報通信 … 通信方式と多元接続技術について

TDU



講義資料は
<http://amplet.tokyo/tdu>
からダウンロードできます。

初版：2017年3月19日

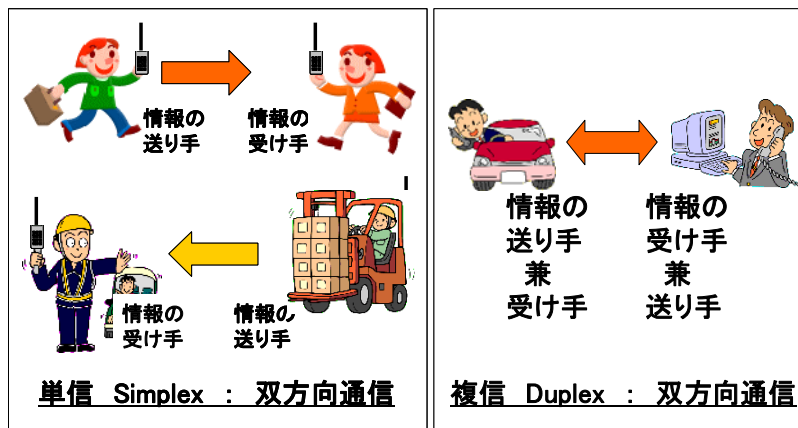
ユビキタス無線工学
担当：根日屋 英之

2016年7月6日

1

単信と複信

TDU

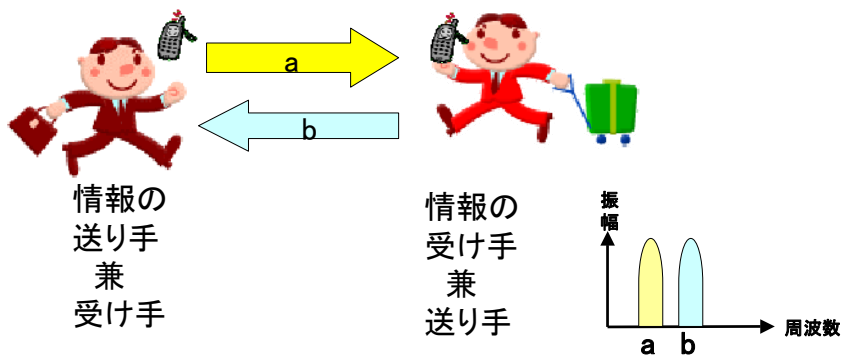


2016年7月6日

2

周波数分割複信 (FDD)

TDU

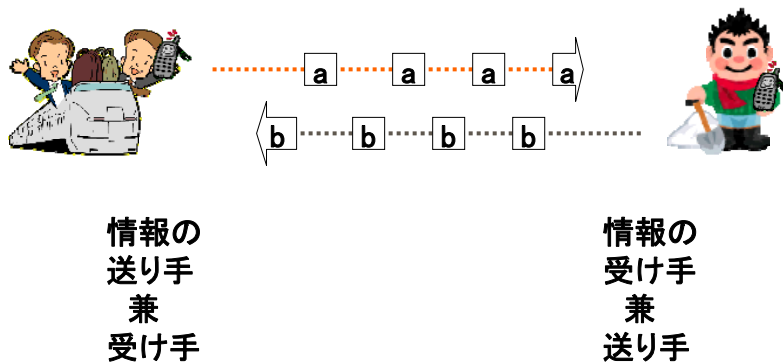


2016年7月6日

3

時分割複信 (TDD)

TDU



2016年7月6日

4

多元接続方式

TDU

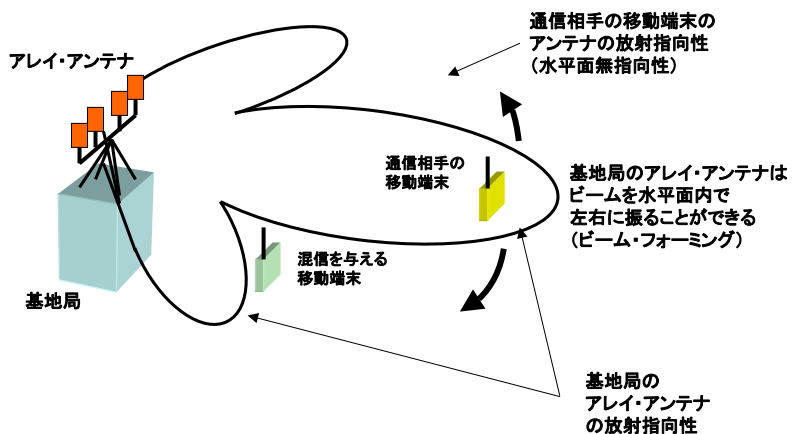
空間分割多元接続方式	SDMA (Space Division Multiple Access)
周波数分割多元接続方式	FDMA (Frequency Division Multiple Access)
時間分割多元接続方式	TDMA (Time Division Multiple Access)
符号分割多元接続方式	CDMA (Code Division Multiple Access)
偏波面分割多元接続方式	PDMA (Polarization Division Multiple Access)

2016年7月6日

5

空間分割多元接続(SDMA)方式

TDU

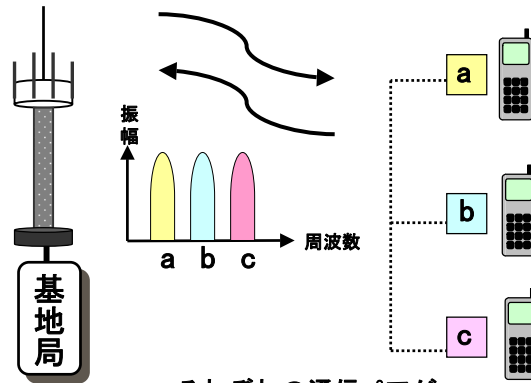


2016年7月6日

6

周波数分割多元接続(FDMA)方式

TDU



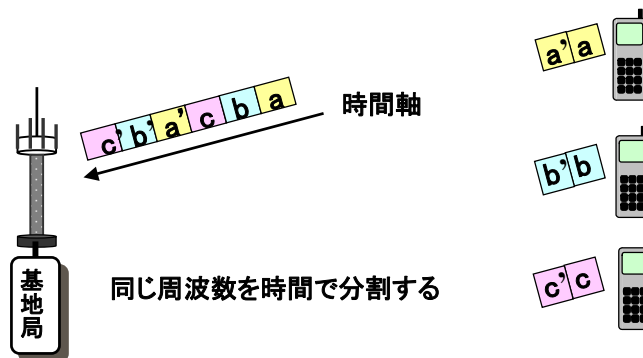
それぞれの通信ペアが異なる周波数を使用する

2016年7月6日

7

時分割多元接続(TDMA)方式

TDU



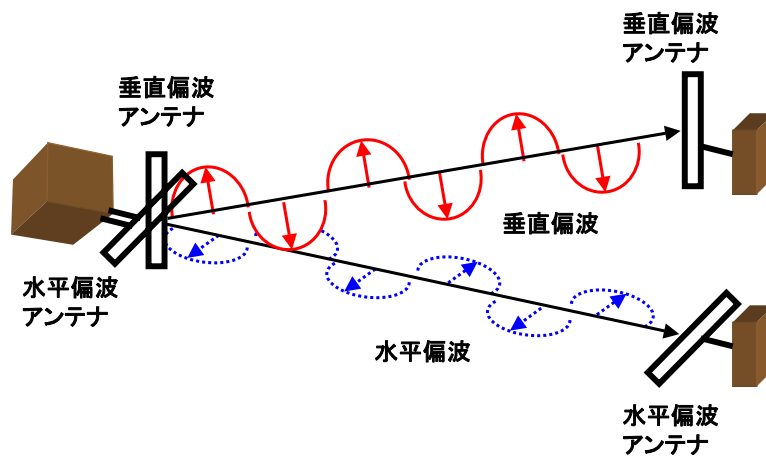
同じ周波数を時間で分割する

2016年7月6日

8

偏波面分割多元接続(PDMA)方式

TDU

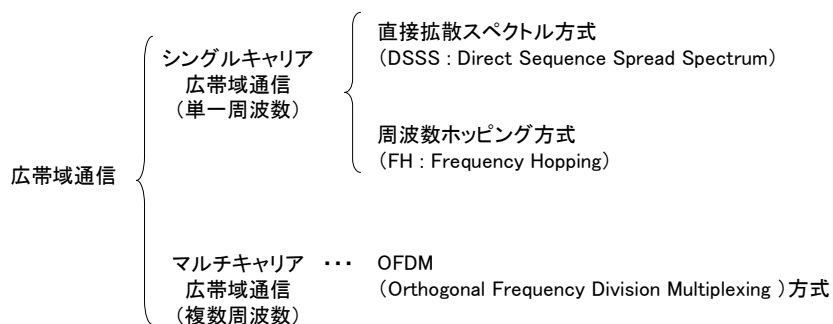


2016年7月6日

9

広帯域通信の分類

TDU



2016年7月6日

10

シングルキャリア広帯域通信 (単一周波数)

直接拡散スペクトル方式
(DSSS : Direct Sequence Spread Spectrum)

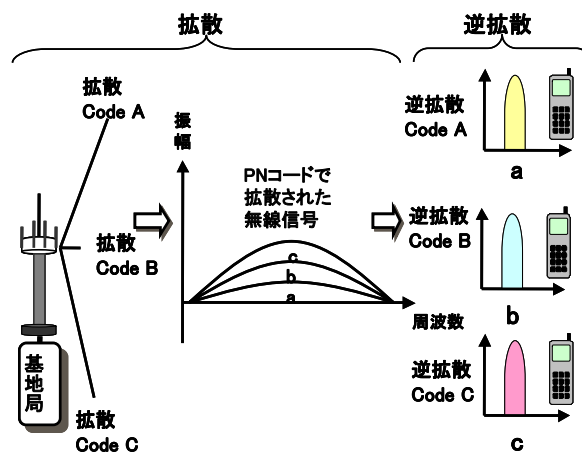
周波数ホッピング方式
(FH : Frequency Hopping)

2016年7月6日

11

直接拡散方式の符号分割多元接続(CDMA)方式

TDU

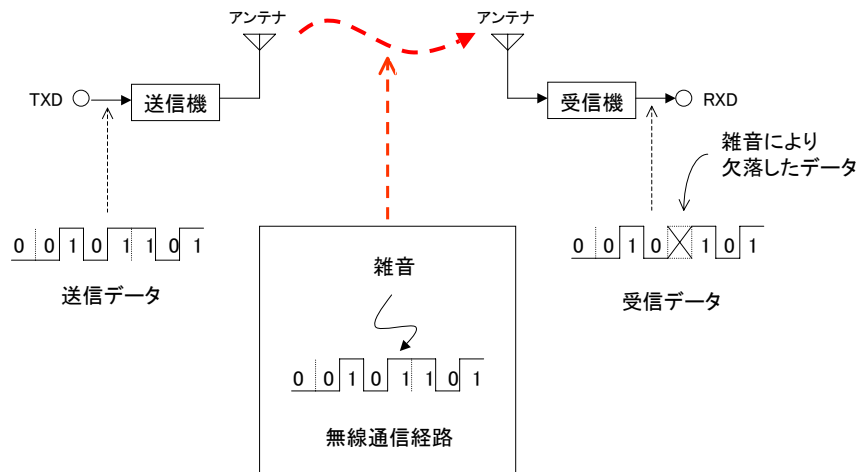


2016年7月6日

12

狭帯域無線通信の概要

TDU



2016年7月6日

13

スペクトル拡散通信

2016年7月6日

14

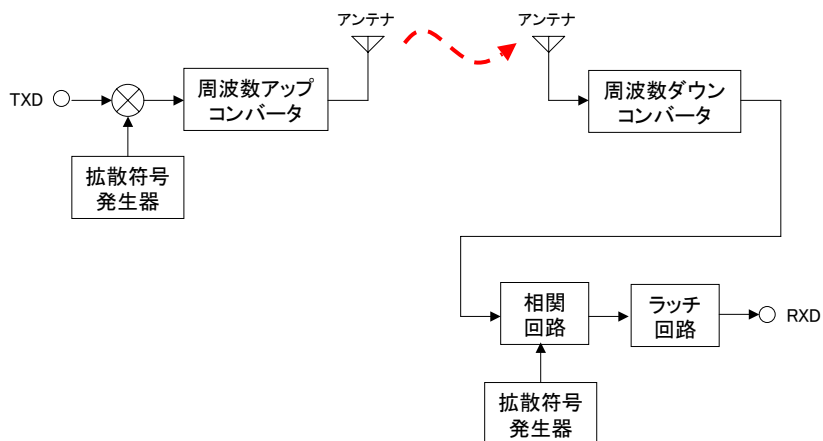
スペクトル拡散(直接拡散方式)の概要

2016年7月6日

15

スペクトル拡散(直接拡散方式)の概要

TDU

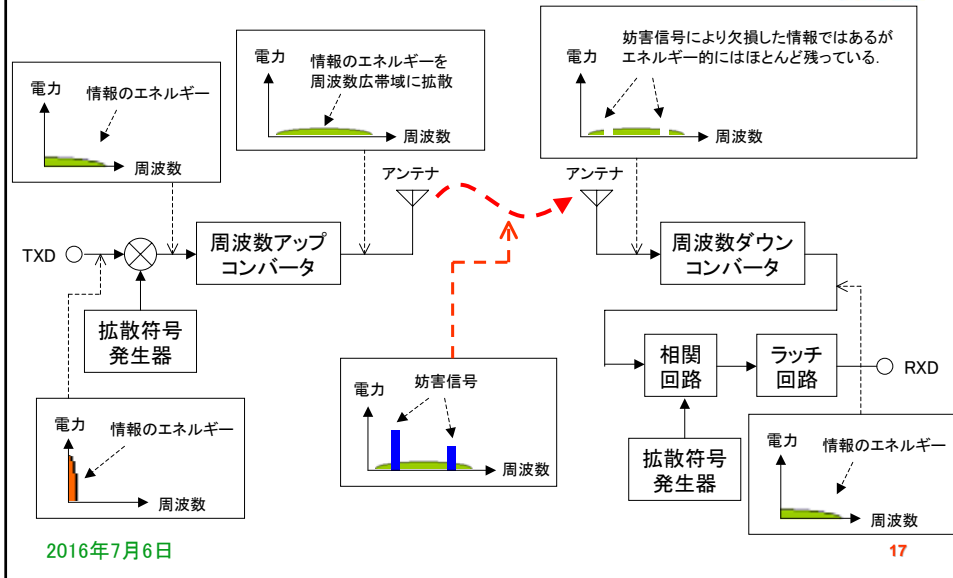


2016年7月6日

16

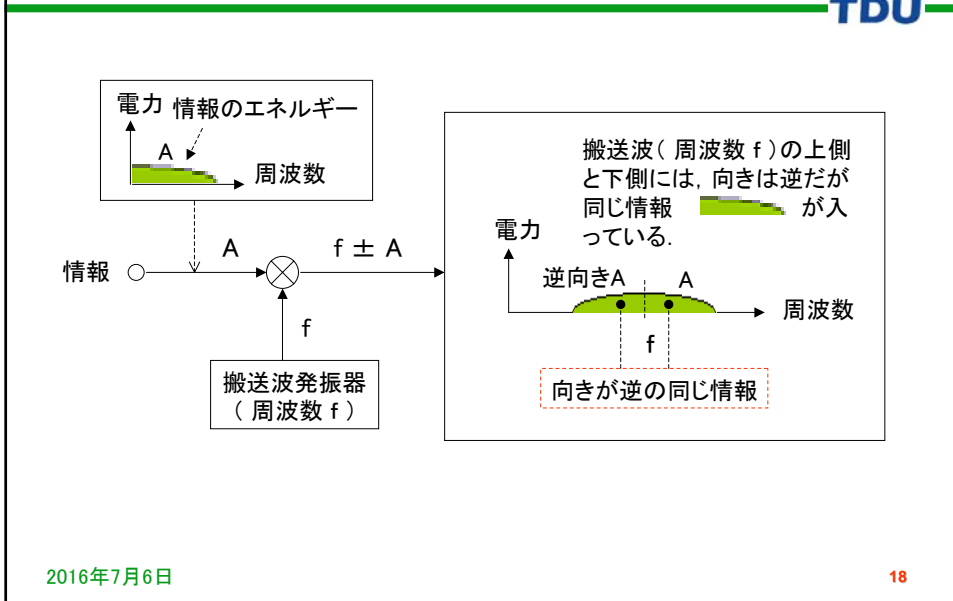
スペクトル拡散(直接拡散方式)の概要

TDU



周波数アップコンバータ

TDU



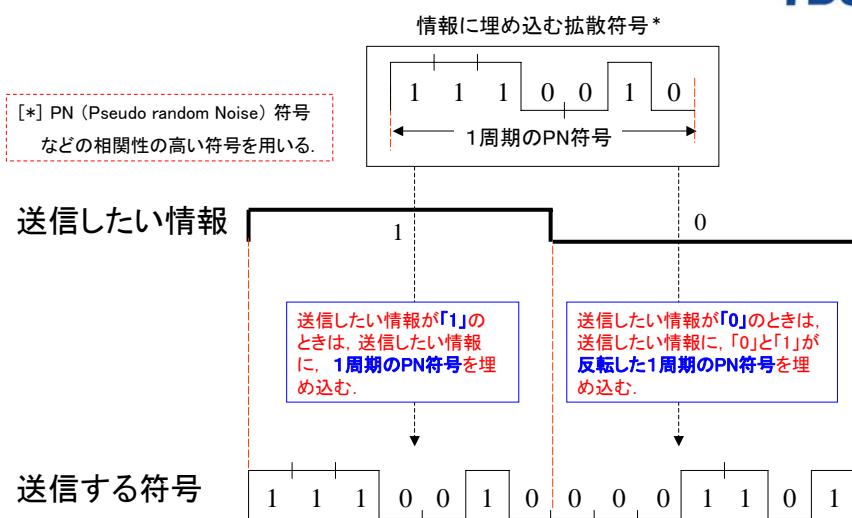
スペクトル拡散 … 送信側の動作

2016年7月6日

19

スペクトル拡散 … 送信側の動作

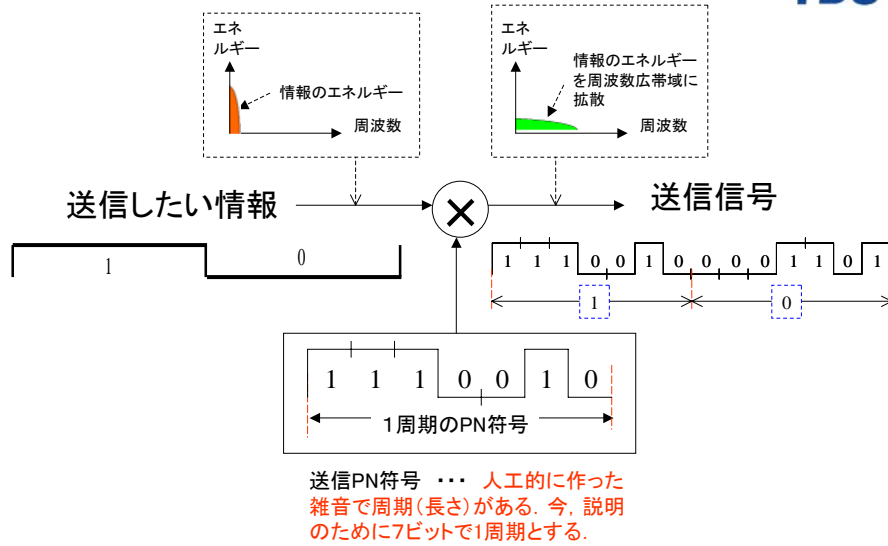
TDU



2016年7月6日

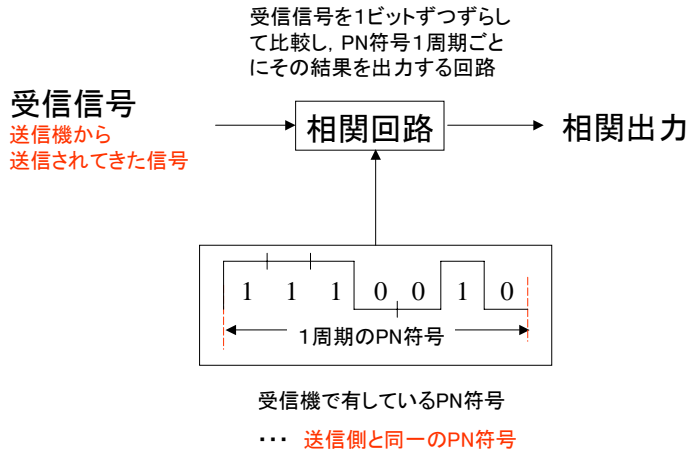
20

スペクトル拡散 ... 送信側の動作

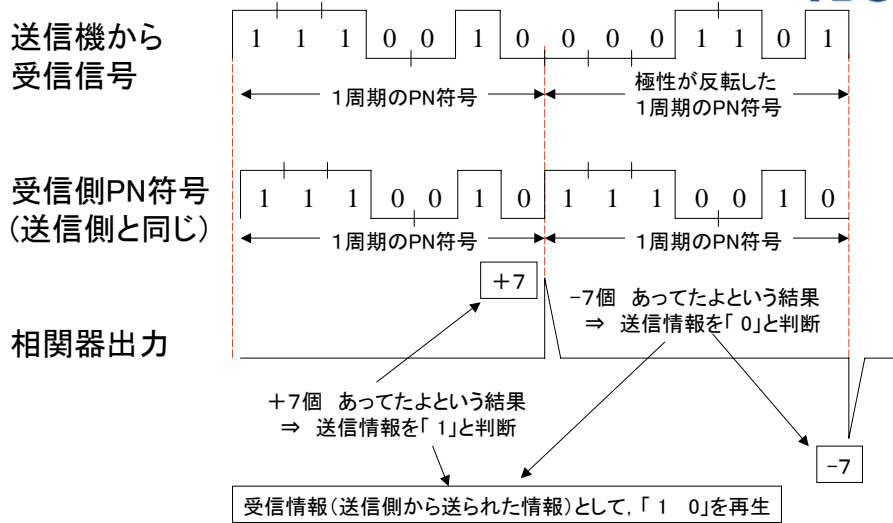


スペクトル拡散 ... 受信側の動作

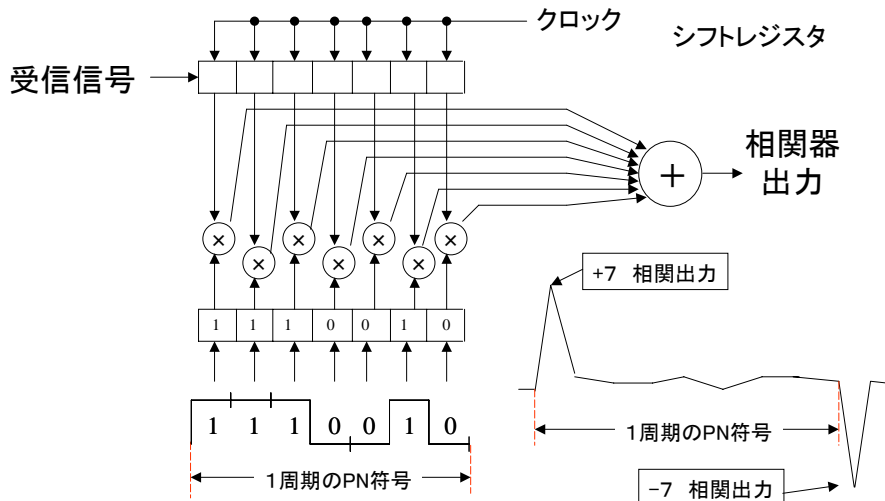
スペクトル拡散 …… 受信側の動作



スペクトル拡散 …… 受信側の動作



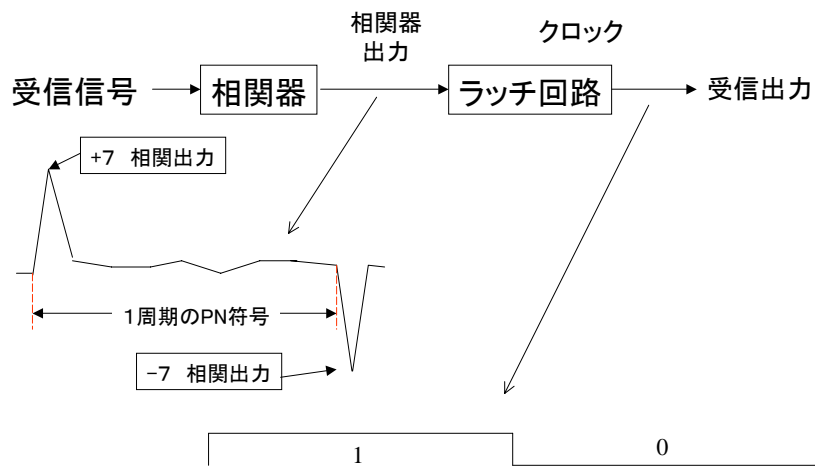
スペクトル拡散 …… 受信側の動作



2016年7月6日

25

スペクトル拡散 …… 受信側の動作

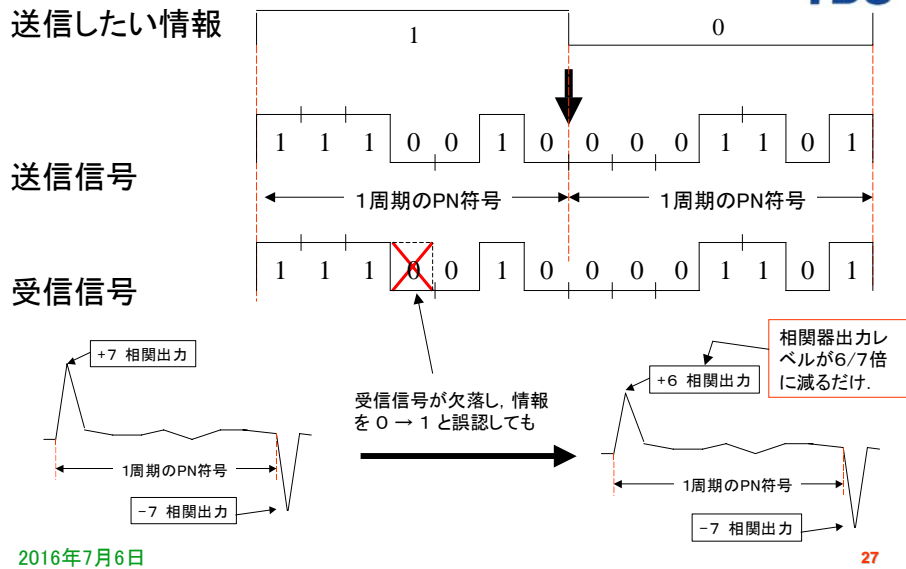


2016年7月6日

26

スペクトル拡散 …… 受信側の動作

TDU

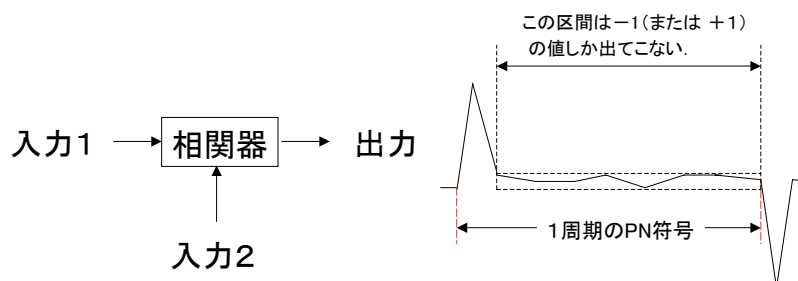


PN符号は相関性の高い符号

TDU

PN符号の特徴 (PN符号を使う理由)

- ① nビット長の同じPN符号を相関器に入力すると、nビット1回(1ビット長)だけ大きな相関出力値が出てくるが、それ以外の期間は+1または-1の値しか出てこない。
- ② 異なるPN符号を相関器に入力すると、相関器の出力は+1または-1の値しか出てこない。



2016年7月6日

28

今回用いたPN符号で検証すると

TDU

「1110010」の自己相関

→ 1ビットずつ右に巡回シフトすると、シフトの回数が 7, 14, 21, ..., $7n$ 目のみに大きな相関が現れ、これ以外では相関が低い。

PN符号 1110010				
ビット列	シフト量	合致数	相異数	差
1110010	$\delta=0$	7	0	7
0111001	$\delta=1$	3	4	-1
1011100	$\delta=2$	3	4	-1
0101110	$\delta=3$	3	4	-1
0010111	$\delta=4$	3	4	-1
1001011	$\delta=5$	3	4	-1
1100101	$\delta=6$	3	4	-1

「1111000」の自己相関

→ 1ビットずつ右に巡回シフトすると、「1110010」と異なり、明確な相関出力が得られない。

PN符号 1111000				
ビット列	シフト量	合致数	相異数	差
1111000	$\delta=0$	7	0	7
0111100	$\delta=1$	5	2	3
0011110	$\delta=2$	3	4	-1
0001111	$\delta=3$	1	6	-5
1000111	$\delta=4$	1	6	-5
1100011	$\delta=5$	3	4	-1
1110001	$\delta=6$	5	2	3

2016年7月6日

29

シングルキャリア広帯域通信 (単一周波数)

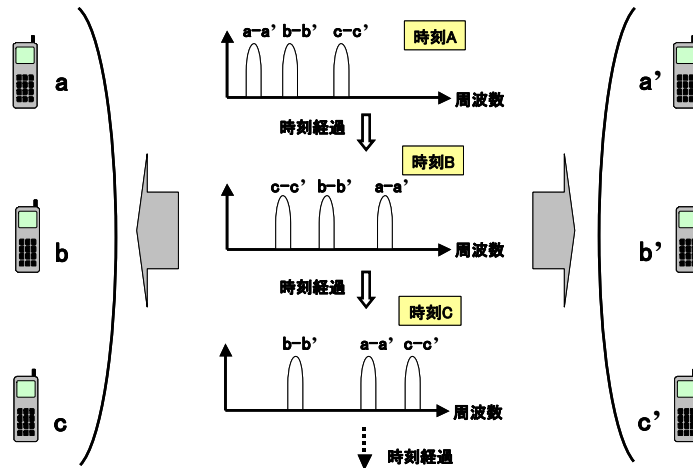
- 直接拡散スペクトル方式
(DSSS : Direct Sequence Spread Spectrum)
- 周波数ホッピング方式
(FH : Frequency Hopping)

2016年7月6日

30

周波数ホッピング(FH)方式の概要

TDU

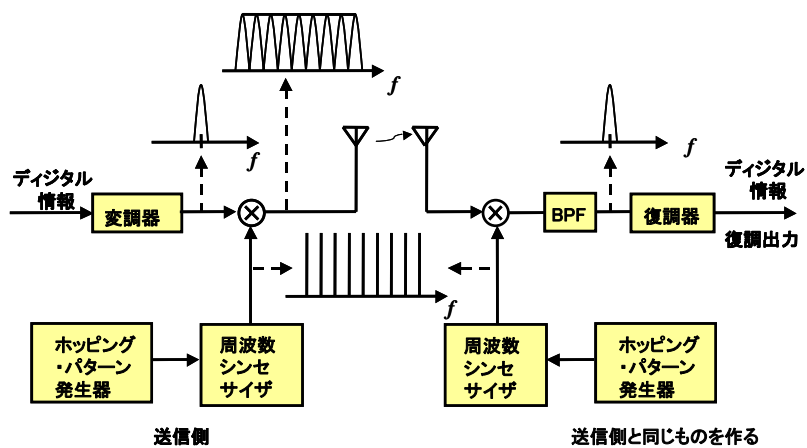


2016年7月6日

31

周波数ホッピング(FH)方式の概要

TDU

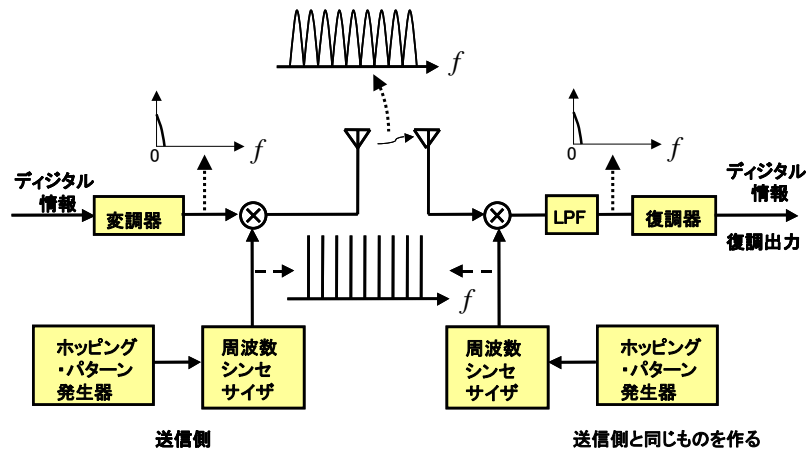


2016年7月6日

32

周波数ホッピング(FH)方式の概要

TDU



2016年7月6日

33

マルチキャリア広帯域通信 (複数周波数)

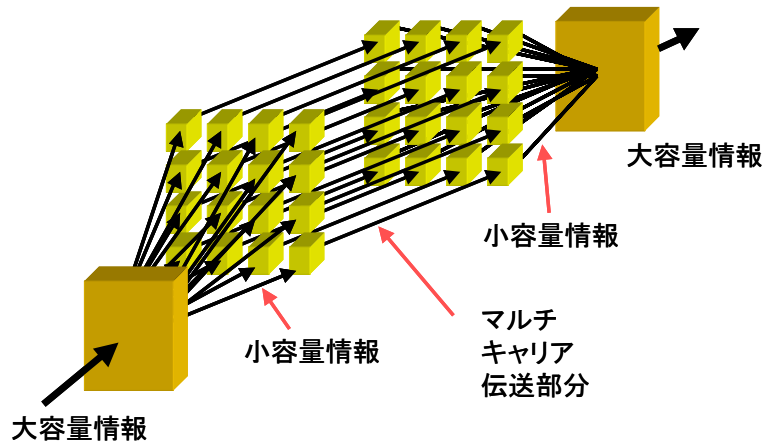
OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 方式

2016年7月6日

34

OFDM方式の概要

TDU

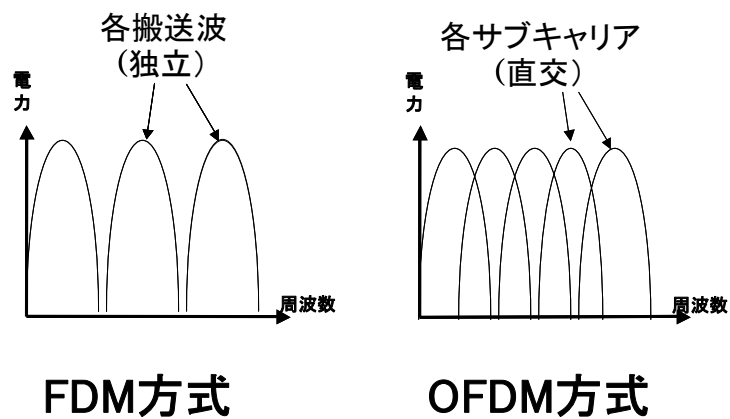


2016年7月6日

35

OFDM方式の概要

TDU

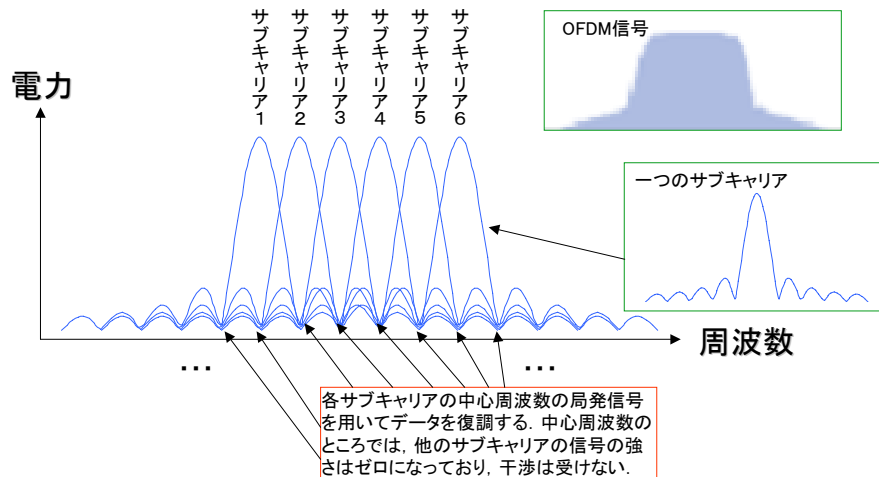


2016年7月6日

36

OFDMで送受信する信号の波形

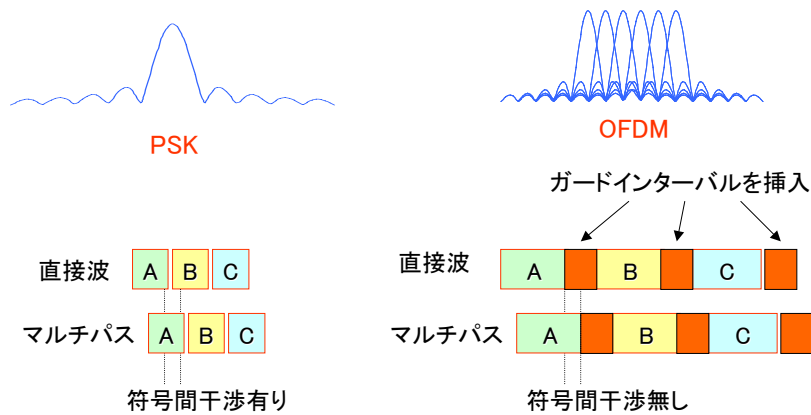
OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing



2016年7月6日

37

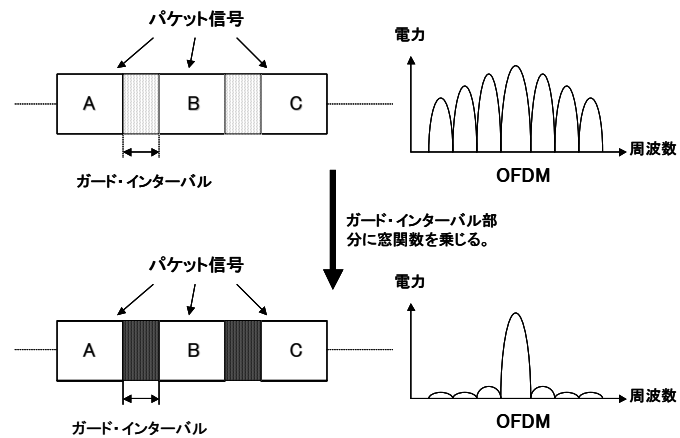
OFDMで送受信する信号の波形



2016年7月6日

38

隣接スプリアス対策



2016年7月6日

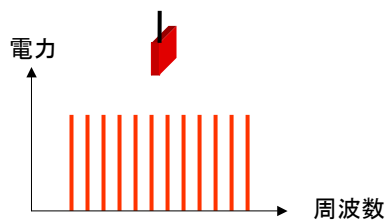
39

OFDM と OFDMA

OFDM (直交周波数分割多重)

Orthogonal Frequency Division Multiplex

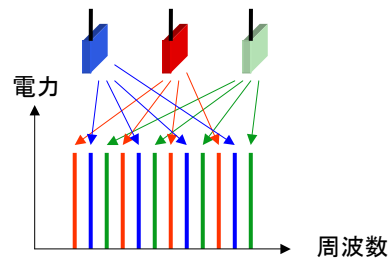
- ・ 1台の移動端末が全てのサブキャリアを使う.
- ・ 同時に通信できる移動端末は1台



OFDMA (直交周波数分割多元接続)

Orthogonal Frequency Division Multiple Access

- ・ 複数の移動端末がサブキャリアを分け合う.
- ・ 同時に複数の移動端末が通信可能 (1:n)



2016年7月6日

40

高速化を実現する技術の総括

TDU



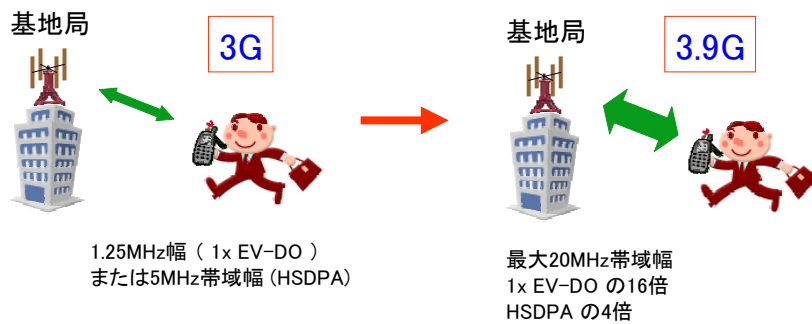
2016年7月6日

41

高速化を実現する技術の総括 (その1)

TDU

占有帯域周波数の広帯域化



2016年7月6日

42

高速化を実現する技術の総括（その2）

TDU

MIMOによる多重化



MIMO : Multiple Input Multiple Output

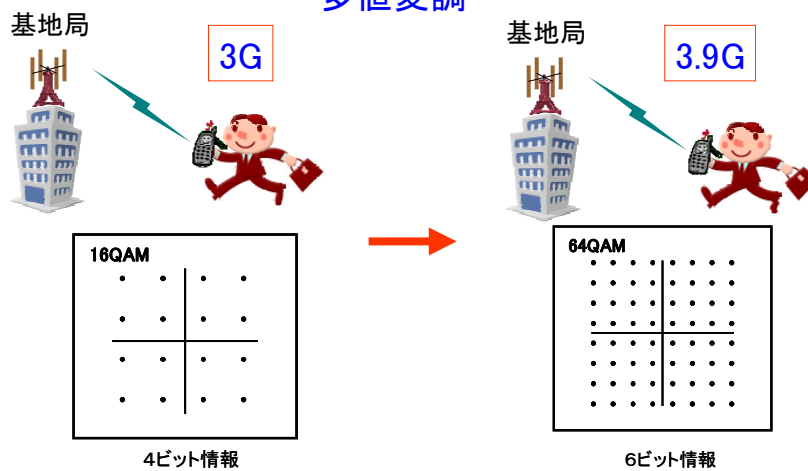
2016年7月6日

43

高速化を実現する技術の総括（その3）

TDU

多値変調



QAM : Quadrature Amplitude Modulation

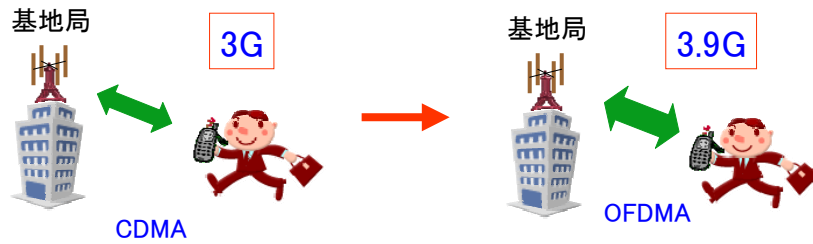
2016年7月6日

44

高速化を実現する技術の総括（その4）

TDU

多元接続技術



CDMA : Code Division Multiple Access
OFDMA : Orthogonal Frequency Division Multiple Access

2016年7月6日

45

国際標準化の重要性

2016年7月6日

46

日本が先か、世界が先か

TDU

● 日本市場で成功してから、世界市場へ

キャリアと供給する端末ベンダーの発想 … 事業者免許を与える主官庁の存在、自国内のユーザーがまずは顧客、日本語のユーザーを対象。



世界戦略で日本の携帯電話が弱い。

● 最初から世界を目指す

半導体メーカーやパソコンメーカーの発想 … たくさん売れば製品価格がさがり、製品価格に占める開発費の比率は低くなる。この業界から出てきた iPhone は、HTML5 や 多言語対応。

2016年7月6日

47

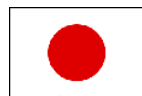
1995年のWTO（世界貿易機関）決定により、日本は国際ビジネス戦略が鈍化した

TDU

日本は時期的な早さで売ってしまえばそれが世界標準になると考えた

デファクトスタンダード(事実上の世界標準)という考え方

WTO(世界貿易機関)は国際標準機関に登録した国際標準にのっとった製品でない輸出できない規制を義務化 (1995年)



欧州は国際標準を重視(国益と考えている)

携帯電話(GSMは世界市場の80%以上)、ETCなどが国際標準からはずれ世界の市場に入れない

測定方法も国際標準がある

国際標準を制した者が世界市場を制する



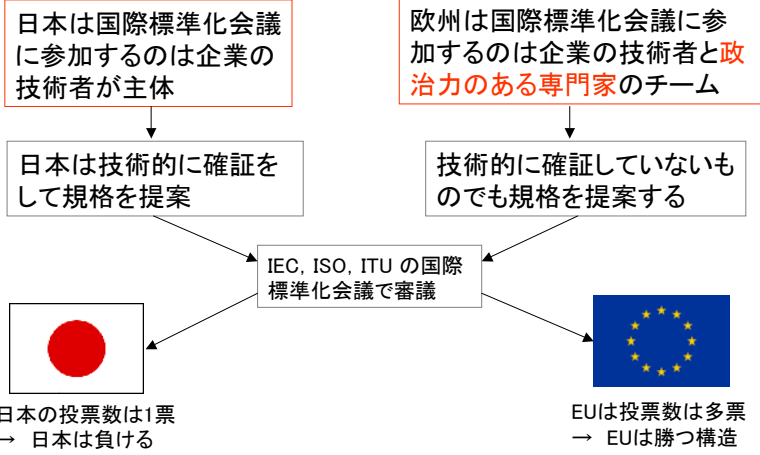
日本の世界市場からの締め出しが始まった。

2016年7月6日

48

1995年のWTO (世界貿易機関) 決定により,
日本は国際ビジネス戦略が鈍化した

TDU

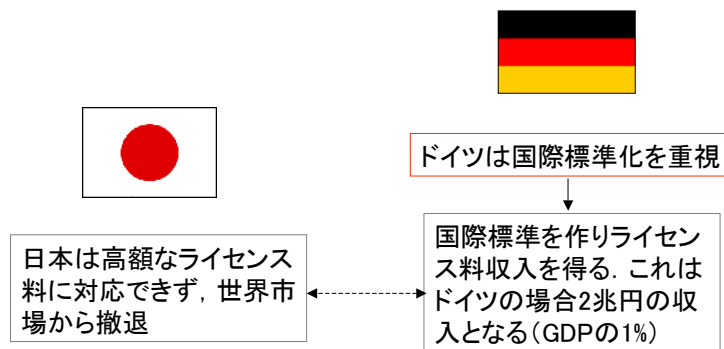


2016年7月6日

49

ドイツの国際ビジネス戦略

TDU



2016年7月6日

50