

eXtended Global Platform (XGP)の主要技術概要

1 概要

XGP は次世代の広帯域無線アクセスシステム(BWA)の一つで、より高速で大容量なデータ通信を実現する移動体通信システムである。(XGP)の主要技術特徴は下記の通りである:

- OFDMA/TDMA-TDD を採用し高スループット通信を実現
- マイクロセルシステムに基本とした大容量無線ネットワーク
- 時速 300 キロでの移動中でも通信可能
- DCA の採用により基地局の置局設計が不要
- マイクロセルと マクロセルの共存

2 XGP 開発の目標

XGP はこれまでの移動通信システムが提供してきた全てのサービスを提供し、さらにより豊かなアプリケーションサービスを利用者に提供することを目標とした。XGP の求められる主な性能を下記に示す。

- より速いデータ伝送速度(スループット)

ビデオデータやストリーミングデータを快適に閲覧するためには、平均スループットとして1Mbps 以上が必要である。故に、より速いデータ通信速度は XGP に求められている性能の一つである。

- 高トラフィックに対応する大容量

ユーザによるデータ伝送の要望がより大きくなるに従い、基地局およびネットワークシステムはより大容量なデータ処理が要求される。無線インタフェースの飛躍的な技術革新により、XGP は基地局あたりのデータトラフィック量が増えた。また、XGP はマイクロセルシステムを採用しており、その周波数利用効率 は他の通信システムに比べ高いものになっている。マイクロセルを基本とした無線ネットワーク構成により、XGP は他の3G 移動システムと比較して、より大容量なトラフィックに対応している。

- 基地局の種類に応じた基地局配置の柔軟性

基地局の置局設計が柔軟にできることも XGP システムの主な特徴の一つである。他の携帯電話システムでは、周波数利用効率を高めるためには、綿密な置局設計が必要で、基地局の設置、増設にも十分な調査が必要となる。一方、XGP では、自律分散制御の採用により基地局の増設も柔軟に対応出来るうえ、さまざまなエリアをより効率的にカバーするため、マイクロセルのほか、マクロセル、ナノセル、フェムトセルなども採用可能である。

- 高速移動性を確保

マイクロセルシステムでの欠点と言えば、マクロセルシステムと比較して、ハンドオーバーが頻繁に発生することである。これがモビリティの制限事項となっている。マイクロセルシステムでは1基地局がカバーするエリアが小さいため、その中を高速で移動した場合には、元の基地局から次の基地局へのハンドオーバーが頻繁に発生する。特に品質を重視する音声端末では通話の瞬断が発生しないように、データ通信端末でもパケットロスが発生しないような工夫が必要となる。XGPは無瞬断ハンドオーバーの技術を採用しており、高いモビリティを実現した。

3 主要技術

3.1 OFDMA/TDMA 構造

XGP の無線アクセス制御での主要技術は OFDMA(直交周波数分割多重アクセス)である。OFDM(直交周波数分割多重方式)は、通信用の搬送波を複数のサブキャリアに分割し、等間隔に直交するように周波数軸に配置し、並列に伝送する周波数多重方式である。OFDMA は OFDM を多重アクセスするシステムである。さらに時分割の TDMA 方式と結びつけた方式が XGP で採用している OFDMA/TDMA-TDD 方式である。

二重通信方式として、TDD を採用している。基本送受信構成は、時間軸方向に上下それぞれは4つのタイムスロットを対称に配置したフレーム構成をとる。それぞれのタイムスロットは $625 \mu \text{ sec}$ の時間幅なので、時分割フレームは 5ms で構成される。

XGPの周波数軸上は複数ユーザーを多重する方式としてOFDMAを採用している。故に、複数の周波数帯域を 1 リンクに割当てることが可能で、1 リンクを広帯域に使用できるシステムとなっている。

2.5 MHz
5.0 MHz
10 MHz
20 MHz

OFDMA/TDMA-TDD

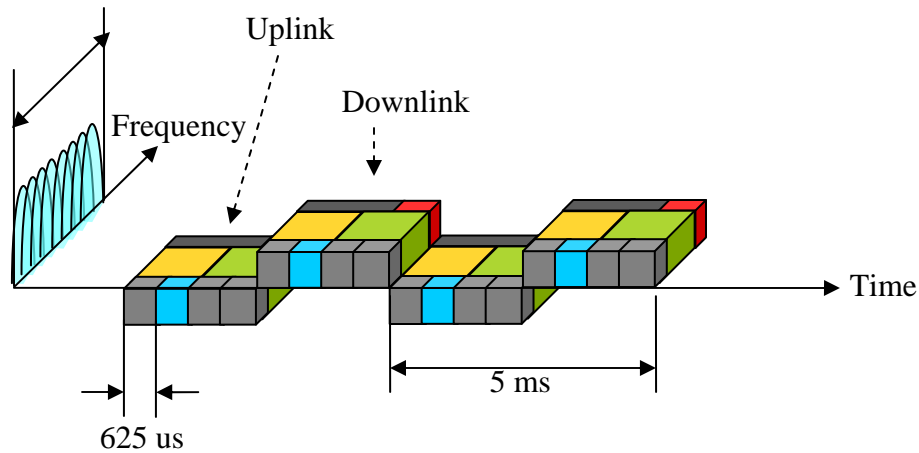


図 1 OFDMA/TDMA-TDD 構造

表 1 無線アクセス方式

無線アクセス方式	OFDMA/TDMA-TDD
TDMA 多重数	4
OFDMA 多重数	周波数帯域に依存
チャンネル帯域幅	5MHz, 10MHz, 20MHz
データ変調方式	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM

OFDMのキャリア構成図を図2に、XGPでのOFDMパラメータを表2に示す。

複数のサブキャリアを連結することによって、サブチャンネルを構成する。サブキャリア間隔とはサブキャリア間の周波数間隔を意味している。この間隔が狭い場合、サブキャリア間の干渉を受けやすくなるが、一方でデータ転送効率を高くすることができる。システム帯域幅とは、システムが占有する周波数帯域幅を示す。XGP では、システム帯域幅は 2.5MHz、5.0MHz、10MHz、20MHz から選択することが可能である。高速フーリエ変換を意味するFFTは、システム帯域で使用できるサブキャリアの最大数となる。実効チャンネル帯域幅とは、実際にシステムで通信に使用される周波数帯域を示す。

ガードバンドにより、隣接するチャンネルを使用する他のリンクとの干渉を回避する。データ通信品質を維持するためにはサブキャリアにDCキャリアを挿入する必要がある。これらを考慮たうえで、XGPでのフレームのフォーマットは決定された。

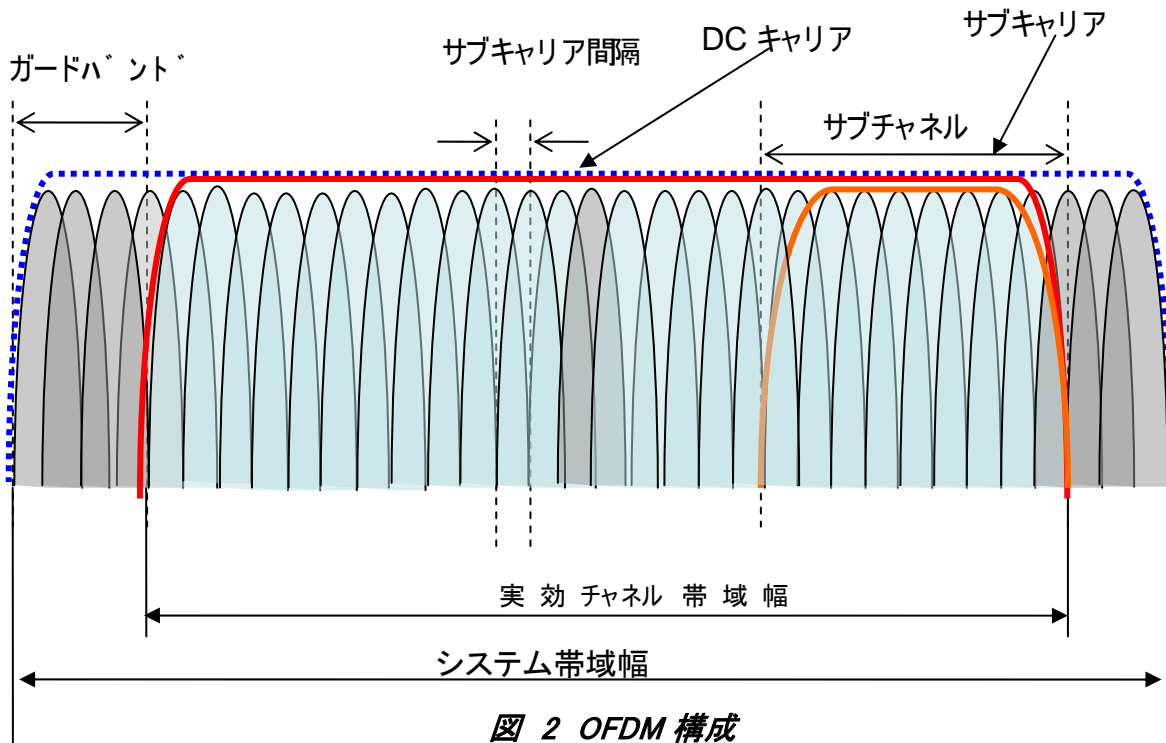


図 2 OFDM 構成

表 2 OFDM パラメータ

Parameter	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7
System Bandwidth [MHz]	2.5	5	10	10	20	20	20
Effective Channel Bandwidth [MHz]	1.8	3.6	8.1	9.0	16.2	17.1	18.0
Sub carrier Spacing [kHz]	37.5						
SCH Bandwidth [kHz]	900						
Guard Interval length [us]	6.66 (S1), 3.33 (S2 – S19)						
OFDM Data Length [us]	26.67						
OFDM Symbol Length [us]	33.33 (S1), 30 (S2 – S19)						
Guard Interval Ratio	1/4 (S1), 1/8 (S2 – S19)						
Total Guard Time [us]	51.67 (21.67 + 30)						
OFDM Symbol Number per Subcarrier	19						

3.2 データフレーム構成と高速データ速度

図3にXGPでのフレーム構成を示す。上り4スロット、下り4スロットの対称構成となっている。フレーム長は5ms、タイムスロット長は625 μ secとなる。それぞれのタイムスロット内に複数のOFDMシンボルが配置される。1スロットに19シンボル構成とし、1シンボルはGI(ガードインターバル)部とOFDMデータから構成される。

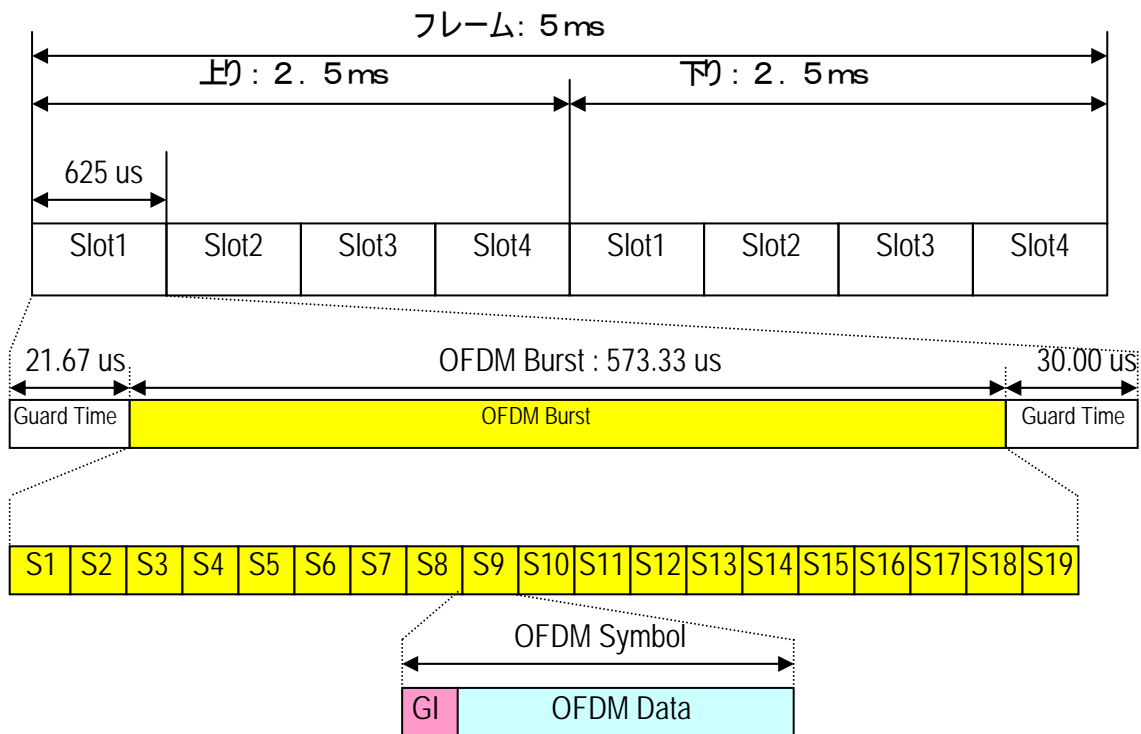


図 3 OFDM フレーム構成

図4は、PRU構成 (PRU : Physical Resource Unit)を示す。PRUはXGP独自の単位で、時間軸はTDMAスロットの625 μ sec、周波数軸上はOFDMサブチャネルの900kHz幅のサブチャネルを単位としている。図4ではPRU構成に対応するPRU番号を示している。

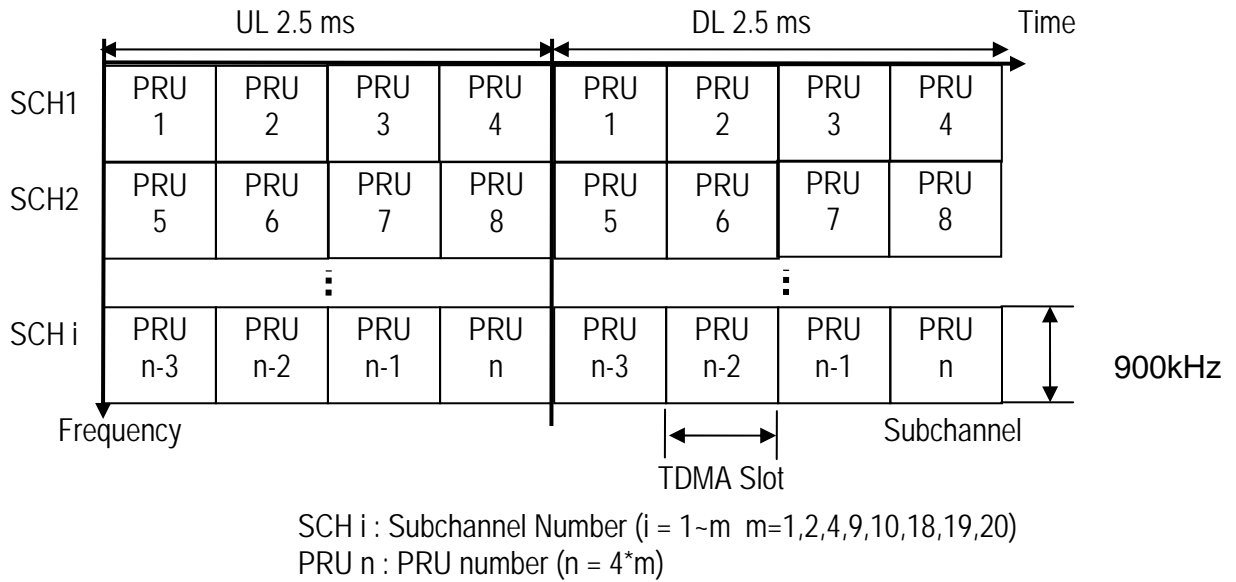


図 4 PRU 構成

表3はそれぞれの周波数帯域でのPRU構成を示す。

表 3 PRU 構成

Parameter	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7
System Bandwidth [MHz]	2.5	5	10	10	20	20	20
Number of Subchannel	2	4	9	10	18	19	20
Total Number of PRU	8	16	36	40	72	76	80

10MHz、20MHz について、ガードバンドを考慮すると実効サブチャネル帯域幅はそれぞれ9MHz、18MHzが通常は選択されている。

OFDM シンボルについて、下りチャネル符号化率と効率を表4に示す。

表.4 OFDM 下りチャネル符号化率と効率

変調方式	符号化率 R	効率
BPSK	1 / 2	0.5
	2 / 3	0.67
QPSK	1 / 2	1
	3 / 4	1.5
16QAM	1 / 2	2
	3 / 4	3
64QAM	4 / 6	4
	5 / 6	5
256QAM	6 / 8	6
	7 / 8	7

図5は下りの1PRUのOFDMフレーム構成を示す。1PRU は456シンボルから構成され、表5に示されるシンボル構成でデータを伝送する。

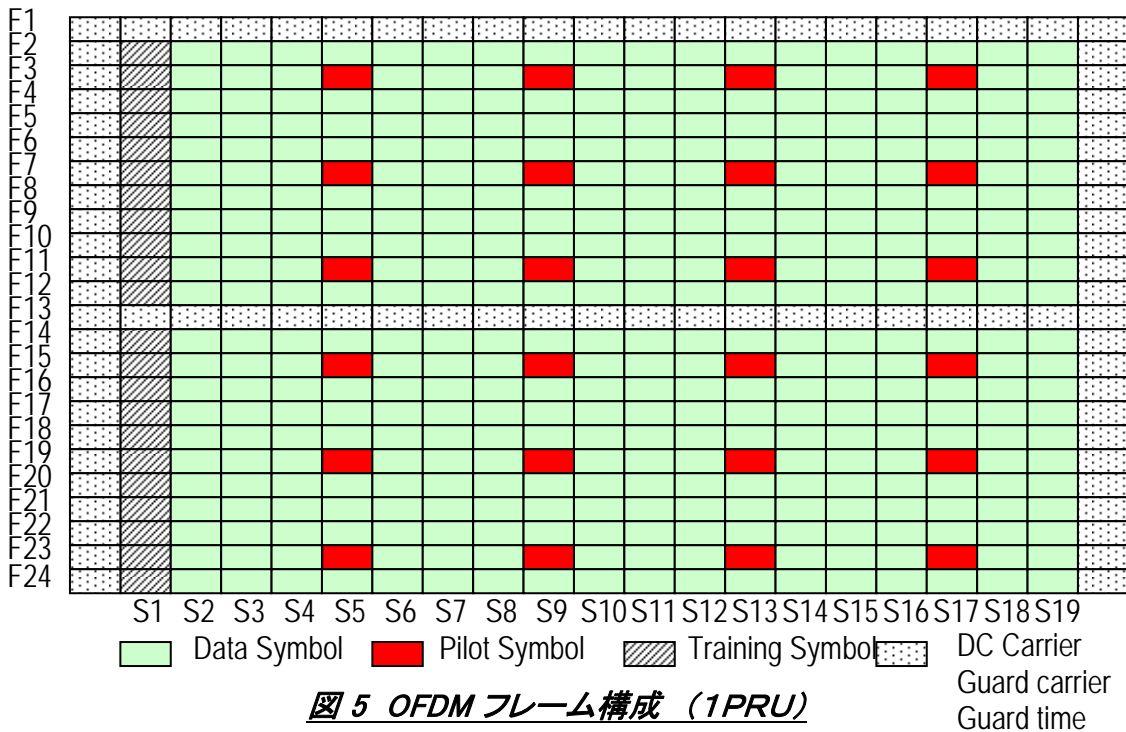


表 5 データフレーム構成

シンボル名	シンボル数
データシンボル	372
トレーニングシンボル	22
パイロットシンボル	24
空シンボル (DC キャリア, ガードキャリア)	38

1 PRUに格納されるPHY フレームによる、データ伝送速度計算式を下記に示す。

$$\text{データ伝送速度} = (\text{ビット符号化率}) * 372 * (\text{PRU数}) * (1/5\text{ms})$$

BPSK 1/2 1 PRU の場合

$$1 * (1/2) * 372 * (1/5\text{ms}) = 37.2\text{kbps}$$

256QAM 7/8 40 PRUs (10MHz) の場合

$$8 * (7/8) * 372 * 40 * (1/5\text{ms}) = 20.8\text{Mbps}$$

256QAM 7/8 by 80 PRUs (20MHz) の場合

$$8 * (7/8) * 372 * 80 * (1/5\text{ms}) = 41.6\text{Mbps}$$

表 6. PHY フレームデータスループット (kbps)

Modulation	Bit Symbol Efficiency								
		1 PRU	8 PRU	16 PRU	36 PRU	40 PRU	72 PRU	76 PRU	80 PRU
BPSK (1/2)	0.5	37.2	297	595	1339	1488	2678	2827	2976
QPSK (1/2)	1	74.4	595	1190	2678	2976	5356	5654	5952
QPSK (3/4)	1.5	111	892	1785	4017	4464	8035	8481	8928
16QAM (1/2)	2	148	1190	2380	5356	5952	10713	11308	11904
16QAM (3/4)	3	223	1785	3571	8035	8928	16070	16963	17856
64QAM (4/6)	4	297	2380	4761	10713	11904	21427	22617	23808
64QAM (5/6)	5	372	2976	5952	13392	14880	26784	28272	29760
256QAM (6/8)	6	446	3571	7142	16070	17856	32140	33926	35712
256QAM (7/8)	7	520	4166	8332	18748	20832	37497	39580	41664

3.3 高トラヒックに対応した大容量システム

XGP は主にマイクロセルシステムを採用している。一方 GSM などの他の移動体通信システムではマクロセルシステムを採用している。マクロセルシステムの場合、1基地

局のカバーするエリアが広く、高トラヒックになるに従い、1基地局当たりに接続している端末の数も多くなる。1基地局に接続している端末が増えれば増えるほど、それぞれの端末に割当てられる周波数資源は乏しくなり、データ転送速度は低下する。一方、マイクロセルシステムでは、1基地局カバーするエリアが狭いため、ある基地局で使用されている周波数資源が、その基地局から干渉を及ぼさない基地局では再利用可能である。この結果、高い周波数利用効率が確保され、個々のユーザーに対するデータ転送速度は安定して維持される。

また、XGP では周波数利用効率をさらに向上するために、AAS 技術や SDMA(空間多重多元接続:Space Divided Multiple Access)技術も採用している。さらに、無線ネットワークで得られる大容量のトラヒックをネットワークでも対応するために、基地局からは IP による光回線アクセス、XGP 用大容量高処理能力の GW が開発されている。

3.4 セル置局設計での柔軟性

XGP はマイクロセルを基本としてシステムを構成しており、それぞれの基地局が各端末に PRU を自律分散しながら割当てる。これが、DCA(動的チャネル割当)と呼ばれ、XGP の特長の1つとなっている。基地局は常にキャリアセンスし、接続してきた MS に対する割当候補として、干渉の少ない最適の PRU をリストに保存している。このテーブルは、干渉の少ない PRU が割当候補となるよう、定期的に更新されている。基地局がこのような DCA 制御をしているため、置局の厳密な設計が必要なく、柔軟なエリア設計が可能となっています。ただし各基地局では運用環境を最適化するため、置局が完了してからアンテナ種類を選択し最適なアンテナ設置を行っている。

3.5 高速移動への対応

XGP では、いくつかの要因の組み合わせにより高速移動環境下における通信を実現している。ひとつは 300km/h の移動によるキャリア間干渉の影響を考慮して、OFDM パラメータのサブキャリア間隔を 37.5kHz としている。二つ目は指向性がある高利得アンテナシステムの採用である。基地局が鉄道や、高速道路をカバーする場合には、線路、道路に沿って1基地局のエリアを伸ばし、ハンドオーバーの起こりにくいよう設計することである。三つ目は高速ハンドオーバーである。通信中、端末は常にキャリアセンスを実施し、通信している PRU の通話品質を測定している。この PRU の品質が悪くなった場合、端末は基地局に対し新規の基地局へのハンドオーバーを要求する。このとき、ネットワーク側では、ハンドオーバー元の基地局から新規の基地局側に、ハンドオーバーする端末との接続情報を新規の基地局に接続する前に転送する。端末は一時的に複数リンクを維持することになるが、複数のリンクには同じ情報がネットワークから転送される。ハンドオーバーが終了した段階で、ネットワーク側は新規のリンクにデータ伝送を切替えます。この仕組みにより、パケットロスなしで、ハンドオーバーが実現される。

4 その他の主要技術について

4.1 アダプティブ アンテナ システム

基地局から各端末への最適な指向性ビームを形成するのがこの技術である。

この技術により、特定の端末への最適な電波を送信することと不要な方向での干渉回避が可能となる。複数アンテナからの受信による情報から、複数アンテナの組み合わせ処理を制御することで実現されている。TDMA/TDD を採用している XGP では、送信と受信が対象であるため、効果的にこの技術が利用できる。この技術により、空間的に周波数利用効率をより高めることが可能となり、低コストでより広い範囲をカバーすることができる。図7では、アダプティブアンテナシステム(AAS)の利用イメージを示す。

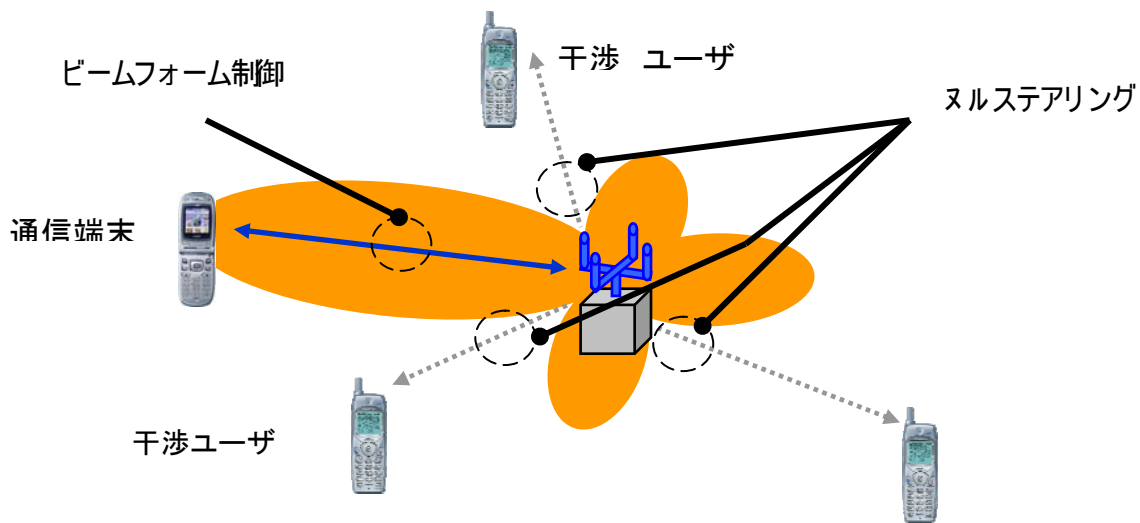


図7 アダプティブ アンテナ システム制御概念図

4.2 MIMO

MIMO (Multiple Output and Multiple Input) は、複数のアンテナを使い、データを同じ周波数、スロットで並行に送信し、データ伝送速度を速くする技術である。この技術により、高速データ伝送および、周波数の高効率利用が可能となる。アンテナ数により2×2 MIMO, 4×4 MIMO による制御を開発予定である。

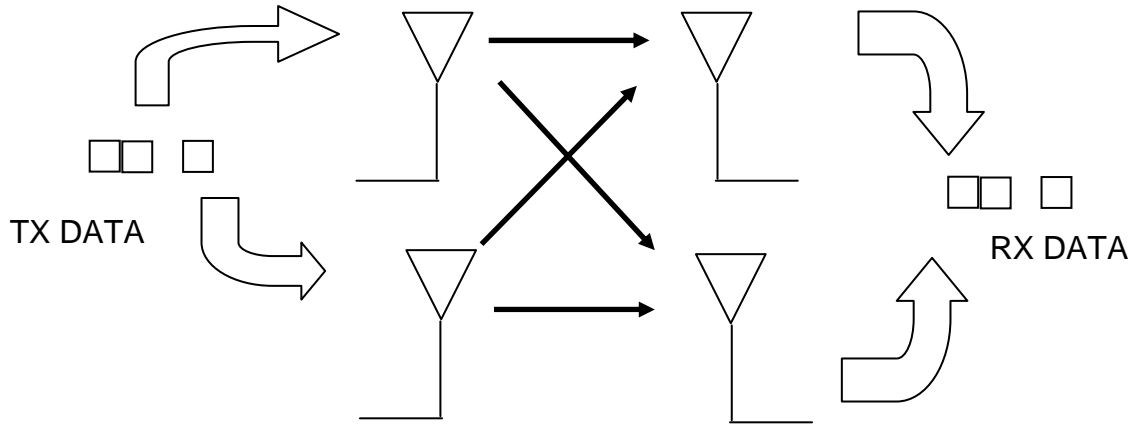


图 8 MIMO 制御