研究報告

携帯端末用スペクトラム拡散小型無線モデム

山田直之，遠藤千里，宮下政則，柴田伝幸

Spread Spectrum Wireless Modem for Hand-held Terminals

Naoyuki Yamada, Chisato Endo, Masanori Miyashita, Tsutayuki Shibata

要　旨

携帯端末への搭載に適したスペクトラム拡散(SS) 方式の無線モデムを提案する。このSS無線モデムは，携帯端末へ搭載するための必要条件である，小型，低消費電力，および受信SS信号の高速な同期捕捉などの特性を同時に満足するものである。提案したモデムでは，受信SS信号から復調した拡散符号に基づき，ディジタル相関器を用いて同期を捕捉する新しい逆拡散方式が導入されている。この方式により，高速同期捕捉および低消費電力が達成されている。また，この逆拡散方式はディジタル信号処理で実現するのに適した構成となっている。そのため，ASIC (Application Specific Integrated Circuit) への展開が容易で，小型化に適している。

提案したSS無線モデムを試作し，その諸特性を評価している。試作モデムでは，低姿勢のポスト装荷T型アンテナを高周波回路基板上に直接取り付けることにより，モデム全体のさらなる小型化をはかっている。評価結果に基づき，新しい逆拡散方式によってデータ伝送のリアルタイム性をほとんど損なうことのない高速な同期捕捉が可能であることを示している。また，劣悪な電波環境下でも同期が捕捉できることも示している。

Abstract

We propose a spread spectrum (SS) wireless modem suitable for hand-held terminals. The SS wireless modem simultaneously fulfills the requirements of the hand-held terminals such as compact size, low power consumption, and high speed acquisition. In order to fulfill these requirements, a novel de-spreading method is introduced. In this method, a spreading code is demodulated from a received SS signal. On the basis of the demodulated spreading code, the received SS signal is acquired and de-spread with a digital correlator. The introduction of the de-spreading method makes it possible to realize the high speed acquisition and the low power consumption. Since the de-spreading method can be embodied in an ASIC (Application Specific Integrated Circuit) by digital signal processings, the compact size is also realized.

Furthermore, we have developed the proposed SS wireless modem experimentally and evaluated its performance. The compact size of the developed modem including the antenna is also achieved through the integration of a post loaded T-shape antenna with low profile and a radio-frequency circuit board. The evaluation result shows that the developed modem is capable of capturing in the received SS signal sufficiently fast to realize the high speed acquisition. The capability of the acquisition in severe communication environment is also shown.

キーワード　無線通信，スペクトラム拡散，同期捕捉，ディジタル信号処理，携帯端末

１．はじめに

情報処理機器のダウンサイジングの流れは止まるところを知らず，今やデスクトップ型のパーソナルコンピュータ (PC) に劣らない程の処理能力を有する携帯端末まで出現している。このように高性能な携帯端末を従業員一人ひとりの情報処理用のツールとして導入することにより，生産効率の向上を目指す試みが始まっている。その際，いつでも，どこからでもデータ伝送を可能にする携帯端末の無線化は必須と考えられる。

これまで携帯端末の無線化には，400MHz帯および1,200MHz帯の特定小電力無線[1)]が多く用いられてきた。この特定小電力無線の規格では，最高のデータ伝送速度が32kbps程度と比較的低速に抑えられている。また，送信時間の制限や送信休止時間の設定などの制約条件も含まれている。そのため，高速のデータ伝送および自由な通信回線の制御が実現困難であった。

このような背景から新たな無線規格の導入に対する要望が高まり，2.5GHz帯でスペクトラム拡散 (Spread Spectrum: SS) 通信方式[2)]を採用した無線規格である「小電力データ通信システムの無線局の無線設備標準規格」(以下，標準規格と略す) が1993年に制定された[3)]。現在，この標準規格に準拠したSS無線データモデムが開発，市販されている[4)]。しかしながら，それらの多くはPC間を結ぶ有線ネットワークの無線化を目指したものであり，人が持ち歩いて使用する携帯端末への搭載には必ずしも適したものとは言えない。

そこで，本報告では携帯端末への搭載に適したSS無線モデムを提案するとともに，その提案に基づいたSS無線モデムを実現する。まず，市販のSS無線モデムの仕様を考慮し，携帯端末への搭載に適したSS無線モデムの実現における課題を明らかにする。次に，新しいSS逆拡散方式の考案およびその方式と既存の通信技術との結合により，その課題を解決し，携帯端末に適したSS無線モデムを提案する。さらに，その提案に基づいてSS無線モデムを試作し，その特性を評価する。

２．従来のSS無線モデム

現在わが国で市販されている主なSS無線モデムの仕様をTable 1に示す。クラリオン製のものを除いたSS無線モデムは，ノート型PCに接続して使用されることを目的に開発されている。それらのノート型PC用SS無線モデムでは，データ処理部分とアンテナ・高周波回路部分とが分離された構造となっている。データ処理部分はノート型PCのPCMCIAカード用スロットに内蔵される形式となっており，一方，アンテナおよび高周波回路部分はPCの外部に置かれ，データ処理部分とケーブルで接続される形式となっている。アンテナ・高周波部分の大きさはデータ処理部分と同等以上であるため，これらのSS無線モデムは，人が持ち歩いて使用する携帯端末への搭載に適した構造とは言えない。また，バッテリー駆動可能なノート型PC用の無線モデムとして開発されたにも関わらず，低消費電力化を特に意識した設計にはなっていない。

以上のことから，現在の入手可能なSS無線モデムを携帯端末に搭載することは，少なくとも大きさや消費電力の点で困難であると言える。

３．携帯端末に適したSS無線モデム

携帯端末に搭載するSS無線モデムは携帯端末を無線化し，そのモビリティーをさらに高めようとするためのものである。そのため，このSS無線モデムの搭載により携帯端末が本来有する可搬性を損なってはならない。また，SS無線モデムがバッテリー駆動されている携帯端末の使用時間を大幅に低減させてはならない。従って，携帯端末に適したSS無線モデムには，携帯端末に内蔵できる程度の小型化および低消費電力化が求められる。これらのことはSS無線モデムに特に要求されるものではなく，携帯端末への搭載をターゲットとした無線モデムに共通の課題と言える。

さらに，携帯端末に搭載するSS無線モデムには，リアルタイムな情報伝送を実現するための高速な応答性も要求される。一般に，無線モデムの応答性は無線回線における伝送速度および無線モデムを利用するシステムにおける回線制御方式に依存

Table 1 Specifications of representative SS wireless modems in market[5~8].

Type	Spreading scheme	Data rate (Mbps)	Dimension (W×D×H mm)		Power Consumption (W)
			Data processing section	Antenna and RF section	
NCR Wave LAN	DS*1	2	89×57×13 (PCMCIA card)	100×100×15	1.8
Proxim Range LAN2	FH*2	1.6	88×57×13 (PCMCIA card)	88×57×13	1.8
IBM Wireless LAN	FH	2	86×54×5 (PCMCIA card)	112×66×28	3.0
Clarion JU2100A	DS	0.256	110×75×16*3		3.5

(*1) Direct sequence, (*2) Frequency hopping, (*3) Excluding antenna

する。SS無線モデムの場合には，これらの他にSS信号受信時の同期捕捉特性も応答性を左右する重要なファクタとなる。ここで，無線回線の伝送速度は標準規格で制限され，その範囲内の伝送速度であれば，それによってモデムの構成が大きく変わることはない。また，回線制御方式は無線モデムを利用する通信システムの制御に関わるものであり，その方式によってモデムの構成自体が大きく左右されることはないと言える。それに対し，受信したSS信号の同期捕捉特性はモデムの構成，特にSS逆拡散方式に強く依存する。そのため，同期捕捉を高速化するためにはモデムの構成を高速化に適したものとする必要がある。従って，ここでは，SS無線モデムの応答性の高速化に関して，モデムの構成に大きく影響すると考えられる受信SS信号の同期捕捉の高速化を課題として取り上げることにする。

以上のことから本報告では，小型化，低消費電力化およびSS同期捕捉の高速化を同時に達成できる，携帯端末に適したSS無線モデムの実現を目指す。

4．携帯端末用SS無線モデムの提案

前章において，携帯端末に適したSS無線モデムを実現する際に，小型化，低消費電力化およびSS同期捕捉の高速化を課題として取り上げることを述べた。本章ではこれらの課題の中で特にSS同期捕捉の高速化に注目し，高速性を有する同期捕捉方式の小型化と低消費電力化とをはかることによって，携帯端末に適したSS無線モデムを提案する。

一般に，マッチドフィルタを用いた同期捕捉方式が高速性に優れていることが知られている[2]。任意の特性を有するマッチドフィルタがディジタル相関器で簡単に実現できるようになったことから，マッチドフィルタは広く用いられるようになっている。ただし，ディジタル相関器の相関演算速度としては，拡散符号のビットレート，即ちチップレートの5倍程度が望まれる。そのため，これまでのマッチドフィルタをそのままSS無線モデムに適用することは，高速演算に伴う消費電力の増加のために困難である。

そこで，提案する無線モデムでは，受信SS信号から拡散符号を復調し，その復調信号をディジタル相関器に入力して同期を捕捉する新しい方式を導入する。この方式では，ディジタル相関器に入力される拡散符号が既に復調されているので，相関演算はチップレートに相当する速度で実行すれば良い。このことから，これまでの同期捕捉方式に比べて低消費電力化がはかれることになる。また，拡散符号の復調過程で大きな遅延が発生しないことから，同期捕捉の高速性は維持される。この方式では，SS通信において通常は行われることのない拡散符号の復調を実施することによって，受信SS信号に含まれる拡散符号の位相をチップレートと同等の演算速度で検出することを可能にしていると言える。さらにこの方式では，同期捕捉の過程で拡散符号の位相がディジタル相関器から出力されており，この出力を拡散符号の複数周期にわたって平均化することだけで，安定した位相検出信号を得ることができる。そのため，電波強度が極めて弱い，あるいは激しい電波雑音が発生している環境においても，安定した同期捕捉を容易に達成できる特徴をも有している。従って，こ

こで考案した同期捕捉方式は様々な状況で利用される携帯端末に適したものであると言える。

Fig. 1はこれまでに述べた同期捕捉方式を核とする新しい逆拡散方式の構成を示したものである。受信SS信号より拡散符号を復調し，それに続くディジタル相関器で復調した拡散符号の位相検出が行われる。ここで，復調した拡散符号の位相と参照拡散符号との位相が一致するとトリガ信号が出力され，このトリガ信号に基づいて，受信SS信号と掛け合わせ逆拡散するための拡散符号が発生される。この逆拡散方式では，拡散符号の復調に遅延検波方式を用いるなど，処理回路をディジタル論理回路で実現するのに適した構成となるようにしている。そのため，この方式はASIC (Application Specific Integrated Circuit) への展開が容易で，小型化に適していると言える。さらに，受信SS信号を拡散符号の復調器へ入力する際には，アンダーサンプリング[6]を適用している。このことにより，ディジタル論理回路で復調回路を実現する際の演算速度を低くでき，低消費電力化をはかっている。なお，復調方式として遅延検波を用いる場合，復調された符号の変化だけが検出され，個々の符号に対する“1”または“0”判定は不可能である[10]。そのため，送信側で差動符号化が必要となり，回路規模の増加につながる。しかし，ここでは拡散符号として擬似雑音 (Pseudo Noise：PN) 符号を用いることにより，PN符号のもつCycle-and-Add特性[11]を利用して，送信側での差動符号化を必要とせず遅延検波後の符号の判定を可能にしている。このことによって，送信側での回路規模の増加を防ぎ，小型化に適した構成を実現している。

さらに，小型化に関しては，アンテナの形状や取付方法の検討も重要と考える。**2**章で述べたように，従来のSS無線モデムは携帯端末の外部にアンテナを取り付けて使用する。そのため，アンテナを含めたモデム全体の小型化には適さない構造となっている。そこで，ここで提案するSS無線モデムでは，低姿勢のアンテナを回路基板上に取り付け，アンテナと回路とを一体化することにする。このことにより，アンテナを携帯端末に内蔵することが可能になると考えられ，SS無線モデム全体として，より一層の小型化が実現できる。

以上述べたことから，提案したSS無線モデムは，新しい逆拡散方式に遅延検波やアンダーサンプリングなどの既存の技術を組み合わせ，さらに回路基板と一体化した低姿勢アンテナを用いることにより，小型化，低消費電力化およびSS同期捕捉の高速化を同時に実現できると言える。

5．SS無線モデムの実現

本章では，提案方式の特性を実験的に確認するために試作したSS無線モデムの構成と各部の動作について述べる。

Fig. 2は試作したSS無線モデムの構成を示したものである。このモデムは，ディジタル信号処理回路およびアンテナ・高周波回路からなる。ディ

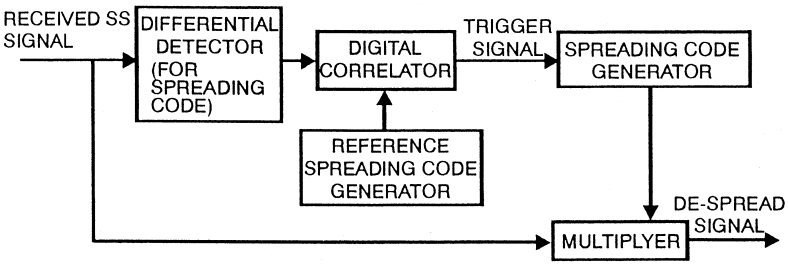


Fig. 1 Block diagram of proposed de-spreading method.

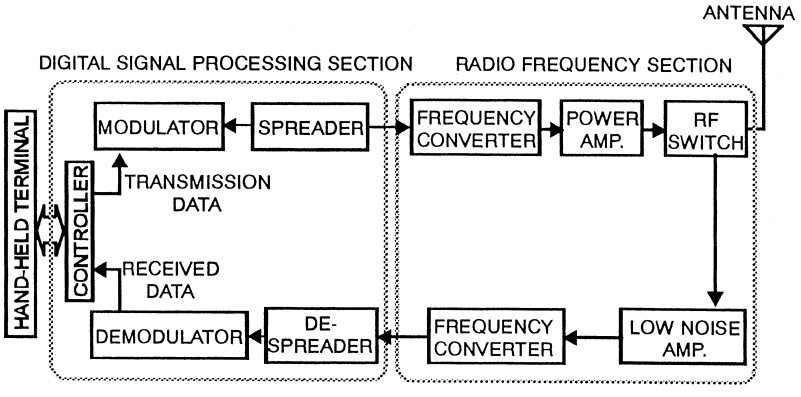


Fig. 2 Block diagram of SS wireless modem.

ジタル信号処理回路では携帯端末本体とのデータの受け渡しや拡散・逆拡散の処理などが行われる。一方，アンテナ・高周波回路では，拡散処理されたベースバンド信号の高周波信号への変換および増幅，送信信号ならびに受信信号の増幅，ベースバンド信号への変換が行われる。以下，ディジタル信号処理回路およびアンテナ・高周波回路の詳細な構成について説明する。

５．１　ディジタル信号処理回路の構成

ディジタル信号処理回路は**Fig. 3**に示すように情報変調部，拡散部，逆拡散部，情報復調部および制御部から構成されている。

情報変調部では，携帯端末本体から入力された送信データに基づいてQPSK (Quadri-Phase Shift Keying) 変調方式の情報変調信号を出力する。

拡散部では，この情報変調信号のスペクトラムを広帯域に拡散させるため，拡散符号が掛け合わされる。ここでは拡散符号に，PN符号の一種である符号長が31ビットのM系列符号を用いている。

逆拡散部では，受信したSS信号に含まれる拡散符号と同期した拡散符号を受信信号に掛け合わせることにより逆拡散の処理が行われる。ここでは前章で示した新しい逆拡散方式が実現される。受信信号に同期した拡散符号を生成するために，まず遅延検波器により受信信号に含まれる拡散符号が復調される。次に，その復調された拡散符号の位相がディジタル相関器で検出され，その位相に基づいて受信SS信号に同期した拡散符号が発生される。なお，受信されたSS信号の逆拡散はディジタル信号処理で実現され，34MHz帯の受信SS信号をアンダーサンプリングの手法を用いて16MHzのサンプリング周波数で取り込んでいる。

情報復調部では，逆拡散された信号から遅延検波器により情報を復調する。

制御部では，16bitのCPUおよびMPSC (Multi Protocol Serial Controller) を用いて送受信データとパケット形式のデータとの変換や誤りの検出などを行う。ここでは，CCITTが定めた16次のCRC (Cyclic Redundancy Check) 符号[12]を用いてパケットの誤りを検出している。また，各種の携帯端末との接続を考慮し，シリアルインターフェイスを備えている。なお，データの送受信の手順はプ

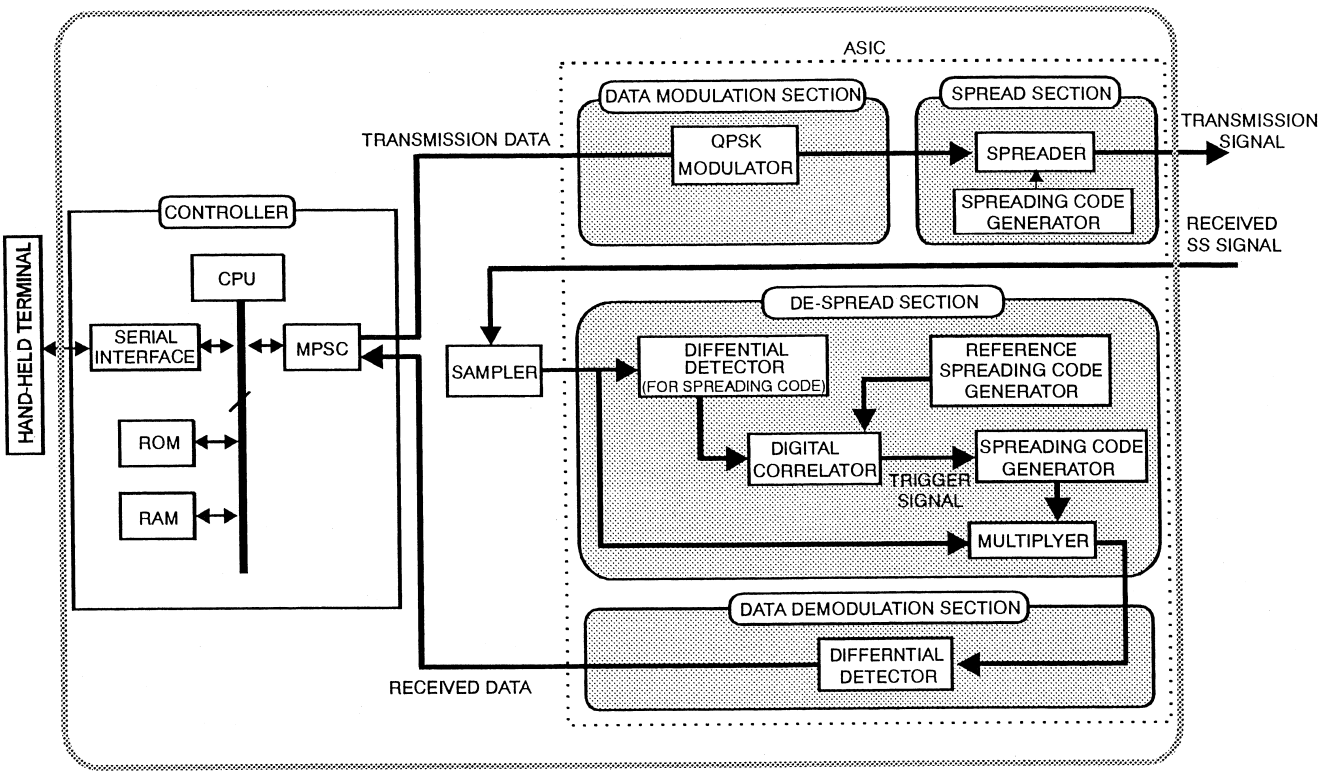


Fig. 3　Block diagram of digital signal processing section.

ログラムとしてROMに記憶されており，ROMの置き換えで様々な手順に対応することができる。

以上に述べた各部の構成されるディジタル信号処理回路の外観を**Fig. 4**に示す。ここでは，逆拡散部だけでなく情報復調部などを1チップのASICで約7,000ゲートの規模に集積化している。このことにより，ディジタル信号処理回路はクレジットカードサイズより小さい (73×53mm) 6層基板で実現している。

5．2　アンテナ・高周波回路の構成

Fig. 5は高周波回路の構成を示したものである。

高周波回路の送信部は，ディジタル信号処理回路から出力される送信信号の周波数帯域を2.5GHz帯に変換するための第1および第2周波数変換部と電力増幅部とからなる。一方，受信部は，アンテナからの受信信号を増幅する低雑音増幅部，増幅された信号をディジタル信号処理部で処理できる周波数に変換するための第1および第2周波数変換部からなる。そのほかに，高周波回路には，送受信部で共用する2つの局部発振部，送受信を切り替えるための高周波切替スイッチおよび不要な信号を除去するためのバンドパスフィルタなどが含まれる。

また，アンテナとして，ここではポスト装荷T型アンテナ[13]を用いる。このアンテナは低姿勢であり，高さは約5mmである。さらに，このアンテナを高周波回路基板に直接取り付けることにより，アンテナと回路を一体化して，携帯端末への内蔵に適するようにしている。また，アンテナを基板に直接取り付けることで，従来の無線モデムに必要であった給電線路をなくすことができ，小型化だけでなく給電損失の低減による感度向上をも達成している。

高周波回路およびアンテナの外観を**Fig. 6**に示す。高周波回路およびアンテナはディジタル信号処理回路の基板と同一寸法の6層基板の表面および裏面にそれぞれ実装されている。また，使用した回路部品は全てSMD (Surface Mount Device) であり，これによって実装面積の縮小化を図っている。

以上のことから，前章で提案したSS無線モデムはクレジットカードサイズ以下の基板2枚で実現できることになる。この無線モデムの主要諸元をまとめてTable 2に示す。これら2枚の基板は基板上に取り付けられたコネクタで直接接続され，アンテナも含めたモデム全体の高さは17mmに抑えられており，その体積は約50ccである。

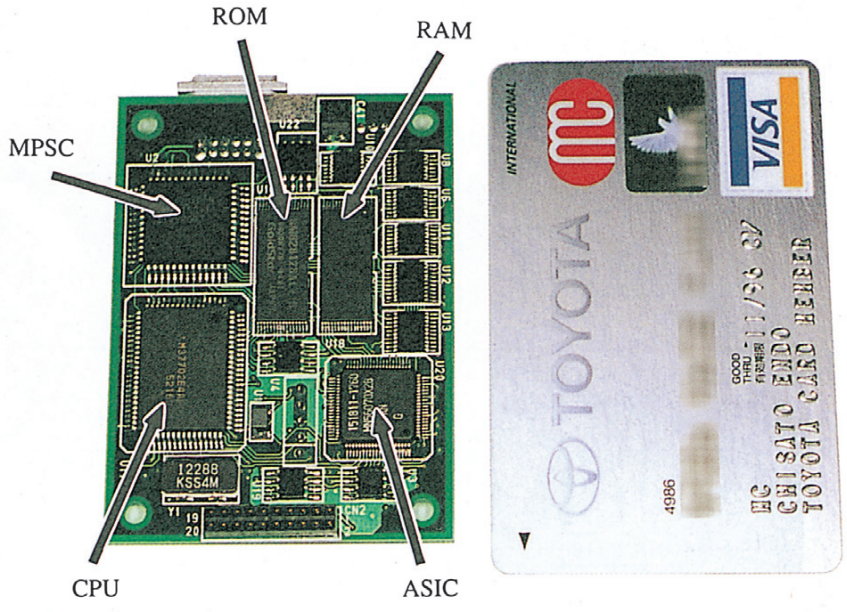


Fig. 4　Photograph of digital signal processing circuit board.

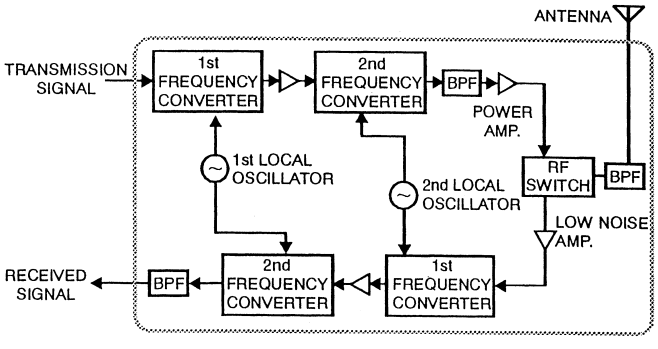


Fig. 5　Block diagram of radio frequency section.

6．SS無線モデムの特性評価

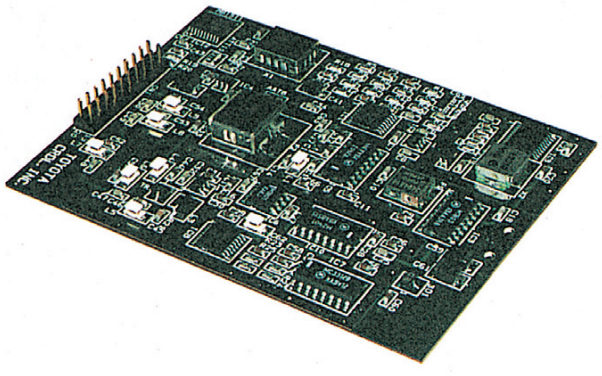
本章では，試作したSS無線モデムの特性を実験により評価する。まず，このSS無線モデムが標準規格を満足することを確認する。次に，伝送品質特性を測定することにより，新しく導入した逆拡散方式が良好に動作することを確認する。さらに，信号電力と雑音電力との比に対する逆拡散の同期捕捉時間の変化を実験的に評価する。

6．1　高周波特性

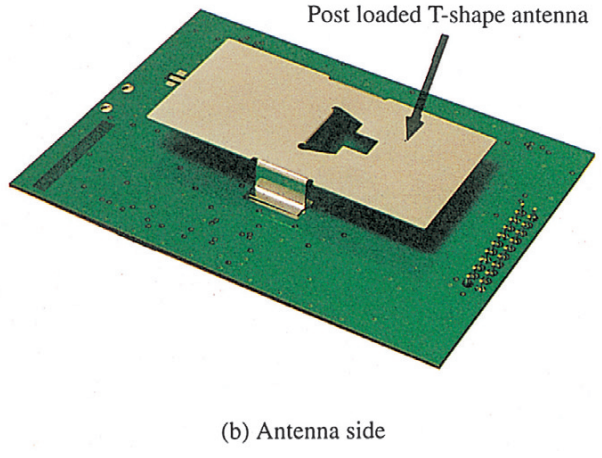
ここでは，標準規格の主要な項目である，送信信号のスペクトラム特性，周波数安定度およびアンテナ特性について，試作したSS無線モデムがその規格を満足することを示す。

標準規格では，スペクトラム特性として，許容周波数帯域での送信電力が16dBm以下，帯域外へのスプリアス輻射電力が，帯域の端から外側の13MHz以内では–16dBm以下，さらにその外側では–26dBm以下であることが定められている。**Fig. 7**は，SS無線モデムにおいて使用する最も低いチャネルの周波数2474MHzでの送信スペクトラムを示したものである。この図には，標準規格に基づく最大電力も示している。この図から，送信スペクトラムが標準規格で定められる範囲内に収まっていることが確認できる。

次に，周波数安定度は，基準発振器の精度により決定される。ここでは，標準規格に定められる許容偏差50ppmを十分に満足する偏差1ppmの基



(a) Device side



(b) Antenna side

Fig. 6　Photograph of antenna and radio frequency circuit board.

Table 2　Specifications of developed SS wireless modem.

Radio frequency	2.471～2.497GHz
Transmission power	16dBm
Spreading code rate	2Mcps
Data rate	128kbps
Spread modulation	DS / BPSK
Data modulation	QPSK
Data demodulation	Differential detection
Dimension	73×53×17mm
Volume	50cc

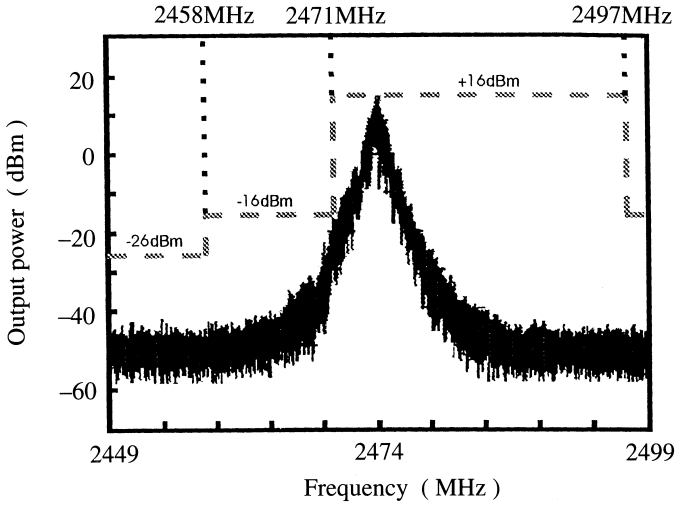


Fig. 7　Transmitted power spectrum of developed SS wireless modem and allowed maximum power in the regulation[3)].

準発振器を用いており，その偏差が許容範囲内であることを測定によっても確認している。

さらに，標準規格ではアンテナの利得はダイポールアンテナのそれと同等であることが定められている。**Fig. 8**は，高周波回路基板に直接取り付けられたポスト装荷T型アンテナを携帯端末に内蔵した状態で測定した水平面内の指向性を示したものである。なお，この指向性はダイポールアンテナの指向性の最大値で規格化して示している。SS無線モデムのアンテナの利得はダイポールアンテナのそれと同等であり，標準規格を満足していることが確認できる。また，水平面内において指向性はほぼ無指向であり，携帯端末用のアンテナとして良好な指向性を実現できていると言える。

以上のことより，実現したSS無線モデムはスペクトラム特性，周波数安定度およびアンテナ特性において標準規格を満足していることがわかる。さらに，ここでは示していないが，その他の項目についても測定し，標準規格の全ての項目を満足することを確認している。

６．２　伝送品質特性

情報復調だけでなく逆拡散処理をも含めた状態でビット誤り率の静特性を測定し，新しく導入した逆拡散方式が正常に動作していることを確認する。**Fig. 9**は情報1ビットあたりの信号電力と1Hzあたりの雑音電力との比であるE_b / N_oに対するビット誤り率を理論値[7]と比較して示したものである。ビット誤り率の測定値は，理論値に対し2dB程度の劣化に抑えられている。この理論値は逆拡散処理が理想的に行われることを仮定して求めたものであることを考慮すると，比較的良好な伝送品質が得られていると言える。このことから，新しい逆拡散方式および情報復調が良好に動作していることが確認できる。

６．３　同期捕捉特性

実現したSS無線モデムの逆拡散処理には，高速性だけでなく低消費電力化や小型化が達成できる新しい方式を用いている。この方式は，**4**章で詳しく述べたように，受信SS信号から復調された拡散符号の位相をディジタル相関器で検出することによって，逆拡散に用いる受信SS信号に同期した拡散符号を発生させるものである。また，この方式は，上記のディジタル相関器の出力を拡散符号の複数周期にわたって平均化することだけで，電波強度が極めて弱い環境にも容易に適用することができる。そこで，ここでは，電波を遮る障害物が多く存在する自動車組立工場のような劣悪な環境を想定し，平均化する時間を拡散符号の8周期分として，同期捕捉時間を実験的に評価することにする。

同期捕捉時間の測定は，情報変調した信号を予め定めた拡散符号を用いて拡散し，そのSS信号

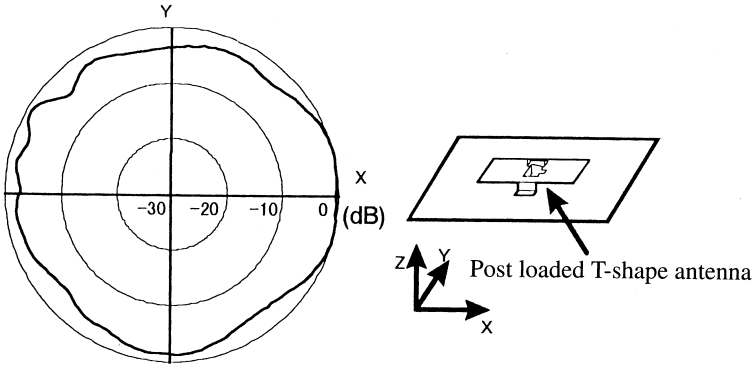


Fig. 8　Horizontal radiation pattern of post loaded T-shape antenna installed in developed SS wireless modem.

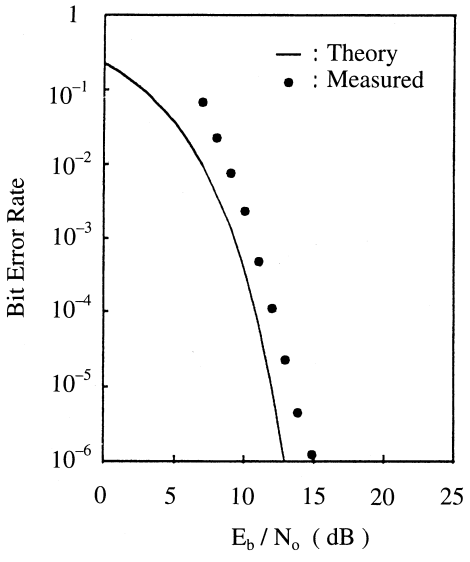


Fig. 9　Comparison between measured Bit Error Rate and theoritical one for developed SS wireless modem.

が受信されてから同期が確立されるまでの時間を計測することにより行う。また，受信SS信号には雑音を付加し，その強度を増すことによって電波環境の劣化を模擬する。なお，雑音の付加などにより同期捕捉時間の測定値がばらつくため，同一の条件で50回測定し，その平均値を同期捕捉時間の測定値としている。

Fig. 10は，前節のビット誤り率特性と同様に，E_b / N_oに対する同期捕捉時間の変化を示したものである。同期捕捉時間はE_b / N_oの増加とともに減少し，E_b / N_oが15dB程度以上でほぼ一定値の150μsecに収束している。拡散符号の8周期分に相当する時間は124μsecであり，同期確立の判定などに要する時間を考慮すると，150μsecは妥当な同期捕捉時間と言える。電波環境が比較的良好な場合には相関器出力の平均化は必要なく，平均化しない場合の同期捕捉時間は20μsec程度であり，通信のリアルタイム性をほとんど損なうことのない時間と考える。一方，電波環境が非常に悪いE_b / N_oが7dBの場合には，同期捕捉時間の増加は免れないが，それでも250μsec程度で同期が確立している。なお，E_b / N_oが7dBの場合は，Fig. 9から，ビット誤り率が1×10^{-1}となるような劣悪な環境を模擬していることになる。携帯電話などが使用できる限界のビット誤り率が一般に1×10^{-2}程度であることを考えると，ここで提案した新しい逆拡散方式は高速性だけでなく劣悪な環境への適応性にも優れていると言える。

以上述べたことから，実現したSS無線モデムがは標準規格を満足すること，およびここで提案した新しい逆拡散方式が良好に行われていることが確認できた。また提案方式を用いることにより，電波環境が良好であれば通信のリアルタイム性をほとんど損なうことのない20μsec程度の時間で高速な同期捕捉を達成できることがわかった。さらに，携帯電話などが使用できる限界を超えるような劣悪な電波環境でも，同期捕捉時間が250μsec程度に増加することはあるものの，同期を確立できることも明らかとなった。

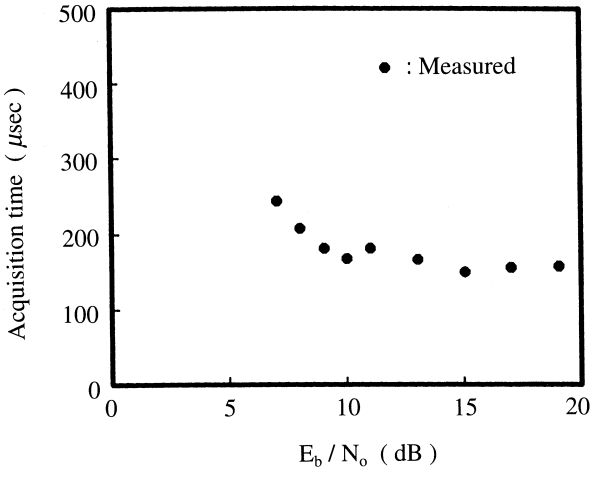


Fig. 10 Measured acquisition time in developed SS wireless modem.

7. むすび

携帯端末への搭載に適した2.5GHz帯SS無線モデムを提案した。本報告では，このようなSS無線モデムの実現のために，小型化，低消費電力化，および受信SS信号の同期捕捉の高速化を課題として取り上げた。これらの課題を解決するために，受信SS信号から復調した拡散符号に基づきディジタル相関器を用いて同期を捕捉する新しい逆拡散方式を考案した。

この方式では，従来の逆拡散方式において必要とされていた，チップレートの5倍以上演算処理速度を，チップレートと同じ速度までに低減させることができる。従って，この方式の導入により，高速な同期捕捉特性と低消費電力とを同時に達成することが可能になった。また，低姿勢のポスト装荷T型アンテナを高周波回路基板上に直接取り付けることにより，アンテナを含めたSS無線モデム全体の小型化を達成した。これらのことにより，携帯端末への搭載に適したSS無線モデムの実現を可能にした。

さらに，提案したSS無線モデムの諸特性を実験的に評価するため，2.5GHz帯SS無線モデムの規格である「小電力データ通信システムの無線局の無線設備標準規格」に準拠したモデムを試作した。そのSS無線モデムは，クレジットカードより小さい（73×53mm）面積の基板2枚で実現できた。試作したSS無線モデムを用いたE_b / N_oに対するビット誤り率特性の評価結果から新しく導入した逆

拡散方式を含め，モデムが良好に動作することを確認した。また，同期捕捉時間の評価結果から，提案した逆拡散方式を用いることによりデータ伝送のリアルタイム性をほとんど損なうことのない約20μsecで高速な同期捕捉が可能であることがわかった。この同期捕捉時間は電波環境が良好な場合の結果である。この様な環境だけでなく，平均ビット誤り率が1×10^{-1}となる様な劣悪な電波環境下でも約250μsecで同期が捕捉できることもわかった。これらのことから，提案したSS無線モデムは，各種の携帯端末の無線化に広く適用可能であるといえる。

謝　辞

本研究を行うにあたり，情報通信研究室西川研究室長をはじめ同研究室の諸氏に協力いただいた。

参　考　文　献

1) 小電力無線局解説書, (1989), 電波システム開発センター
2) 横山光雄 : "スペクトル拡散通信システム", (1988), 科学技術出版社
3) 小電力通信システムの無線局の無線設備, RCR STD-33, (1993), 電波システム開発センター
4) "特集　無線LAN", 情報処理, **36**-12(1994), 1069～1121
5) Wave Lan Home page [online]. Netherlands: Lucent Technologies Inc., Available from Internet : <http://www.wavelan.com/products/products.htm>
6) Proxim RANGE LAN2 パンフレット, (1995), NTTインテリジェントテクノロジ
7) IBM Wireless Lan Home page [online]. NY. USA: IBM Personal Computer Company, Available from Internet : <http://www.raleigh.ibm.com/wir/wirss206.html>
8) 栗原孝男, ほか5名 : "デジタルスライディング相関方式256kbpsSS無線ユニットの開発", 電子情報通信学会技術研究報告, SST95-75, (1995), 19～24
9) Groshong, R. and Ruscak, S. : "Undersampling Techniques Simplify Digital Radio", Electron. Design, **39**-10(1991), 67～78
10) 斎藤洋一 : ディジタル無線通信の変復調, (1996), 電子情報通信学会
11) Golomb, W. : "Sequences with the Cycle and Add Property", Calif. Inst. of Tech., Pasadena, CA, Section Rept., **8**(1957), 573, Jet Propulsion Lab.
12) "データ通信ハンドブック", (1984), 電子通信学会
13) 佐藤和夫 : "自動車電話用車内設置アンテナ", 豊田中央研究所R&Dレビュー, **28**-1(1993), 53

著　者　紹　介

山田直之　　Naoyuki Yamada
生年：1962年。
所属：情報通信研究室。
分野：移動体通信システムに関する研究・開発。
学会等：電子情報通信学会会員。

遠藤千里　　Chisato Endo
生年：1965年。
所属：情報通信研究室。
分野：ディジタル無線通信に関する研究・開発。
学会等：電子情報通信学会，IEEE会員。

宮下政則　　Masanori Miyashita
生年：1953年。
所属：機電技術課。
分野：電子計測，制御装置の開発。

柴田伝幸　　Tsutayuki Shibata
生年：1961年。
所属：情報通信研究室。
分野：移動体通信システムに関する研究・開発。
学会等：電子情報通信学会会員。