複数台の無人搬送車に用いるスペクトル拡散通信の応用[†]

牧 野 俊 昭*・大 泉 純 一*・菅 和 俊*
藪 博 昭**・中 田 健 二**

Study on Spread Spectrum Communication System by Using Automatic Guided Vehicles

Toshiaki MAKINO*, Junichi OOIZUMI*, Kazutoshi KAN*,
Hiroaki YABU** and Kenji NAKATA**

In this paper, the communication control is intended to make a systematic efficiency of automatic guided vehicles operate effectively. Recently, we have studied on a spread spectrum communication system which enables radio communication at such a low level of energy as 1 mW.

Herein suggestion is a spread spectrum code generator method and a communication signal or synchronized spread spectrum code detector method, respectively. As these methods made the synchronization of communication signals and synchronized spread spectrum codes possible with certainty, a communication unit by using these methods was designed and manufactured for testing. As the result, an attempt of synchronization was confirmed successful in a time for one cycle of a spread spectrum code, and our studies in this attempt are described as follows.

Communication tests were then performed for the above unit which was mounted on an automatic guided vehicle with a 100 kg load rating, and it was found that about 80 m indoor and about 150 m outdoor line-in-sight communication was practical.

Key Words: spread spectrum communication, synchronization, non-wiring, automatic guided vehicle

1. ま え が き

昨今、新しいFA、CIMシステムを構築するとき、搬送経路を自由に敷設し、柔軟に拡張や変更が行える無人搬送車(以下、AGVと称す)を中心とした無人搬送システムが必要不可欠である^{1)~3)}。

これらのシステムでは、少ない台数のAGVで決められた搬送物を効率良く運ぶための運行制御方式が多く提案されている^{4)~6)}。また、それらの方式を適用してシステムの効率をさらに高めるため、誘導無線を用いた多局間通信方式や布線工事を行わない無線通信方式が提案され、実用化されている^{7)~9)}。

しかし、後者の無線通信方式では雑音が工場の広い範囲に渡っている場合の高信頼性、高速処理化、電波法上の問題点などが残されていた¹⁰⁾。これらの問題点を解決するために、AGVを含む移動体の新しい無線通信方式の提案がなされている^{11),12)}。

本論文ではノイズレベルに近い低エネルギーレベルの微弱電波によるスペクトル拡散通信方式を用いて、複数台のAGVを効率良く誘導走行することを目的に、スペクトル拡散符号の高速同期化を図った新方式を提案し、その方式を盛り込んだ通信装置を試作して、諸検討を行った¹³⁾。

そして、筆者らは積載質量100 kgのAGVに試作した通信装置を搭載して誘導走行させ、微弱電波による無線通信を行った。その結果、屋外の見通し内通信距離が約150 mおよび屋内の見通し内通信距離が約80 mまでそれぞれ送受信可能なことを確認したので、報告する¹⁴⁾。

[†] 第24回計測自動制御学会学術講演会(1985・7)、
第1回インテリジェントFAシンポジウム(1987・7)で発表

* (株)日立製作所機械研究所 土浦市神立町502

** (株)日立製作所笠戸工場 下松市東豊井794

* Mechanical Engineering Research Laboratory, Hitachi Ltd, Tsuchiura

** Kasado Works, Hitachi Ltd, Kudamatsu

(Received October 11, 1991)

(Revised June 17, 1992)

2. 無線通信新方式の開発目的

2.1 無人搬送システムでの無線通信の必要性

複雑な軌道の敷設並びに拡張や変更が容易に行える AGV を中心にした無人搬送システムの構築を行うために、Fig. 1 に示すような F & F (Flexible Control & Free Layout) システムを開発した^{9),15)}。本システムはロボットなどからなる組立ライン、その組立物や部品を搬送する複数台の AGV、搬送したものを保管する自動倉庫システム、並びにそれぞれを運行管理する地上計算機から構成されている。また、複数台の AGV を効率良く運行するため、地上計算機による最適な搬送要求を AGV に割り付ける運行制御方式⁹⁾やその運行指令により高速走行する高速型 AGV の開発も行ってきた¹⁶⁾。さらに、このようなシステム構成において、必要最小限の AGV を用いてシステムの稼働率を向上させるには、フリーポイントでの無線通信が必要不可欠になる。従来方式(誘導無線や光通信)では、決められた通信場所で運行指令を送受信する必要があるため、AGV が搬送作業を完了した地点からその通信場所まで走行しなければならず、上述したシステムの稼働率を大幅に向上させることができないという問題点があった。

たとえば、Fig. 2(a) に示す組立ショップを一例に取り上げ、従来の光通信方式(以下、セットポイント方式と称す)と今回提案する無線通信方式(以下、フリーポイント方式(I)、(II)と称す)を用いたシステム全体の稼働率の計算結果を Fig. 2(b) に示す。Fig. 2(a) に示す組立ショップでは、前工程である加工ショップからの部品搭載用パレットをコンベアに投入する。投入されたパレ

ットは AGV に搭載され、おのこの組立ステーション用搬出入バッファへ搬送される。そのバッファを介して、組立ステーションで、AGV からのパレットの受渡し作業を行った後、完成した製品を AGV 上に再び搭載する。そして、搬送した後、搬出用コンベアを介して、つぎのショップへ移動する。なお、AGV の搬送方向は矢印に記したように一方向であり、軌道上に作業待ちの待機点が設けられ、稼働率を向上するようにしている。

Fig. 2(b) に示すように、フリーポイント方式で 6 台以上の AGV を用いて運行(従来方式(1))を行った場合ではセットポイント方式のそれに比べ、稼働率を向上させることができる。さらに、文献 4) に記述した運行方式(新方式(II))を行った場合では、それよりも約 30% の稼働率を向上させることができる。しかし、3 台以下の AGV を用いた場合では逆に、フリーポイント方式のほうが低い稼働率になる。

これは AGV の台数が少ないことに依存する。また、地上計算機からの搬送要求の運行指令が出力されていても、AGV がいるすぐ近くの優先度の低い搬送要求を計算機上で無視し、それよりも遠い所で発生した優先度の高い搬送要求に対して AGV の運行指令が割り付けられる。すなわち、該当する搬送要求の搬送元まで走行する間にその搬送要求が無視される。このように、従来のセッ

Fig. 1 Configuration of Flexible Control & Free Layout System

(a) An assembly shop example with some AGVs

(b) Comparison of the communication algorithm

Fig. 2 Simulation results for the AGV System

トポイント方式では軌道を1周する間に搬送可能ないくつかの搬送要求を割り付けられる。また、フリーポイント方式では無視した搬送要求も1台のAGVに対して指示し、処理される。

しかし、従来のセットポイント方式では稼働率の増加をAGVの台数増加で補うことができない傾向にある。すなわち、AGVの台数を増加させても1回の割り付け処理において、AGVに割り付けられる搬送要求の数が減少するためである。このことはAGVの増加分だけ割り付けられる搬送要求の数が減少し、AGVの増加分だけ搬送要求の割り付け処理を行う頻度が増すことになる。しかし、全体としては処理できる搬送要求の数は大きく変わらない。これに対し、フリーポイント方式ではAGVの台数を増すことにより、上述した搬送要求をほかのAGVがカバーするため、追加台数にみあった稼働率の向上を図ることができる。

このように、複数台のAGVを運行させ、最適な搬送情報を出力するF&Fシステムにおいて、光通信方式や誘導無線方式を用いた従来のセットポイント方式と、無線通信方式を用いた新しいフリーポイント方式では、システム規模においてそれぞれ長所、短所を有している。本論文ではAGVの台数を多くした場合(6台以上)において、稼働率が高くなると予想される後者の無線通信方式について以下述べる。

2.2 スペクトル拡散通信方式の原理と問題点

Fig. 3(a), (b)に、今回開発したスペクトル拡散無線通信(以下、SS通信と称す)装置を搭載したAGVの構成と、その制御系の概略構成を示す。図示したように、AGVは車体を前側の一つの操舵駆動輪と後側の二つの従動輪により支持した3輪構造のものである。また、AGVはバッテリーで駆動する車上のコントローラ(8 bit マイコン)、イメージセンサ(等倍型、16 bit/mm)、SS通信装置ならびに駆動モータからなる。AGVは地上の計算機からの運行指令をSS通信装置を介して、コントローラの走行指令により操舵駆動輪の速度制御を行うと共に、イメージセンサの検出信号に基づき操舵角度制御することで走行路上の反射テープに沿って誘導走行する。その制御系はFig. 3(b)に示すように、無線通信系、マイコン系、走行系、操舵系、位置検出系、視覚誘導系および台車系からなり、地上からの運行指令を無線通信系で受信し、マイコン系を介して、その指令を走行系、操舵系へ送り、台車系を制御するものである。台車系では走行系からの回転入力(ω)と操舵系からの操舵角度入力(δ)により動作し、走行の速度 V 、位置 x 、台車の姿勢角度 ϕ 、軌道偏差量 y を出力する。

このようなAGVの構成において、無線通信方式を用

いた場合では、①全方位通信が可能である、②見通し外通信もできる、③高速のデータ伝送ができる、④耐ノイズ性にすぐれる、⑤ほかの制御機器への障害を与えない、などの仕様が要求される。このような項目を含めたAGV用の無線通信装置としては、主にFM(周波数変調)通信方式、SS通信方式などがある¹⁰⁾。そこで、低エネルギーレベルの微弱電波で、かつ耐ノイズ性に優れた通信が可能となる方式として、後者の方式を検討することにした。

そのSS通信方式はFig. 4に示すように、情報信号を入力し、微弱電波を出力する送信側と、その微弱電波を受信して、情報信号を再生する受信側からなる。

送信側では、擬似雑音信号のような広帯域での平坦なスペクトルをもつ拡散符号(以下、SS符号と称す)を用いてデータ信号を変調し、SS符号と同じ帯域幅までス

(a) Configuration of the AGV

(b) Block diagram of the control block

Fig. 3 Configuration of the AGV using the spread spectrum communication unit

Fig. 4 Conceptual configuration of new SS communication system

ペクトルを拡大して, 1 mW 程度の微弱電波を送信する。

受信側では, 広帯域のままで受信し送信側と同一でかつ, 同期の取れた SS 符号を用いて, 受信信号を逆拡散し, データ信号を再生する。

受信側の再生出力信号は (1) 式から求められる。

$$(S/N)_{out} = (S/N)_{in} \times \frac{W_{ss}}{W_d} \quad (1)$$

ここで, $(S/N)_{out}$ は受信側の再生出力信号の SN 比, $(S/N)_{in}$ は受信側のアンテナ入力信号の SN 比, W_{ss} は SS 符号の帯域幅, W_d は送信データの帯域幅である。

したがって, (1) 式より W_{ss}/W_d を大きくすることにより, すなわち広帯域に拡散することで高 SN 比が実現可能となり, 微弱電波による低エネルギーレベルでの無線通信ができる。従来の FM 通信方式ではその周波数帯域幅が 10 kHz 位であり, 周囲の雑音や多重反射によるマルチパスフェージングの影響を受けることがあった。これに対し, SS 通信方式では周波数帯域幅を 10 MHz と非常に広くし, さらに送信側と同じ SS 符号を用いて逆拡散して再生する。このときの雑音信号は拡散されて低レベルになるので耐雑音性にすぐれる。さらに, 広帯域化によりマルチパスフェージングの影響を低減することができる。

一方, 問題点としては送受信の拡散符号を完全に一致させる同期化が必要であり, その同期確立に時間 (数百 ms ~ 数 s) を費やすことなどが挙げられる¹²⁾。

3. スペクトル拡散通信の高速同期新方式

3.1 新方式の構成

前項で述べたような問題点を解決するために, Fig. 5 (a), (b) に示す新方式を考案した。新方式は図示したように, 受信回路における同期検出回路を搬送波成分と局部発振成分の周波数, 位相の同期確立回路および SS 符号の同期検出回路とにそれぞれ分離させ, 高周波の同期化を行った後, SS 符号の同期化を行う方式である。

Fig. 5(a) に示す送信回路では, 搬送波発生器から発生した搬送波を分周器で分周し, 基準クロックパルスとして SS 符号発生器へ送る。そして, 送信アドレス信号 (SS 符号を決める信号) や送信開始信号と共に, SS 符号を発生させるのに必要な制御信号 (T_x ON 信号) を通信制御回路から受け取り, ここで発生した SS 符号と送信データの排他的論理和 (EOR) を取って, 送信データを拡散する。そして, この出力信号により乗算器で, 搬送波を 2 相位相変調し, 広帯域に増幅した後, アンテナを介して送信する。

Fig. 5(b) に示す受信回路では, 送信されて来た信号を受信し, 高周波広帯域増幅する。そして, 搬送波 ω_0 の抽出を行う。この手法は従来の 2 相位相復調の搬送波を抽出する方法¹²⁾ (受信信号を 2 乗し $2\omega_0$ を求め狭帯域フィルタで $2\omega_0$ を抽出した後, これを 2 分周して ω_0 を得る手法) と同様である。この ω_0 に PLL (Phase Lock Loop) 回路により VCO (Voltage Controlled Oscillator) 回路の局部発振波を同期させる。つぎに, 受信信号を VCO 回路からの局部発振波と乗算して, 2 相位相復調した後, バンドパスフィルタ回路により搬送波成分を取り除き, EOR 回路を介して SS 符号で逆拡散復調する。そして, その出力信号を VCO 制御回路, 拡散符号同

(a) Block diagram of the transmitted circuit

(b) Block diagram of the received circuit

(c) Signal configuration of new SS communication system

Fig. 5 Configuration of new SS communication circuit

期検出回路に入力する。この VCO 制御回路は受信信号と局部発振波の位相が一致するように構成されている。この位相を同期化した局部発振波を分周器で分周して、SS 符号の基準クロックパルスにしている。そして、このパルスを基準にして以下の動作を行う。SS 符号の同期検出回路と SS 符号の発生回路は受信する相手局の SS 符号のアドレス信号 (SS 符号を決める信号) を入力することにより、要求した SS 符号を発生させる。そして受信した出力信号を EOR 回路により逆拡散した後、ローパスフィルタ回路を経て、受信信号に再生される。

新方式による同期捕捉はシーケンシャルエスティメーション法であり、 ω_0 に PLL 回路、VCO 回路により局部

Photo. 1 Photograph of new SS communication unit on AGV

発信波を同期させるときに、SS 逆拡散により再生した復調信号の振幅を監視 (具体的には、再生データの振幅を高速 A/D 変換) し、振幅がある一定以上になるように VCO 回路を制御する。

その送受信の信号波形の一例を Fig. 5(c) に示す。Fig. 5(c) では、SS 符号を 10 MHz、搬送波の周波数を 300 MHz にした場合のものである。その送受信信号の周波数は 300 ± 10 MHz であり、SS 符号の 1 周期分すなわち送信データの 1 ビット分の時間 (たとえば $100 \mu\text{s} \sim 5$ ms) で SS 符号などの同期化が図れることを示している。

これにより、搬送波 (周波数、位相) と SS 符号 (周波数、位相) の同期化を同時に行う従来方式 (同期時間、数 100 ms から数 s) に比し、大幅な時間短縮ができる。

3.2 新 SS 通信装置の構成と基本特性

以上述べた新方式を盛り込んで設計、製作した SS 通信装置の外観、回路構成などを Photo. 1, Fig. 6(a) に示す。その装置は、Photo. 1 に示すように下側の高周波アナログ回路部、上側のデジタル回路部およびアンテナ部からなる。

前者の高周波アナログ回路部は図示していないが、電波放射アンテナ部、送受信の高周波広帯域増幅部、同期化回路部およびバンドパスフィルタ部からなり、安定した送受信信号の周波数が得られるように構成されている。

一方、後者のデジタル回路部は Fig. 6(a) に示すように、右側のマイコンのインターフェイス部および左側の SS 符号同期検出部から構成されている。

前述したような直接拡散方式による SS 符号の発生と、同期検出を高速に行うために考案した回路構成、タイミングチャートを Fig. 6(b)~(d) に示す。SS 符号発生回路は Fig. 6(b) に示すように、初期値メモリ部、タイミングパルス発生部および 5 ビットのリニア帰還型シフトレジスタ (以下、LFSR と称す) を 3 列に並列接続させ、3 ビットのシフトレジスタ (以下、SR と称す) を設けた回路部よりなる。拡散系列の符号は M 系列を用い、その

(a) Block diagram of new SS circuit

(b) Block diagram of the SS code generator

(c) Timing chart of the SS code generator

(d) Block diagram of the SS code detector

Fig. 6 Block diagram of new SS communication system

周期は 1000 bit (シフトレジスタは 5×3 段で構成, データは 10 kbps, SS 符号のクロックは 10 MHz) である. そのタイミングパルス発生部では, Fig. 6(c) に示したタイミングチャートにより, 各部を制御するタイミングパルスを発生する. たとえば, 10 MHz の基準クロックパルス (CLK0) により, CLK 3 や S/L の信号が出力される. S/L から出力された 3 ビットの SR は 5 ビットの LFSR の B ポート出力信号へロードされ, CLK0 と合わさって, SS 符号信号 (SSC) を発生させている.

そして, SS 符号の開始信号 (SS-ON) が立ち上がると, 内部で SS-ON (これは 1000 ビット SS 符号が発生したことを知らせる 1000 CLR と同じ) が生じ, CLK 3 を生成している分周器にリセットをかけることにより, 内部信号 FCLR が発生する. これにより, CLK 0 の 3 周期分だけ SSC を Low レベルに保つ. そして, 5 ビットの LFSR をクリアにする信号を発生させると共に, 初期値を入力する PRE 信号を発生させて, LFSR を初期化させる. つぎに, S/L の立上りで 3 ビットの SR をロードし, CLK 3 により動作する LFSR はそれぞれ 1 ビットずつシフトされる. 同様に, このロードとシフトを繰り返す, SSC が 1000 ビット送出されると, SS-ON (1000 CLR) が発生し, SS 符号の発生を繰り返す. このように, SS-ON 信号は 1000 ビットを送出すると, 必ず 3 ビット分だけ Low レベルの状態になるので, SS 符号を切り替えるための初期値メモリ部から新しい初期値を読み出す

Fig. 7 Experimental results of the data from transmitter to receiver

ことができる。

つぎに、送信側で発生させた SS 符号と同一符号を用いて受信側で逆拡散して、同期化を行う SS 符号の同期検出回路を Fig. 6(d) に示す。Fig. 6(d) は同期回路を搬送波成分と局部発振波成分の周波数および位相を同期確立する回路と、SS 符号の同期検出回路に分離した方式である。この方式では、バンドパスフィルタ回路を介して搬送波成分が除去された受信信号 (De-SS Signal) は 12 ビットのシフトレジスタに入り、クロックパルス (CLK 0) によりシフトされた後、一部分が検出部に入力される。そして、SS 符号を同期検出するアドレス設定スイッチにより所定のビットコードが入力され、比較して一致したときに、同期検出信号が出力される。

これにより、受信側の SS 符号の同期発生回路を正常に作動させ、同期確立を行わせる。この動作確認の実験結果を Fig. 7(a), (b) に示す。Fig. 7(a) では、正しい

SS 符号の同期検出を行った場合であり、送信情報が同期化され、正しく再生されていることがわかる。Fig. 7(b) では、SS 符号の同期がはずれた場合であり、受信情報が正しく再生されないことがわかる。

これらの同期確立に関する処理利得としては、つぎのとおりである。搬送波抽出処理利得は受信波帯域幅を ± 10 MHz、狭帯域フィルタ帯域幅を ± 10 kHz とすると、1000 (10 M/10 k) となる。一方、SS 処理利得は SS 符号のクロックを 10 MHz、データを 10 kbps とすると、1000 (10 M/10 k) になる。

4. 無人搬送車に適用した実験結果

前述で検討した内容を盛り込んで開発した新方式の SS 通信装置の仕様を Table 1 に示し、それを搭載して誘導走行する AGV の外観を Photo. 2, 3 に示す。

AGV は地上の計算機からの運行指令を車上のコント

Table 1 Specification of new SS communication unit

	Item	Specification
Transmitter	Carrier frequency	300MHz
	Carrier modulation	Spread spectrum direct sequence
	Band width	± 10 MHz
	Radio frequency power	1mW ± 3 dB
	Data transfer rate	10kbps
	Signal level	-20dBm (max)
	Antenna	$\frac{3}{4}\lambda$, Brown antenna
Receiver	High frequency amplifier	300MHz (width) 40dB (gain)
	Demodulation	Direct de-spread
	Signal level	-79dBm (min)
	Synchronization response	100 μ s~5ms
	Error detector	Parity & redundancy check
	Antenna	$\frac{3}{4}\lambda$, Brown antenna
Controller	Transmission algorithm	Serial - access
	Transmission speed	50bps~125kbps
	Data transfer capacity	128 bits
	Synchronization	Start-stop system

ローラへ送り、コントローラからの走行指令により、駆動操舵輪の速度制御を行うと共に、60 m/min の速度で直線と曲線の走行を行い、3 m/min の最低速度で停止位置決めするものである。

その AGV は長さ 1.0 m、幅 0.6 m、高さ 0.5 m および質量 120 kg (バッテリー含) であり、100 kg の積載質量を搭載して走行路上の反射テープに沿って誘導走行する。この AGV に搭載した新方式の SS 通信装置 (± 10 MHz の拡散符号、300 MHz の搬送波、1 mW の微弱電波) を用いて、半二重によるデータの送受信実験を行ったときのスペクトル波形を Fig. 8、最大通信到達距離を Table 2 に示す。この実験では、固定局を地上の受信側、移動局を AGV の送信側にして、AGV を走行させた後、停止動作させる一方向通信を行い、その最大到達距離を測定した。ここで、通信が行われている状態では、Fig. 8(a) に示すような良好なスペクトル波形が得られている。しかし、通信不能となる状態では、Fig. 8(b) に示すように、Fig. 8(a) のスペクトル波形より悪いものが得られる。

その結果、屋外通路(工場外のヤード)における見通し内通信[アンテナの高さ、AGV 側 $H_1=1.9$ m、地上側 $H_2=1.6$ m、(1)]では、約 150 m まで通信可能なことが確認できた。

同様に、見通し外通信(通路に金属棚を障害物として設

ける場合、(2)) では、約 50 m まで通信可能であることが確認できた。

さらに、Fig. 1 に示したような自動倉庫設備などを設置した工場内における見通し内通信[アンテナの高さ、AGV 側 $H_1=1.8$ m、地上側 $H_2=1.8$ m、(1)]では、Fig. 8(b) に示すようなスペクトル波形であったが、約 80 m の距離まで通信可能であった。

同様に、見通し外通信[上述した金属棚を有する場合、(2)]では、約 60 m まで通信可能であることが確認できた。ここで、通信不能な状態は Fig. 8(b) に示したように、電波が完全にノイズレベル以下の状態であり、搬送波の同期がとれない場合に生じるケースが多かった。

以上、今回提案した新しい SS 通信方式による AGV の通信距離は天井や屋上にアンテナを設けることで、見通し内通信が可能な範囲での送受信が行え、屋内の場合

Fig. 8 Spectrum of received SS radio signal

Photo. 2 Photograph of new SS communication unit on terminal

Photo. 3 Photograph of the developed AGV travelling on the floor with bonded guiding tape

Table 2 Measured characteristics of communication distance

Condition	Result
Out door (I)	150m ($H_1=1.9$ m) ($H_2=1.6$ m)
Out door (II)	50m ($H_1=1.9$ m) ($H_2=1.6$ m)
In door (I)	80m ($H_1=H_2=1.8$ m)
In door (II)	60m ($H_1=H_2=1.8$ m)

H_1, H_2 : Antenna height

Table 3 Comparison of communication system

Item	system	SS	Optical	FM	Inductive	Magnetic coupling
Flexibility of layout		◎	○	◎	△	△
Non-wiring		○	○	○	×	×
Multi-access		○	×	○	○	○
Non-licensed		○	○	△	×	○
Noise-proof		◎	◎	△	○	○
Outdoor using		○	△	○	○	△
Communication distance		△	△	○	×	×

で約 80 m, 屋外の場合で約 150 m であった。そこで, 以上の結果をもとにして, 従来の通信方式との性能比較を行うと, Table 3 に示ようになる。ここで, 従来の通信方式とは光空間伝送, FM, 誘導無線, 漏洩同軸ケーブルなどの方式である。

今回開発した新しい SS 通信方式は Table 3 に示したように, 複数台(128 台以下)の AGV と地上局間で, それぞれに SS 符号を割り当てることにより, 多局間通信が行える。また, この方式では情報信号を広い周波数帯域に拡散して送受信することができるので, 雑音の多い環境下でも信頼度の高い通信が可能になるなどの特徴を有している。

今後, 装置の小形化を図るために, 非同期方式 SAW コンボルバの適用化^{17),18)}を考えると共に, 通信距離の延長ならびに AGV の運行効率の向上に向けて本方式の改良を図っていく予定である。

5. あとがき

走行路上を誘導走行する複数台の無人搬送車に用いる無線通信方式として, 微弱電波を用いたスペクトル拡散通信方式を採用し, 受信回路上で搬送波と拡散符号の高速同期化が図れる新方式を提案して, その検討を行った。

これらの検討内容を取り入れたスペクトル拡散通信装置を設計, 製作して, 積載質量 100 kg の無人搬送車に搭載し, 通信実験を行い, 約 80 m の屋内見通し内通信ならびに約 150 m の屋外見通し内通信が可能であることを確認した。

終わりに, 種々ご協力いただいた(株)日立製作所笠戸工場の関係各位ならびに機械研究所の寺田勝之, 田中秀樹両主任研究員に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 米倉, ほか: 光学誘導形地上搬送ロボット「ホイバーサ」の開発, 日立評論, **75-10**, 23/28 (1975)
- 2) 高橋, ほか: 無人搬送システムの利用実態とその分析, 無人化技術, **338-5**, 2/47 (1988)
- 3) P. P. Bose: Basics of AGV Systems, American Machinist & Automated Manufacturing Special Report 784, 106/122 (1986)
- 4) 都島, ほか: 知識工学を応用した搬送車群の運行制御方式, 計測自動制御学会論文集, **24-3**, 300/307 (1988)
- 5) 山口, ほか: 搬送車ファジィ制御システム, 東芝レビュー, **43-4**, 313/316 (1988)
- 6) K. Okasaka, et al: Automated Storage and Retrieval System using AI, Proc. of the 5th Int. Conf. on Automated Guided Vehicle System, 1/8 (1987)
- 7) 新井, ほか: データキャリア技術開発の現状と動向, 無人化技術, **349-5**, 21/35 (1989)
- 8) 津川, ほか: 車両間通信による自律車両群の走行制御, 計測自動制御学会論文集, **26-9**, 76/83 (1990)
- 9) 織田, ほか: 無人搬送システム, 川崎重工技報, **108**, 28/33 (1991)
- 10) 津村俊弘: 移動体の知能化, 計測と制御, **30-1**, 1/8(1991)
- 11) 角川, ほか: スペクトル拡散通信方式とその適用分野, 電子通信学会誌, **65-9**, 965/971 (1982)
- 12) 丸林, ほか: スペクトラム拡散通信の研究開発動向, 電子情報通信学会誌, **72-5**, 580/592 (1989)
- 13) 大泉, ほか: 産業移動機械制御用スペクトル拡散通信装置, 第24回SICE学術講演会論文集, 11016, 347/348 (1985)
- 14) 牧野, ほか: 小形無人搬送車の誘導・通信, 第1回インテリジェントFAシンポ, 129/132 (1987)
- 15) 岡坂, ほか: F & F 自動倉庫システム, 日立評論, **67-9**, 37/41 (1985)
- 16) 牧野, ほか: イメージセンサを用いた無人搬送車の高速走行, 計測自動制御学会論文集, **28-5**, 595/603 (1992)
- 17) 坪内, ほか: SAW コンボルバを用いた非同期型 SSC トランシーバ, 電子情報通信学会スペクトル拡散通信研究会資料, **SS88-7**, 40/47 (1988)
- 18) 坪内, ほか: スペクトル拡散通信の応用デバイス, 電子情報通信学会論文集, B-II, **74-5**, 189/198 (1991)

[著 者 紹 介]

牧 野 俊 昭 (正会員)

(Vol. 28, No. 5 参照)

大 泉 純 一 (正会員)

(Vol. 28, No. 5 参照)

菅 和 俊 (正会員)

1981 年, 神戸大学大学院計測工学専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所機械研究所入社。現在同社同研究所研究員。SS 通信の研究, 脚歩行ロボットの研究開発などを行い, 現在半導体製造装置関連の研究開発に従事。日本ロボット学会の会員。

中 田 健 二

1981 年, 広島大学大学院回路システム工学専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所笠戸工場入社。現在, 同工場半導体装置部技師。SS 通信装置の製品開発などを行い, 現在, エッチング装置などの製品開発や設計に従事。

藪 博 昭

1962 年, 愛媛大学工学部電気工学科卒業。同年(株)日立製作所日立工場に入社。同社大みか工場, 笠戸工場を経て, 92 年 2 月より(株)日立エンジニアリングサービス副技師長。この間, 荷役運搬機械, 自動倉庫, 物流システムなどの電気・制御システム設計に従事。

=====