

海洋牧場システムにおける魚探信号 伝送方式の改善について

河 口 真一郎*

Improvement on transmission method of signals from fish finder installed in fish farming system

Shinichiro KAWAGUCHI*

Abstract

Fish farming system is a system that releases sound and performs feeding according to instructions from land while measuring data on fish and sea condition at the same time, and is comprised of an acoustic feeding buoy and a station on land. An acoustic feeding buoy releases sound, performs feeding according to instructions from land, measures data on fish and sea condition and transmits data by radio. On the other hand, a station on land gives control orders according to sound release and feeding sequence, receives data of fish and sea condition, and displays and stores the result. The important technical problem for the fish farming system is deterioration of the signal from fish finder caused by restrictions in transmission bandwidth at the time of radio transmission. Owing to the restrictions in the Wireless Telegraphy Act, the transmission bandwidth needs to be limited within 3 kHz. When the signal from fish finder is transmitted within the permitted transmission bandwidth, distance resolution deteriorates significantly which gives rise to a problem particularly during use in shallow depth. Since volume scattering strength (hereinafter referred to as "SV value") from fish school is calculated in the case of fish farming system to confirm the effect of sound and feeding, deterioration in precision of SV value due to restrictions in transmission bandwidth poses a serious problem. In this study which was conducted to solve these problems, data transmission was performed without restrictions from the Wireless Telegraphy Act by performing signal band compression-expansion technique, developing a method that enables significant improvement of distance resolution and high precision of SV value. The favorable results that were obtained during the evaluation test of fish farming system will be reported.

1. はじめに

200海里専管水域の設定後、作り育てる漁業への関心が高まり、海洋牧場システムが稼働を開始した。海洋牧場システムは、陸上からの指令により放音・給餌を行なうと同時に、漁海況データの計測を行なうシステムであり、音響給餌ブイと陸上局から構成される。音響給餌ブイは、陸上からの指令により放音・給餌、漁海況データの計測と無線によるデータ伝送を行なう。

陸上局では、放音・給餌シーケンスに従った制御指令、漁海況データの受信、演算結果の表示・格納を行なう。海洋牧場システムでの重要な技術的課題は、無線伝送時の伝送帯域幅の制限に起因する、魚探信号の劣化である。伝送帯域幅は電波法上の制限があり、3 kHz以内に抑える必要がある。海況データは、数秒のオーダーでは変化せず、信号帯域幅は許可された帯域幅で十分であるが、魚探信号の伝送の場合、最低10 kHzは必要である。魚探信号を許可された伝送帯域内で伝送した場合、距離分離能が大幅に低下し、特に浅い水深で使用する場合に問題となる。海洋牧場システムの場合、音響・給餌効果を確認する為、魚群の体積散乱強度

1993年4月16日受理。

* 日本無線株式会社 2nd. Engineering Department, Japan Radio Co., Ltd. 1-1, Shimorenjaku 5, Mitaka, Tokyo, 181, Japan.

(Volume Scattering Strength: 以下, SV 値)を算出しているが, 無線伝送帯域幅の制限による SV 値の精度低下は大きな問題である。本研究は, これらの問題を解決するためになされたものであり, 魚探信号に対して帯域圧縮・伸張処理を行なうことにより, 電波法上の伝送帯域の制限を受けることなくデータ伝送を行ない, 距離分離能の大幅な改善と SV 値の高精度な演算を可能にする方式の開発を行なった。稼働中の海洋牧場システムでの評価試験により, 良好な結果を得たので報告する。

2. 装置の構成

音響給餌ブイは, 50 kHzの超音波により魚群からの反射信号を送受信する魚探部と, 魚探信号を時間軸伸張処理し, 電波法上許可された帯域まで帯域圧縮する信号帯域圧縮部と, 帯域圧縮された魚探信号を無線伝送する無線部から構成される。陸上局は, 音響給餌ブイからの伝送データを受信・復調する制御受信器, 復調された魚探信号(帯域圧縮されている)を時間軸圧縮処理し, 音響給餌ブイで計測された信号帯域まで帯域伸張する信号帯域伸張部と, 距離分離能が劣化することなく再現された魚探信号により SV 値を算出するコンピューターから構成される。Fig. 1は, 本方式の原理を説明するためのスペクトル分布図である。図中(a)で示すスペクトル分布を有する魚探信号を, 図中(c)で示す電波法上許可された伝送帯域幅 f_B まで帯域圧縮後(図中(b))に無線伝送し, 図中(d)で示すスペクトル分布を有する受信信号(図中(b)と同一)を帯域伸張により図中(e)で示すスペクトル分布を有する信号に復元する。この結果, 図中(a)で示すスペクトル分布と同一となり, 距離分解能の低下を防止でき

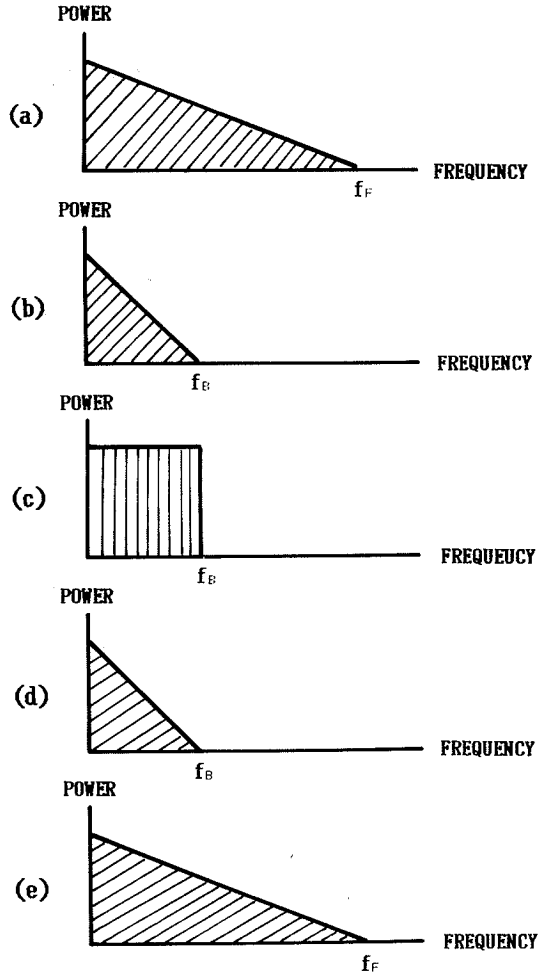


Fig. 1. Power spectrum of signal (a, b, d, e,) and transmission band width (c).

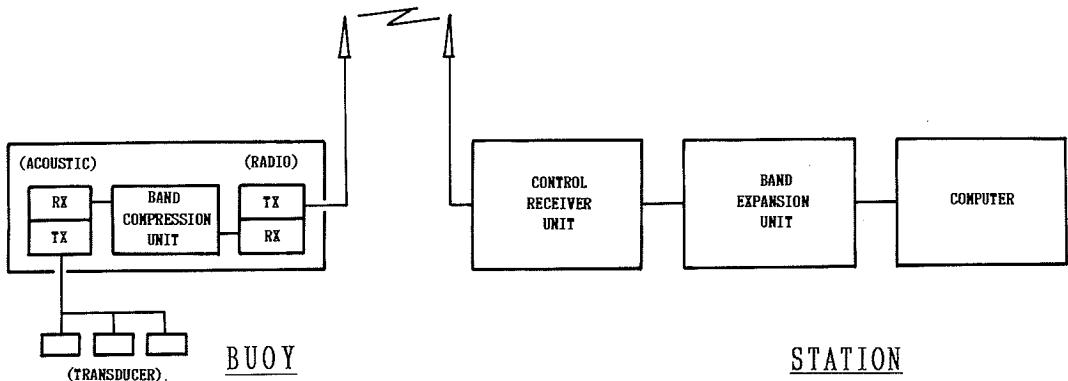


Fig. 2. Block diagram of new fish farming system install signal band compression-expansion technique.

る。Fig. 2 に本方式による海洋牧場システムの構成図を示す。

3. 処理方法

魚探部で受信・検波された魚探信号は、周波数 f のライトクロックで A/D 変換され、メモリーに書き込まれる。書き込まれたデータは、周波数 f/n のリードクロックでメモリーから読み出され、 D/A 変換回路でアナログ信号に変換後、無線部へ出力される。Fig. 3

に信号波形とクロックのタイミングを示す。その結果、信号帯域圧縮部の出力信号は、入力信号と比較して n 倍に帯域圧縮されたことと等価である。 n の値は魚探信号の帯域帯と、電波法上許可された伝送帯域幅から決定され、通常は 4 から 8 の値である。

制御受信器で復調された魚探信号（帯域圧縮されている）は、周波数 f/n のライトクロックで A/D 変換され、メモリーに書き込まれる。書き込まれたデータは、周波数 n のリードクロックでメモリーから読み出

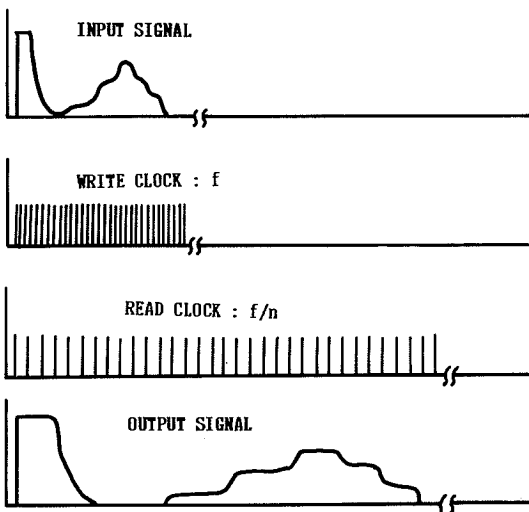


Fig. 3. Signal waveform and control clock of signal band compression unit.

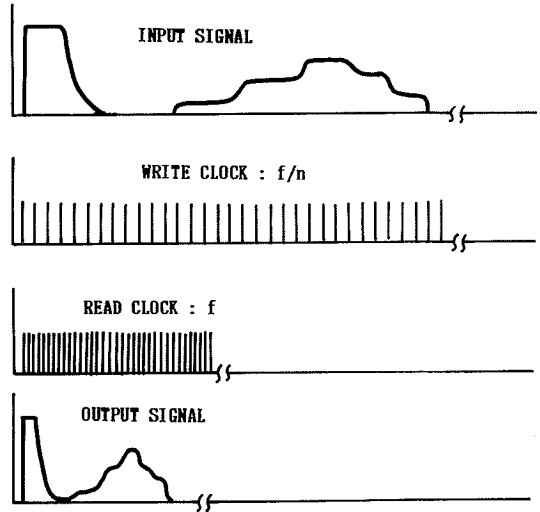


Fig. 4. Signal waveform and control clock of signal band expansion unit.

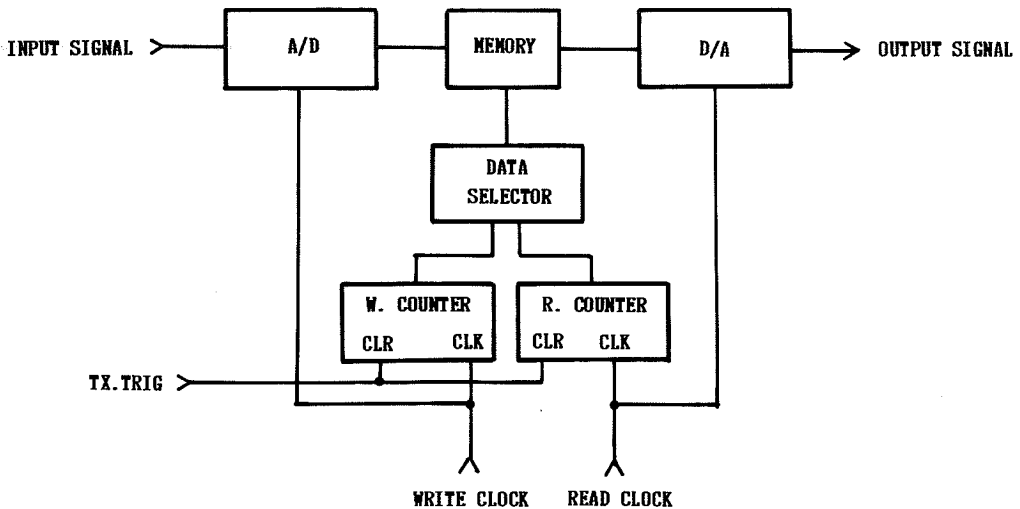


Fig. 5. Block diagram of processing unit.

され、D/A 変換回路でアナログ信号に変換後、コンピュータへ出力される。Fig. 4 に信号波形とクロックのタイミングを示す。その結果、信号帯域伸張部の出力波形と信号帯域圧縮部の入力波形は同一となり、音響給餌ブイで計測された魚探信号が、無線伝送の帯域幅に制限されることなく、陸上局で忠実に再現される。信号帯域圧縮部と信号帯域伸張部は同一回路で構成され、リードクロックとライトクロックの周波数が互いに逆の関係となっている。Fig. 5 に処理回路の構成図を示す。

4. 無線帯域幅と SV 値との関係

魚群の SV 値は次式で与えられる。(沖野ら, 1986; 伊藤ら, 1988; 古澤ら, 1992)

$$SV = 20 \log V - (SL + ER + G_0) + 10 \log \frac{C\tau}{2} + 10 \log \psi \quad (1)$$

- 但し、
- SV : 体積散乱強度 [dB]
 - V : 反射信号電圧 [V]
 - SL : 送波レベル [dB/μpa]
 - ER : 受波感度 [dB/μpa]
 - G₀ : 固定利得 [dB]
 - C : 水中音速 [m/s]
 - τ : パルス巾 [S]
 - ψ : 等価指向角 [dB]

無線伝送前の魚探信号による SV 値 (SV_{JF}) と、信号処理無しの場合のデータ伝送による魚探信号の SV 値 (SV_{JB}) の差の最大値を、SV 値の最大予想誤差量 max (SV_{ERR}) と定義する。すなわち

$$\max (SV_{ERR}) = SV_{JF} - SV_{JB} \quad (2)$$

無線伝送の帯域幅 f_B が魚探信号帯域幅 f_F の 1/m の場合、信号処理無しで伝送した場合の魚探信号は、m 倍に時間軸が伸張された信号となり、SV 値が最大で 20 log m 倍に過評価される。Fig. 6 は無線伝送帯域幅 f_B と、魚探信号帯域幅 f_F との比 (図中横軸) と、SV 値の最大予想誤差量である max (SV_{ERR}) (図中縦軸) の関係を図示したものである。無線伝送帯域幅が魚探信号帯域幅に対して 1/8 の場合、信号処理をしないで伝送した魚探信号の SV 値は、最大 18dB 過大評価される可能性がある。

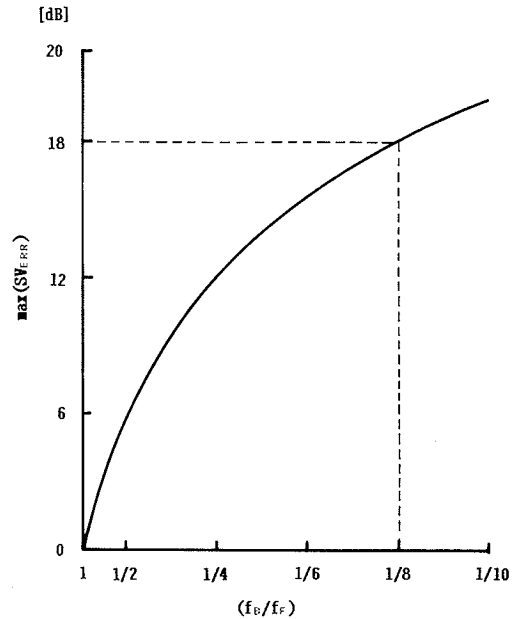


Fig. 6. Relation between (f_B/f_F) and max (SV_{ERR}).

5. 結 果

Fig. 7 は、本方式による信号処理前のヒラメ (Paralichthys olivaceus) の魚探信号記録紙例であり、海洋牧場システムで一般的に採用されている制御シーケンスである、計測のみ (F.F.), 放音 I (SOUND-I), 放音・給餌 (SOUND & BAIT), 放音 II (SOUND-II), 計測のみ (F.F.), における魚群と餌の移動状況を示している。音響馴致により学習された魚は、放音 I のシーケンスで音響給餌ブイの周辺に蝟集し、放音・給餌のシーケンスで海底から海面に向かって索餌の為浮上し、放音 II の経過後、離散するが、Fig. 7 はその傾向を示している。しかし、魚探信号帯域は、無線伝送帯域幅の 3 kHz に帯域制限されており、本来 12 kHz の帯域幅を有する魚探信号が 4 倍に時間軸が伸張されている為、距離分離能の劣化が著しい。その結果、魚群分布の内部構造が不明確であり、海底との分離も困難である。この場合、SV 値の最大予想誤差量は 12 dB となる。

Fig. 8 は本方式による信号処理後の魚探信号記録例である。この場合、信号圧縮率を 8 としており、無線伝送帯域幅が 24 kHz に拡張されたことと等価となり、12 kHz の帯域幅を有する魚探信号は完全に通過する。この結果、距離分離能は劣化せず、音響給餌ブイ

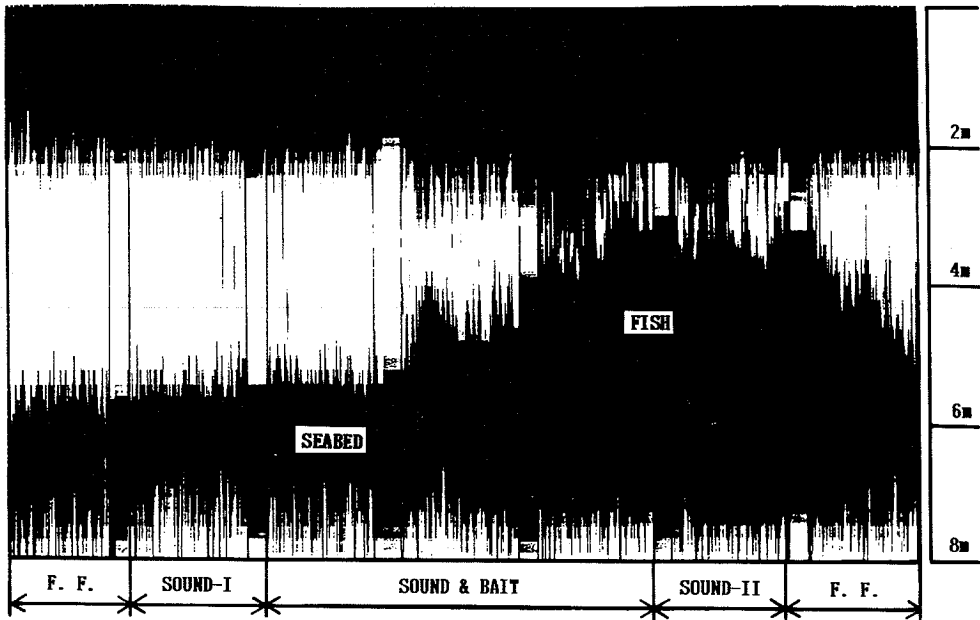


Fig. 7. Echogram of the fish finder at the typical control sequence of a fish farming system. The record is obtained by the fish finder which does not install the signal band compression-expansion technique.

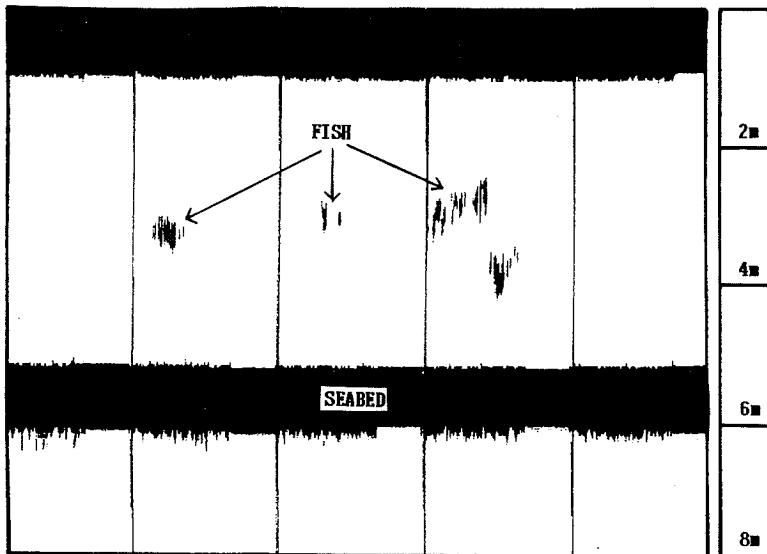


Fig. 8. Echogram of the fish finder. The record is obtained by the fish finder which install the signal band compression-expansion technique.

で計測された魚探信号が忠実に再現される。更にSV値の最大予想誤差量も発生せず魚探信号の無線伝送によるSV値の誤差は生じない。

6. 要 約

本研究により、電波法上制限されている無線伝送帯域幅の制限を受けることなく、高分解能の魚探信号伝送が可能となり、高精度の海洋牧場システムの構築が可能となった。今後の海洋牧場システムは、SV値による給餌量の制御が採用される方向にあり、その際、無線伝送においても魚探信号のSV値の誤差が発生しない、本方式の採用が必須の条件になると予想される。

文 献

- マリノフォーラム 21 (1991) 平成3年度底生魚類を対象とする海底牧場造成技術の開発. 第2回研究報告会資料, 1-13.
- 沖野陸郎・河口真一郎・水洗能治・早坂 稔・山下敏美 (1986) 大分海洋牧場魚量計測システム. 日本無線技報, 24, 3-9.
- 伊藤宗治・木村良一・河口真一郎 (1988) 高精度計量魚探システム. 日本無線技報, 27, 12-18.
- 古澤昌彦・高尾芳三・宮野泉洋一・河口真一郎 (1992) 魚量推定確度向上のための2段階エコー積分方式. 日水誌, 58 (3), 469-475.