

生体・脳科学と情報通信科学技術の融合に関する研究

— 階層的脳科学研究原理に基づくシナプスインフォマティクス研究支援 —

小林 春夫¹⁾ 白尾 智明²⁾ 堀越 淳³⁾ 今村 一之⁴⁾ 石川 信宣¹⁾ 築地 伸和¹⁾ 荒船 拓也¹⁾

¹⁾群馬大学大学院理工学府 ²⁾群馬大学医学系研究科

³⁾NPO Wireless Brain Network 理事長, 群馬大学研究協力員 ⁴⁾前橋工科大学

研究代表連絡先 : 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1 E-mail:k_haruo@el.gunma-u.ac.jp



研究背景・目的

プロトタイプ装置試作・伝送実験

非拘束状態(自由行動環境)におけるシナプス信号原理に基づいた思考や行動の符号化-復号化を実現するための情報伝達を目的としたサブシステムを試作

システム構成
 ・ADC: 24 bitΔ-Σ型ADC/250 sps~16K sps可変
 ・8-chマルチプレクサ(xk)
 ・ワイヤレス伝送: Bluetooth 2.1+EDR class 1出力

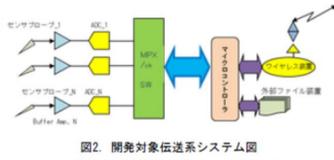


図2 開発対象伝送システム図

脳波信号(EEGセンサ)の取得・伝送
 及びそのPC monitor表示を行い、数
 十メートルの伝送距離を実現



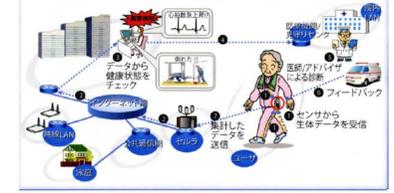
図3 プロトタイプ伝送系装置部分(EEGセンサプローブ装着)

目的

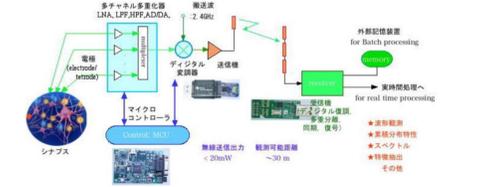
・新たな手法として自由環境下における動物の活動から得られるニューロ信号・シナプス信号を得るための信号取得機器を開発する

検討事項

- ADCの冗長設計
- 電源の小型・高効率・低ノイズ化
- システム要件の検討
- データ伝送設計・試作



シナプスインフォマティクス研究支援と将来システムの関連イメージ

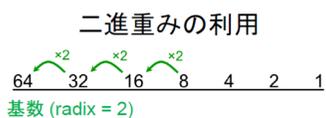


シナプスインフォマティクス研究支援のための開発中システム基本構成

ADCの冗長設計

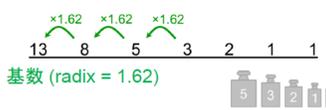
フィボナッチ数列の利用

27/62



重みの変更

フィボナッチ重みの利用
 1.62進数の実現



フィボナッチ冗長設計

ステップ数	1	2	3	4	5	6
比較電圧の重み	8	5	3	2	1	1
レベル	15	14	13	12	11	10
	9	8	7	6	5	4
	3	2	1	1	0	0

フィボナッチ手法による高速化

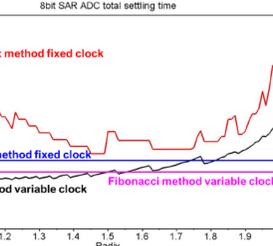
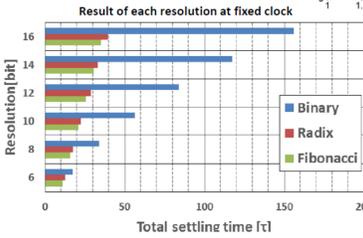
整定時間シミュレーション

◆ 整定時間の合計

$$T_{total} = \sum_{i=1}^M T_i$$

◆ 固定クロック整定時間

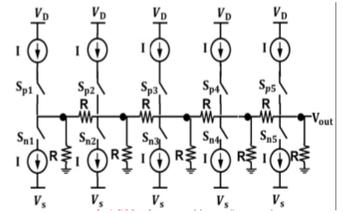
$$T_{total\ fixed} = T_{max} \times M$$



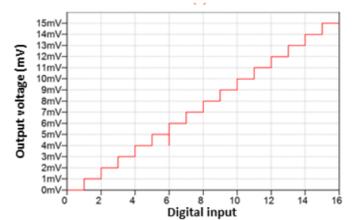
固定クロックで
 フィボナッチSAR ADCは
 Radix SAR ADCより高速!
 (Radix手法より10%短縮)

フィボナッチ重み付けDA変換器

考案/改良した
 フィボナッチ
 重み付け
 DA変換器



シミュレーションによる
 動作確認

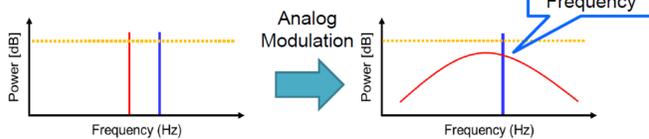


電源の小型化・高効率化・低ノイズ化

コーディング方式スペクトラム拡散

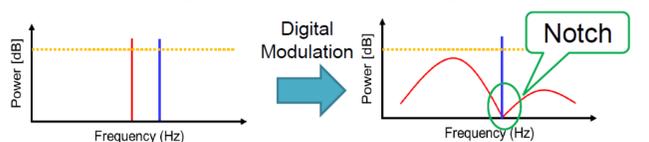
Conventional Method

➢ アナログ信号を入力し、パルスのパラメータを変調



Proposed Method

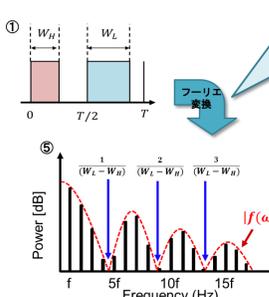
➢ デジタル信号を入力し、パルスのパラメータをコーディング



PWC信号のフーリエ解析

フーリエ解析手順

- ①解析波形の定義
- ②定義波形をフーリエ変換
- ③絶対値を取る
- ④定義波形のスペクトラム特性を算出
- ⑤スペクトラム特性から、零点を算出



$$f(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$= \int_0^{W_H} e^{-j\omega t} dt + \int_{T/2}^{W_L+T/2} e^{-j\omega t} dt$$

$$= -\frac{1}{j\omega} \{ \cos(\omega W_H) - j\sin(\omega W_L) - \cos(\omega W_L) + j\sin(\omega W_L) \}$$

$$|f(\omega)| = \frac{1}{\omega} \sqrt{2 - 2\cos(\omega W_H - \omega W_L)}$$

$$= \frac{1}{\omega} \sqrt{4\sin^2\{(\omega W_L - \omega W_H)/2\}}$$

$$= \frac{(W_L - W_H)}{\omega} \left| \sin\left\{\frac{\omega}{2}(W_L - W_H)\right\} \right|$$

$$\textcircled{4} = (W_L - W_H) \left| \text{sinc}\left\{\frac{\omega}{2}(W_L - W_H)\right\} \right|$$

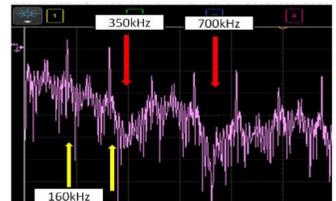
PWC方式の実験結果

* 周波数特性

$$f_{notch} = \frac{n}{(W_L - W_H)} = 344.8\text{kHz}$$

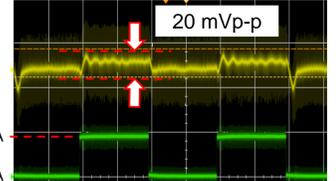
理論値と一致

◎条件
 $W_L = 4.0\mu s$
 $W_H = 1.1\mu s$
 $f_{clock} = 160\text{kHz}$



* 出力電圧リップル (過渡応答特性)

スイッチング電源として
 正常動作

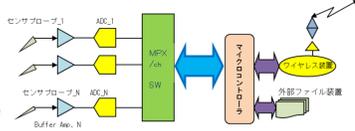


データ伝送系設計・試作

プロトタイプ装置試作・伝送実験

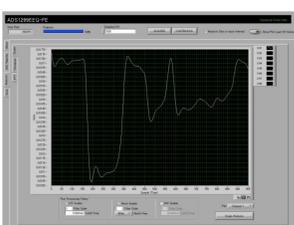
非拘束状態(自由行動環境)におけるシナプス信号原理に基づいた思考や行動の符号化-復号化を実現するための情報伝達を目的としたサブシステムを試作

システム構成
 ・ADC: 24 bitΔ-Σ型ADC/250 sps~16K sps可変
 ・8-chマルチプレクサ
 ・ワイヤレス伝送: Bluetooth 2.1+EDR class 1出力



プロトタイプ伝送系装置部分(EEGセンサプローブ装着)

試作システムでのデータ取得



取得データ (LabVIEW)



取得データ (visual studio)

今後の課題

<ADCの冗長設計>

- 実機検証

<電源の小型・高効率・低ノイズ化>

- 高効率・低ノイズの定量化
- 2次ΔΣ変調器への展開

<システム要件の検討>

- 取得ニューロ信号・シナプス信号の特性解析と特徴抽出プログラム開発
- 電極近傍の意味のある変化パターンの抽出と応用への展開

<データ伝送系設計・試作>

- ニューロ信号の取得
- 伝送系装置の更なる小型化