

並列処理アーキテクチャ向き
高精度スペクトル推定手法

3C-8

宮永 喜一, 永井 信夫, 永田 邦一

北大 応用電気研究所

+北大 工学部

1 まえがき

VLSI設計の特徴を考慮した計算機アーキテクチャの一つにシストリックアレイを用いた並列計算方法がある。〔1〕この方法は処理の並列性を最大限に利用して短時間で大量の計算を行う事ができる。本稿では、高精度スペクトル推定を可能とするシストリックアレイを提案する。

2. 高精度スペクトル推定〔2〕

与えられた信号のスペクトルを近似するフィルタにデジタルラティスフィルタが提案されている。〔2〕このフィルタを用いれば信号の高精度スペクトル推定が可能となる。ラティスフィルタはいくつかのセクションの縦続接続により構成される。

信号を生成するモデルを

$$y_k = H(z^{-1})u_k \quad (1)$$

とする。ここで、 y_k と u_k は各々出力、入力信号である。この y_k 、 u_k を最初のセクションに入力し、最終セクションで白色化された信号が出力されるように係数を決めると、それらの係数より近似スペクトルを得る。

3. 単純化されたフィルタセクション

信号処理用のシストリックアレイには、次のような性質をもたせる。

(1) モデルの次数も未知であるから、全ての次数について同時に計算できるように考慮する。

(2) フィルタの係数計算を単純化する必要がある。

(1)、(2)を考慮し図1のフィルタを設計した。ただし、このフィルタは、5種類の信号を用いおり、各信号の関係は、図2に与えられる。ここで用いられている係数は、次の様に計算される。sはAR次数、tはMA次数、kは時間を示す。

$$\mu_1 = -E[\xi_{k-1}^{s,t} v_k^{s,t}] / E[\xi_{k-1}^{s,t} \xi_{k-1}^{s,t}]$$

$$\mu_2 = -E[v_{k-1}^{s,t} v_k^{s,t}] / E[v_k^{s,t} v_k^{s,t}]$$

$$\eta_1 = -E[\gamma_{k-1}^{s,t} v_k^{s,t}] / E[\gamma_{k-1}^{s,t} \gamma_{k-1}^{s,t}]$$

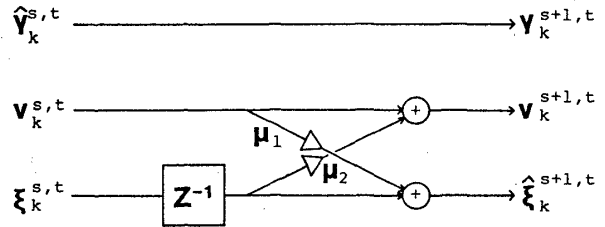


Fig.1(a) AR Order-update Section

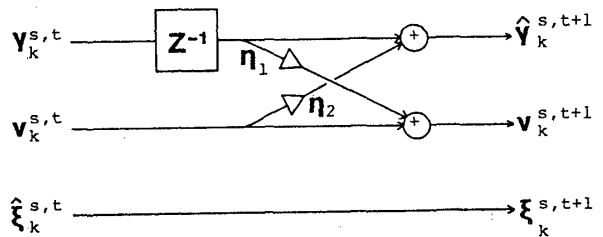


Fig.1(b) MA Order-update Section

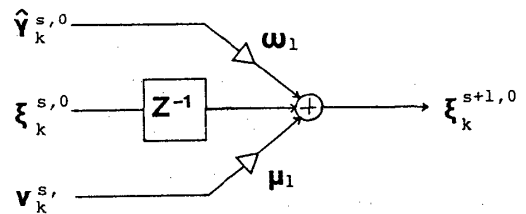


Fig.2(a) Adaptor 01

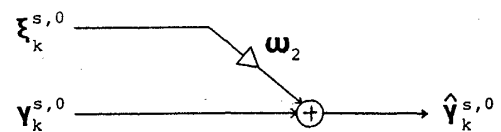


Fig.2(b) Adaptor 02

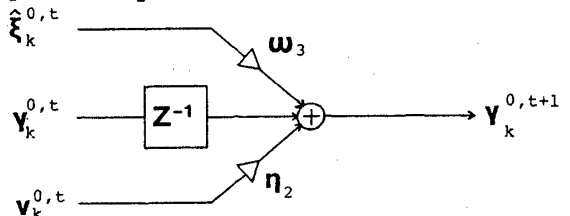


Fig.2(c) Adaptor 11

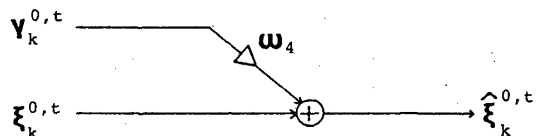


Fig.2(d) Adaptor 12

$$\eta_2 = -\frac{E[\gamma_{k-1}^s, t, v_k^s, t]}{E[v_{k-1}^s, t, v_{k-1}^s, t]}$$

$$\omega_1 = \frac{E[\xi_{k-1}^s, 0, \gamma_k^s, 0]}{E[\hat{\gamma}_k^s, 0, \hat{\gamma}_k^s, 0]}$$

$$\omega_2 = \frac{-E[\hat{\xi}_k^s, 0, \hat{\gamma}_k^s, 0]}{E[\hat{\xi}_k^s, 0, \hat{\xi}_k^s, 0]}$$

$$\omega_3 = \frac{E[\hat{\xi}_k^0, t, 0, t]}{E[\hat{\xi}_k^0, t, \hat{\xi}_k^0, t]}$$

$$\omega_4 = \frac{-E[\hat{\xi}_k^0, t, 0, t]}{E[\gamma_k^0, t, \gamma_k^0, t]}$$

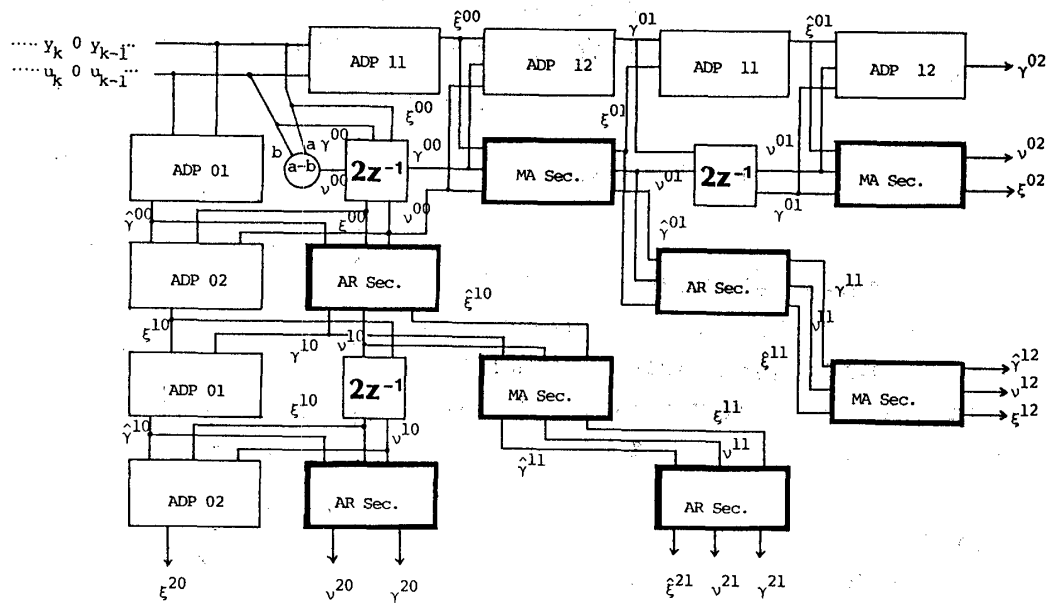


Fig. 3 Systolic Array Architecture for Spectrum Estimation

4. シストリックアレイ

全体の構成は、図3の様になる。このアレイに次のような信号を入力する。

... $h_{k+1} \ 0 \ h_k \ 0 \ h_{k-1} \ 0 \ \dots$
 但し $h_k = (y_k, u_k)$ 。係数を求めるため、信号の相関を計算する必要があるが、これは、各ブロック中の最初の部分において計算する。各図中の z^{-1} は論理遅れで、このアレイの論理遅れは、掛け算1回、割り算1回分に相当する。図1(a)に相当する設計部分は図4に示す。

5. 検討

図3のアレイについて考察を行う。与えられた信号を処理するには、(1) 次数決定と(2) 係数推定の2つを行う必要がある。この2つを行うために、逆行列を用いた一般的な手法では $(s+t)^3$ に比例する計算量を必要とし、文献(2)の方法では $(s+t)^2$ に比例する計算量を必要とする。これらの方法では、すでに信号の相関が求まっているとしている。ここで、本報告に基づいた手法との比較を行う。いま、200サンプルの信号が与えられたとしよう。この信号を $s \leq 10, t \leq 10$ の範囲で処理を行うとする。この時、文献(2)の方法を用いれば、4400+1200ステップの計算を必要とする。ここで4400回の計算は信号の相関を求める為の計算量である。さらに加算、減算の計算ステップは無視している。本アレイでは、400+20ステップの計算で同等の処理が行える。

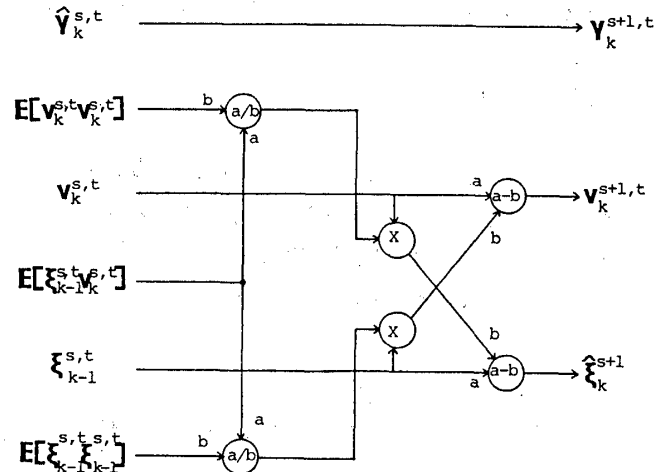


Fig. 4 Architecture of AR section

謝辞 日頃御指導頂く北大、応電研羽鳥孝三教授、三木助教授に深謝致します。またこの研究は、文部省科学研究費の補助(61750312)において行われたものである。

文献

- (1) C.Mead and L.Conway, "Introduction to VLSI systems", Addition-Wesley Pub., inc. (1980).
- (2) 宮永、三木、永井, "白色ガウス過程を入力するAR MAデジタルラティスフィルタ", 信学論(A), J67-A, 12, pp.1270-1277 (昭和59年12月)。