



Title	FPGAによる無線信号向け独立成分分析処理回路の実装
Author(s)	井ノ元, 利典; 塩見, 英久; 岡村, 康行
Citation	電子情報通信学会総合大会講演論文集. 2008, 2008(通信(1)), p. 610-610
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/51295
rights	Copyright©2008IEICE
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

FPGAによる無線信号向け独立成分分析処理回路の実装

Implementation of the independent component analysis processing circuit for wireless communications by FPGA

井ノ元利典 塩見英久 岡村康行
Toshinori Inomoto Hidehisa Shiomi Yasuyuki Okamura

大阪大学基礎工学研究科
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

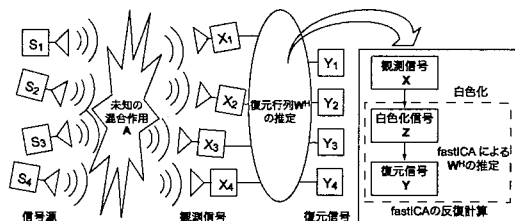


図1 Signal Flow of ICA

表1 計算時間の比較

	PC	FPGA
$z(4 \times 4)$	8.09[ms]	6.65[μ s]
$z(4 \times 8)$	17.7[ms]	28.7[μ s]

表2 PCでの計算結果を基準とした誤差率

	FPGA
$z(4 \times 4)$	0.05[%]
$z(4 \times 8)$	0.01[%]

1 まえがき

独立成分分析(ICA)は近年非常に発展してきているブラインド推定技術であり、信号の独立性を基に、混雑したノイズの中から所望の信号を見つけ出す方法である。Hyvarinenのロバストで高速なアルゴリズムであるfastICAの登場により、より広くの分野への応用が進んでいる。FPGAによる計算は、行列計算のような並列処理・反復処理に適している。また、パイプライン処理など、ハードウェア特有の自由度の高い設計を行うことにより、さらなる高速化が期待できる。

2 複素数値 fastICA

fastICAはHyvarinenにより考案され、後に複素数値を対象に拡張された、高速でロバストなアルゴリズムである。fastICAでは、白色化信号 z が得られたとき、次式により復元ベクトル w の計算を行う。

$$w \leftarrow E \left\{ z (w^H z)^* g(|w^H z|^2) \right\} - E \left\{ g(|w^H z|^2) + |w^H z|^2 g'(|w^H z|^2) \right\} w(1)$$

ここで、 $g(x) = \tanh(x)$ 、 $g'(x) = 1 + \tanh(x)$ である。この w の計算をFPGAにより実現することにより、高速な処理を実現する。

3 VHDLによるシミュレーション

対象とするデバイスは、XilinxのVirtex FamilyのXC4VFX12である。fastICAの計算はベクトルの乗算と加減算が中心であるため、メモリのデータを並列に読み込むことが可能であり、極めて短時間で計算が可能である。 $\tanh(x)$ の計算は複雑であるため、今回は、入力値 x に対して、あらかじめ計算した $\tanh(x)$ をもとに近似を行っている。これにより、得られる $\tanh(x)$ の誤差率が0.3%より小さくなるようにしている。

今回は動作の検証を行うために、簡単な固定小数点数16bitで回路を記述した。

4 計算結果

実際に 4×4 行列の W と、 $4 \times 4, 4 \times 8$ 行列の Z に対して、作製したVHDLコードをもとにシミュレーションした結果と、PC(Celeron 2.53GHz, Memory 1GB)で計算した結果を比較する。

計算時間については、FPGAの最大動作周波数(160MHz)と計算に要したクロック数から求めた。

5 検討

計算結果より、FPGAを用いることで、PCと比べ、極めて高速に計算できていることがわかる。また、計算結果も良く一致しており、計算精度も十分良好であることが確認できた。

今回は試作のため行列の成分は少なかったが、計算速度が極めて高速であり、リアルタイム処理への応用が可能であると考えられる。また、より大きな行列に対して処理を行えるように、設計を考える必要がある。

6 まとめ

本報告では、FPGAによるfastICAアルゴリズムの実現について述べた。FPGAを用いることにより、極めて高速な計算を行うことができ、FPGAをICAに応用できることを示した。計算速度が極めて高速であるため、FPGAを用いることにより、ICA処理をリアルタイムで行うことも可能であると考えられる。

参考文献

- [1] A.Hyvarinen, J.Karhunen and E.Oja, "Independent Component Analysis," John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- [2] E.Bingham and A.Hyvarinen, "A Fast Fixed-Point Algorithm for Independent Component Analysis of Complex-Valued Signals," Int.J.of Neural Systems, 10(1):1-8, 2000.