

最適化事例

インテル® ソフトウェア製品と デュアルコア・プロセッサ向け最適化による オーディオ変換アルゴリズムの高速化



ソニーデジタルネットワークアプリケーションズ株式会社 (SDNA) は、2000年8月、ソニーのパーソナルコンピュータ<VAIO>の設計部門から独立し、ソフトウェアの開発、商品化を行うプロ集団として誕生しました。

その後さまざまなコンシューマー機器の組み込みソフトウェアやネットワーク・アプリケーションの設計・開発へと活動のフィールドを拡大。2005年1月にはソニー本体のVAIO部門のアプリケーション開発担当エンジニアのすべてがSDNAに配属され、400名近いエンジニアを擁するようになり、ソニーグループにおけるソフトウェア開発の一大拠点として、PCやコンシューマー・エレクトロニクス分野に新しい波を起こし続けています。

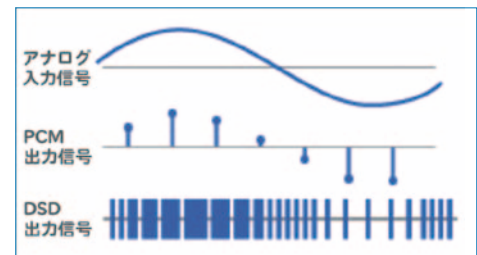


ソニーデジタルネットワーク
アプリケーションズ株式会社
大河内俊雄 氏

CD-DA オーディオ変換アプリケーション最適化

音楽 CD (CD-DA) に格納された PCM データを再生する場合、サンプリング周波数 44.1kHz で 16 ビット量子化されたデジタルデータを、再生時に補完して出力します。しかし、この方法では段階的なデジタルフィルタによる変換の過程で、演算誤差や情報の欠落による音質の劣化が生じてしまいます。

SDNA では、PCM 形式のオーディオデータをスーパーオーディオ CD (SA-CD) で採用される DSD (Direct Stream Digital) 形式に高精度で変換することで、CD オーディオをより高品質に再生することを可能にしました。



DSD Direct のデータ構造と処理概要

DSD Direct の演算は、読み込まれた左右それぞれの倍精度浮動小数点データに対し、30,000 TAP FIR フィルター (64x Up-sampling) と Delta Sigma Modulator 処理を行います。FIR フィルターでは 1 つのデータに対し 64 個の係数を積和する処理を、すべてのデータに対して行います。改善前の DSD Direct では、1 つのループ内で左右 2 つのデータにそれぞれこのような処理を行っていました。

実践した主な最適化手法

DSD Direct ではソフトウェアにより時間をかけて高精度演算を行いますが、2005 年秋モデルの VAIO に搭載されたバージョンでは、1 枚の CD を変換するのに 3.4GHz のインテル® Pentium® 4 プロセッサ HT 上で、実際の再生時間の 3 倍以上の時間が必要でした。そこで、インテル® ソフトウェア開発製品を利用した最適化とマルチスレッド化を行うことで、従来の 3.5 倍の処理性能を実現することができました。この事例では最適化とマルチスレッド化で導入した手法を紹介します。

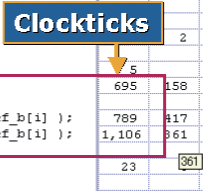
- VTune™ アナライザによるボトルネック解析
- SSE 組み込み関数
- インテル® コンパイラによる最適化
- キャッシュの利用効率向上
- OpenMP* によるマルチスレッド化

ボトルネックの解析

```

}
*data_count++; *data_count++;
for( k = 1; 256 > k; k++ )
{
    data_count_1 = data_count + 1;
    for( j = 0; 64 > j; j++, i++ )
    {
        ans_l[j] += (double)*(data_count ) * coef_b[i] );
        ans_r[j] += (double)*(data_count_1) * coef_b[i] );
    }
    *data_count++; *data_count++;
}

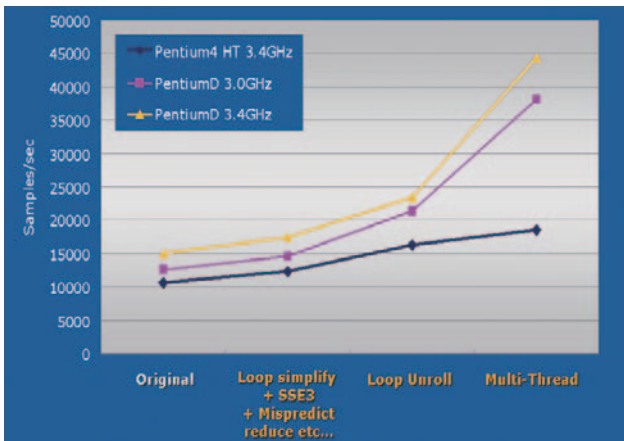
```



DSD Direct の最適化ではいくつかの段階的な手法を導入し、その都度、性能測定を行いました。最初に VTune™ アナライザによるボトルネック解析によってソースコードの何処にどのようなボトルネックがあるのかを分析しています。その結果を基に、最も時間を要する FIR フィルター (Finite Impulse Response Filter) の積和演算をインテル® コンパイラがサポートする SSE 組み込み関数で書き換えてみましたが、128 ビット XMM レジスタへのリードとストアがボトルネックとなり、26% の性能低下となってしまいました。

コンパイラによるベクトル化

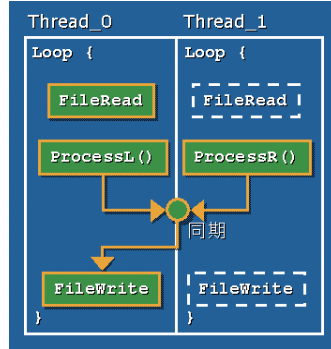
元のソースコードをインテル® コンパイラのベクトル化オプション (/QxP) を有効にしてコンパイルし、SSE3 命令によるベクトル化を促進するためのループの単純化を行ったところ、SSE3 未使用時の 13% の高速化を実現することができました。インテル® コンパイラのレポートオプション「/Qvec_report」を利用することで、何処を改善すべきかを知ることができます。この結果、SSE 組み込み関数を使用する場合、その利用場所に十分考慮する必要があり、インテル® コンパイラのベクトル化機能とそれを最大限に活用するループの単純化で、高速化が十分可能であることがわかりました。



キャッシュの効果的な利用

VTune™ アナライザの分析結果を基に、ループのアンロールによって 64 バイト・キャッシュライン内に読み込まれているデータを有効活用することで、さらに 19% の高速化が実現できました。

OpenMP* によるマルチスレッド化



DSD Direct では L チャンネルと R チャンネルの処理は完全に独立しているため、それぞれをスレッドで処理することを検討しました。

マルチスレッド化にあたって Win32 API を直接使用せず、インテル® コンパイラがサポートする OpenMP* による並列化を行うことにしました。

```

#pragma omp parallel {
    Loop {
        #pragma omp single
        FileRead()
        if( omp_get_thread_num () == 0 )
            ProcessL()
        else
            ProcessR()
        #pragma omp barrier
        #pragma omp single
        FileWrite()
    }
}

```

OpenMP* を使用することで、最小限のソースコードの変更でマルチスレッド・アプリケーションを開発できました。上図の処理は、左のリストのような簡単な宣言子の追加で、1つのスレッドでのファイル I/O、2つのスレッドでの左右のデータ演算、そして書き込みのための同期処理を行うことができます。

マルチスレッド化後の DSD Direct アプリケーションをインテル® スレッド・プロファイラでテストし、2つのスレッドに均等に負荷が掛かっていることを確認できました。さらに、デュアルコア・プロセッサで実行したところ、インテル® Pentium® D プロセッサ 3.4GHz ではリアルタイム処理に限りなく近い時間で処理ができるようになりました。

アプリケーションの高速化を短期間で実現するには、VTune™ アナライザやインテル® コンパイラなど優れた開発ツールが必要不可欠であるといえます。

インテル® ソフトウェア開発製品の詳細は、下記サイトにてご覧いただけます。 www.intel.co.jp/jp/developer/software/products/

評価版を無料でお試しいただけます。

<http://www.intel.com/cd/software/products/ijkk/jpn/>

Intel、インテル、Intel ロゴは、アメリカ合衆国およびその他の国における Intel Corporation またはその子会社の商標または登録商標です。その他の社名、製品名などは一般に各社の商標または登録商標です。

© 2006 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。

JPN/0606/5K/XL/SSG/KS

