

# サラウンディング・コンピューティング環境向け基盤技術 に関する研究

福本昌弘\* 島村和典 岩田 誠 全 卓樹 濱村昌則 吉田真一

高知工科大学 工学部 情報システム工学科  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

E-mail : \*fukumoto.masahiro@kochi-tech.ac.jp, shimamura.kazunori@kochi-tech.ac.jp,  
iwata.makoto@kochi-tech.ac.jp, taksu.cheon@kochi-tech.ac.jp,  
hamamura.masanori@kochi-tech.ac.jp, yoshida.shinichi@kochi-tech.ac.jp

**要約:** サラウンディング・コンピューティング環境は、データ駆動型ネットワークプロセッサによる超高速・低消費電力な情報転送を基礎として、ユーザからの要求に柔軟に応じるために適応的なネットワーク構成による資源の有効活用を可能にすることを目指している。本研究では、新世代ネットワーク技術を担うサラウンディング・コンピューティング環境実現のための要素技術として、ネットワークプロセッサのためのパイプライン構成法、ネットワークへの高速なアクセスのための無線方式、多様な情報収集を可能にする RFID を用いた情報共有ネットワーク技術、ネットワーク上に大量に存在する画像情報の効率的な検索アルゴリズム、ネットワーク上のリソースを有効に活用することで高性能信号処理を実現する方式と音響再現システムを提案している。最後に、未来のより高速で安全な情報通信のための基盤技術となる量子コンピューティングに関する研究成果についても述べている。

## 1. まえがき

快適な情報環境を実現するためには多様なサービスを要求に応じて提供することが重要である。特に負荷が大きな処理を施すためには、ネットワーク上に分散する資源を有効に活用するための技術が求められる。ユビキタス環境では、遠く離れた複数地点からデータを収集してリアルタイムで処理するといったこともできるが、データの流れを考えたときデータを集約する必然性はそもそもなく、分散処理することが自然である。そこで、ネットワークや情報機器の機能を意識せずに、ネットワーク上の計算資源やデータベース資源を自由に活用できる、進化するユビキタス環境であるサラウンディング・コンピューティング環境の確立を目指している[1, 2]。

情報ネットワークを介して転送される情報をより有益なものにするには、あらゆる情報の有機的な連携や分散している情報の自動配信が求められる。そこで、サラウンディング・コンピューティング環境で提供される情報への高度な価値の付与とその情報を転送・提示するための方式についての研究を行っており、その一部は、超高速・高機能研究開発テストベッドネットワーク JGN II

における次世代高機能ネットワーク基盤技術・利活用技術に関する研究開発プロジェクトのテーマとして実施されている[3]。更に、多様な価値を付与された情報を転送するためには、送信するデータの種類や用いる通信媒体、その他外的要因によらずリアルタイムでの送受信や再現を可能にすることが求められる。そこで、高速・高効率符号化処理、画像・音声情報など多種多様な情報を統合的に再現するための研究を行っている。

本稿では、まず、サラウンディング・コンピューティング環境での柔軟な伝送処理を実現するための、データ駆動型プロセッサを用いたネットワーク・プロセッシングについて示し、次いで、ユビキタス環境での快適なサラウンディング・コンピューティング環境創出のために不可欠であるアクセス系ネットワークへの高速接続を実現するための無線通信方式について述べる。また、新世代の超高速・大容量ネットワーク上では大量の情報が転送されているが、ユビキタス環境での情報提示のためには、あらゆる情報通信機器での情報転送・再現を可能にする必要がある。そこで、RFIDを用いた情報共有ネ

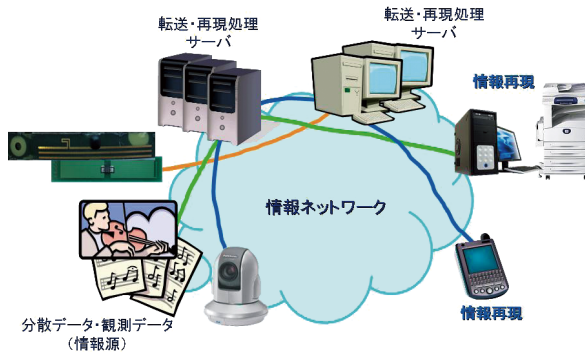


図1 サラウンディング・コンピューティング環境における情報転送・再現

ネットワークのためのルーティング技術、大量の画像情報を効率的に分類する検索方式、音響空間を携帯情報機器でも効果的に再現できる信号処理方式と音響再現システムを提案する。最後に、未来の情報通信のパラダイムの変革に対する期待が高まっている量子コンピューティングのための電子素子技術に関する研究成果を示す。

## 2. セルフタイム型パイプラインの相互作用回路の検討

サラウンディング・コンピューティング環境を実現するためには、消費電力を抑えながら超高速に情報転送できることが不可欠である。このための有力な技術として、データ駆動型ネットワークプロセッサがある[4]。

トランジスタの高密度集積化技術のさらなる進展を、今後も継続的に、計算機システムの高性能化に転換するには、対象アプリケーションに内在する並列性を可能な限り LSI チップ上に展開して、徹底した並列処理化を図る必要がある。本研究では、広大なチップ平面上にセルフタイム回路を用いたパイプライン処理機構を2次元展開することによって、チップ面積が許す限り、パイプライン並列処理を展開できる、2次元セルフタイム型パイプライン(2次元 STP)の構成法について検討を進めている[5]。本章では、まず、2次元 STP の基本構想について述べ、その核となるパイプライン間の相互作用回路の構成法を提案する。さらに、その応用例を 0.18  $\mu\text{m}$  CMOS プロセスで設計した結果を示す。

### 2.1 パイプラインの2次元展開

パイプライン処理機構はチップ上の素子の稼働率を向上する常套手段として、広く活用されている。さらに、従来の直線状、あるいは環状の構成のみではなく、計算要素間のデータの流れ(データフロー)に沿ってパイプラインを2次元展開することで、空間的・時間的並列

性を最大限に引き出すことができる[8]。結果、SoC (system on a chip)レベルでの、大規模並列処理による高性能化が期待できる。本章では、こうした2次元パイプラインの基礎として、2本のパイプライン間の相互作用を実現する。

2次元展開されたパイプライン内をデータが移動する際、パイプライン内のデータ流に一時的に擾乱が生じる。これに対し、STP は、ステージ間の局所的な転送制御(ハンドシェイク)信号の授受で動作するため、データ流の変化に対して柔軟である。よって、大域的なスケジューリング機構なしで、パイプライン間のデータ転送を継続できる。STP において、相互作用の実現には、パイプライン間を横断するデータ流に対して、転送経路を制御する回路が必要となる。このとき、一方あるいは両方のパイプラインの一時的な停止が必要となるため、多ステージに制御が分散すると、制御回路は複雑になる。これを避けるため、相互作用の制御は隣接するステージ間に局所化する必要がある。

ここでは、局所的な2本のパイプライン間の相互作用を、一方から他方への流出と流入で表現し、任意の相互作用を、これらの流入出の組み合わせで実現した。図2に2本のパイプライン間の流入出を示す。流出には、前方への流出(Forward)と、他方のデータ流が一時的に停止していても他方と相互作用を実現するための横方向へ流出(Sideward)がある。図2において、有意な組合せを表1に示す。

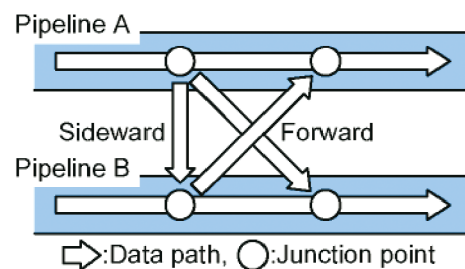


図2 パイプライン間の流入出

表1 パイプライン間相互作用

Interaction	Pipeline A	Pipeline B
Branch	Straight, Forward	
Merge	Straight	Forward
(a) One-way	Straight, Forward	Straight
(b) Bi-directional	Straight, Forward	Straight, Forward
(c) Sideward One-way	Straight, Sideward	Forward

## 2.2 相互作用回路

相互作用の実現には、個々のデータの流入出に応じて非同期に遷移するハンドシェイク信号の授受のタイミングを保証する必要がある。しかし、相互作用回路内の信号遷移を、人手で網羅的に把握し、個々のタイミングを保証することは困難である。本章では、相互作用回路を、図3に示すように、ハンドシェイク回路(C部)、入力された2つのデータを基に転送経路を決定するR部、ハンドシェイクに基づき経路の切替えタイミングを調停するArb部、転送経路を切替えるMUX部に分割した。加えて、次ステージへの転送が完了するまで、前ステージからの転送許可を延期するハンドシェイクプロトコルを採用した。これにより、非同期回路設計手法の一種であるハフマン回路[9]に基づきC部を機械的に設計可能にした。さらに、各部のタイミング制約を明らかにした。提案構成では、過負荷時にデータ転送時間が伸張するが、システム全体の負荷分散手法を導入すれば、性能は高く維持できる。

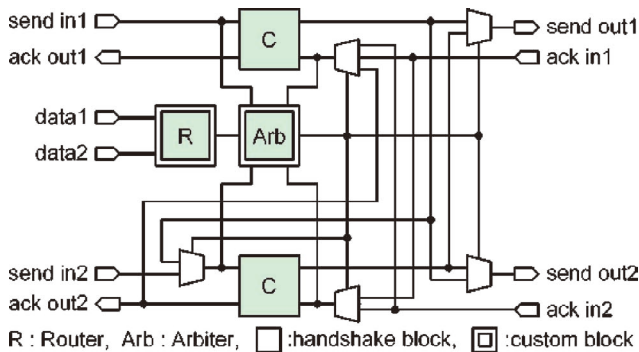


図3 相互転送制御回路

図3は、全ての相互作用を包含した、相互作用回路であり、応用する機能に応じて、C部、R部、Arb部、MUX部、および配線を表2のようにカスタマイズする。

## 2.3 評価

本章では、提案回路の有効性を示すため、表1の(a)~(c)をそれぞれ応用した2次元STPの例を実装した。これらの設計にはTSMC社0.18 $\mu$ mプロセス6LM1.8V CMOS標準セルライブラリを用いた。

### (a) 優先度付きキューイング機構 (SPQ)

優先度付きキューイングを実現するため、データが持つ優先度の比較処理と、高優先度のデータを優先的に出力する一連の流れを2次元STPで直接的に実現した。SPQは、パイプラインを折り返して、データ流を対向させ、向かい合うステージ間に一方向相互作用回路によるバ

イパス経路を設けている。R部では、優先度の大小比較を行いバイパスの可否を決定する。一方、Arb部では、バイパス時に、折り返して流れてくるデータを一時的に停止させて、追越しを実現している。データ幅8ビット、256ステージのSPQを構成した。結果、手作業で設計された回路[10]と同程度の処理性能である、約100M[パケット/秒]を達成しており、38Gbpsのリンク速度に対応した、Diffserv等のQoS制御への応用が可能であることを確認した。

### (b) 多段相互接続ネットワーク (SPR)

SPRは、データを宛先アドレスに従い、交差あるいは並行方向へ転送を制御する、2入力2出力スイッチ・セルを多段に組合せたオメガ網を、2次元STPで直接的に実現したルータである。各セルは、宛先アドレスから転送方向を決定するR部と、2入力データの転送方向が重複した際に一方の転送の完了を待って他方の転送を開始するように調停するArb部から成る、双方向相互作用回路で実現した。データ幅8ビット、8入力8出力のルータを構成した結果、現行のデータ駆動プロセッサ・コア間のルーティングに十分なデータ転送能力である、150M[パケット/秒]を達成できることを確認した。

### (c) パイプライン・ソータ (SPS)

SPSは、データのキー値の比較処理と、データ間の順序を整える交換処理で構成されるソートの一連の流れを、2次元STPで直接的に実現した構成である。SPSは、入力データを流すパイプラインとソート済みのデータを保持する2本のパイプライン間を、比較と交換処理を行う、横向き一方向相互作用回路で接続する。このために、R部は入力及びソート済みデータのキー値の比較を行い、Arb部は、その結果に基づき、データ交換のタイミングを調停する。データ幅8ビット、最大256個のデータを保持できるSPSを設計し、約100M[パケット/秒]の処理性能を達成できることを確認した。つまり、2Gbpsのトラフィックに対するTCPパケット・リアセンブル等に適用できる。上記のSPQ、SPR、およびSPSのチップレイアウトを図4に示す。

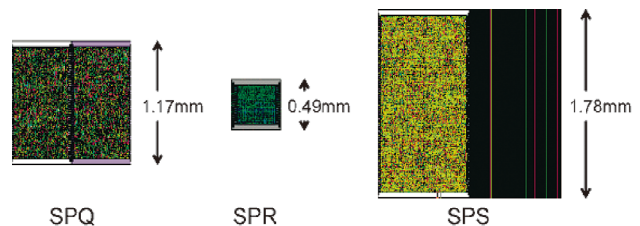


図4 チップレイアウト



### 3. ホッピングパターン帰還型マルチトーンホッピング CDMA の性能

サラウンド・コンピューティング環境での快適な情報転送のためにはアクセス系ネットワークへの高速接続を実現するための無線通信方式が求められる。

非同期無線通信システムは、マルチパスによるシンボル間干渉(ISI)や多元接続による他局間干渉(MAI)の発生により、条件によっては著しく性能が低下する。本章では拡散系列帰還型 DS-CDMA (FCSS/DS-CDMA) [10]の考え方を周波数ホッピング (FH) CDMA に取り入れたホッピングパターン帰還型 マルチトーンホッピング CDMA (multitone-hopping CDMA using feedback-controlled hopping pattern: FCHP/MH-CDMA) を提案し[11]、多対多の自律分散多元接続の性能を非同期マルチパス通信路におけるビット誤り率 (BER) で評価する。

#### 3.1 提案 FCHP/MH-CDMA

本研究で想定する多元接続の環境を図5に示す。図5において、 $Tx_k$ 及び $Rx_k(k = 1, 2, \dots, K)$ はそれぞれ $k$ 番信号の送信機及び受信機である。

提案方式の送信機では、符号長  $L$ 、周波数トーン数  $M$  のホッピングパターンに従ってマルチトーンの信号波形を生成して、それに差動符号化した複素情報シンボルを乗積して送信する。受信機は、 $(L + \alpha) \times M$  個の複素重みを時間・周波数の2次元方向に配置した適応 FIR フィルタで構成される ( $0 \leq \alpha \leq L$ )。受信信号に対して周波数毎、チップ毎に信号の検出を行い、得られたサンプル値を FIR フィルタ重みで重み付けして加算し、差動復号する。

提案方式の受信機は、FIR フィルタの重みの一部を定期的に計  $N_f$  回送信機にフィードバックする。フィードバックされたフィルタ重みを送信機は新たなホッピングパターンとして用いる。

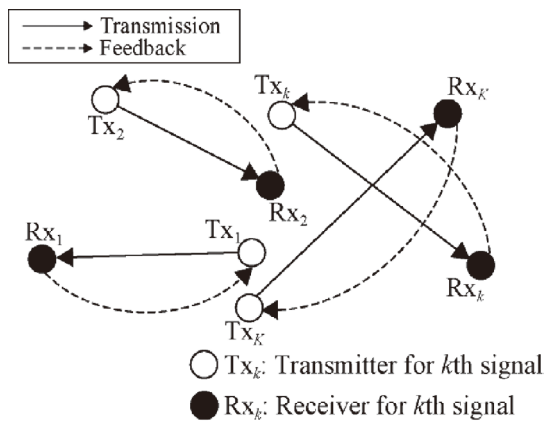


図5 多元接続環境

### 3.2 性能評価

提案方式の性能を指数形の遅延プロファイルを持つ6波マルチパスモデルで評価する。初期ホッピングパターンは $L \times M = 7 \times 8$ のFH符号[12]とGold系列を組み合わせたホッピングパターン、FIRフィルタの $\alpha$ は0及び $L$ 、重み更新はステップゲイン $\mu = 10^{-1}$ の正規化LMSアルゴリズム、フィードバック回数 $N_f$ は0及び10、 $E_b/N_0$ は差動符号化したQPSKのBERが加法性白色ガウス雑音通信路において $10^{-5}$ を示す9.9dBとする。比較する従来方式は、マッチトフィルタ(MF)を用いるDS-CDMA、RAKE(6波最大比合成)を行うDS-CDMAならびにFCSS/DS-CDMAである。信号あたりの周波数利用効率が提案方式と従来方式とで同等となるよう、従来方式の符号長は31とする。シミュレーション結果を図6に示す。

図6より、従来のDS-CDMAでは多元接続数が増えるにつれてBERが急激に増加するのに対して、提案方式は緩やかである。 $\alpha=7$ 及び $N_f=10$ の提案方式が最も優れたBER性能を示すことがわかる。

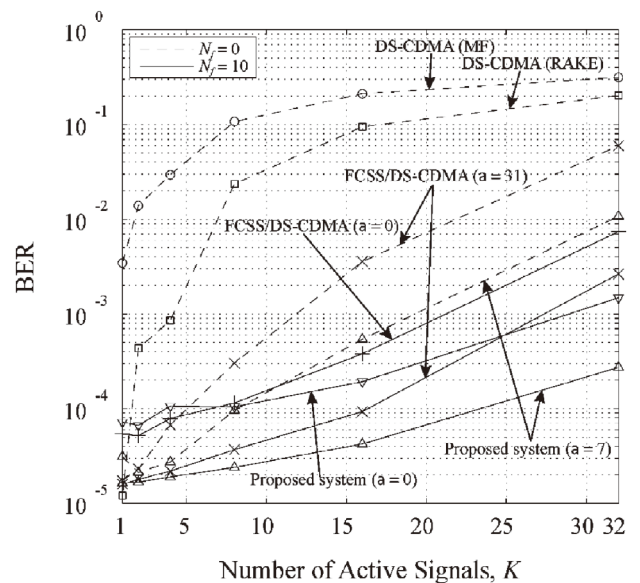


図6 提案方式と従来方式との比較

### 4. XML 記述による利用環境統合のためのRFID 名前解決系構成法の研究

近年、RFID タグ技術の発展に伴い、RFID ネットワークは著しい発展を遂げている。しかし、現状のRFID ネットワークは、各標準化団体が独自に提案する規格を利用するため、互換性がない。この問題の解決策として、XML 記述によるRFID ネットワーク統合規格[13]が既に提案されている。このRFID ネットワーク統合規格



は、小規模な RFID ネットワークでの運用が前提のため、大規模な RFID ネットワークには適応できない。本章では、大規模な RFID ネットワークの統合規格に対して、RFID ネットワークと IP ネットワーク間の名前解決による初期ルーティングの提案を行い、有効性を検証する。

#### 4.1 提案方式

RFID ネットワーク統合規格は、システム内に 4 ヶ所の IP ネットワークを介する。本提案では、RFID ネットワーク統合規格内に介在する IP ネットワークを A 区間、B 区間、C 区間、D 区間とし、区間毎に異なる名前解決方式を提案する。本提案では、RFID ネットワーク統合規格のネットワーク構成に、管理サーバの接続先を決定する中継サーバ、XML 生成サーバの IP アドレスを記憶する中継データベース、中継データベースの制御を行う制御サーバ、接続するアプリケーションを探索するためのルートサーバである ANS(Application Name Server) を新たに追加した。提案するシステム構成を図 7 に示す。

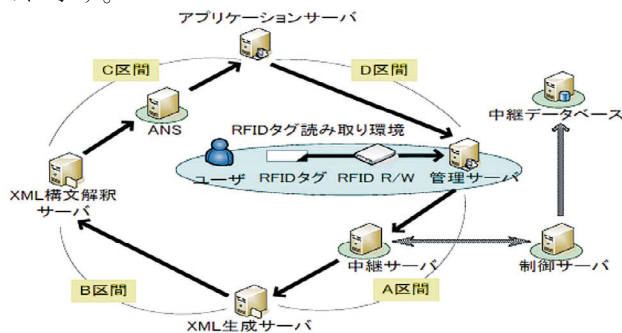


図7 提案システム構成

A 区間は、接続する XML 生成サーバを決定する中継サーバ、中継データベースの制御を行う制御サーバ、XML 生成サーバの IP アドレスを把握する中継データベースを用いて名前解決を行う。B 区間は、XML 構文解釈サーバに親子関係をもたせることにより、名前解決を行う。親子関係は、XML 構文解釈サーバが用いる API(Application Program Interface) の種類によって成り立つ。C 区間は、ANS を用いて名前解決を行う。D 区間は、DNS を用いて名前解決を行う。

ANS は、全 6 層のツリー構造からなり、ANS データを基にツリーをたどることにより、接続するアプリケーションサーバの特定を行う。ANS の階層を下るためには、ACL(Application Code List) の ANS データを用いる。ACL は、ANS データとアプリケーションで用いる XML データが格納されているため、XML 構文解釈サーバが XML ファイルを基に作成し得る。ANS の構成を図 8 に示す。

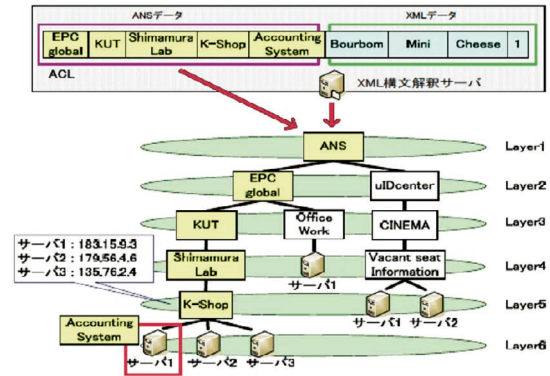


図8 ANSの構成

#### 4.2 シミュレーションによる検証

大規模な RFID ネットワークへの適応性について、提案した名前解決システムの実用性の検証を行った。適応性の検証対象は、1500ms 以内の名前解決処理時間の維持、15 億個以上の RFID タグへの適応性とした。提案するシステムの中核である ANS は、 $2.35 \times 10^{-1}$ 秒以内の処理時間を実現できた。これにより、名前解決処理時間は、平均 1.01 秒、標準偏差  $1.31 \times 10^{-1}$ 秒、RFID タグ処理数 17 億個を実現でき、提案システムの実用性を証明できた。

### 5. 画像検索のサラウンディング基盤技術への適用

携帯電話等、個人端末の高機能化に伴い、個人が画像情報を扱う量・機会とも増加している。これらの大量の画像情報から、ユーザの要求する画像を素早く提示するシステムとして、ビジュアルキー型画像検索がある。本手法は、画像に対する部分的であいまいな記憶のみでも検索が行えることからユーザの利便性は高いが、画像データベースの索引構築に大きな時間がかかることが問題であった。本章では、JPEG・MPEG 形式の画像にビジュアルキー型画像検索を適用する際の特徴抽出に必要な計算量削減を目的とし、DCT 領域において直接特徴を抽出し、IDCT を省略する方法を提案する。

#### 5.1 ビジュアルキー型画像検索

ビジュアルキー型画像検索では、画像を複数領域に分割し、得られた部分画像群に対して類似したものを集め、集めた類似画像集合から 1 つ代表画像を決める。この画像をビジュアルキーと呼ぶ。全ての画像は、その部分領域中にビジュアルキーと類似した部分があれば、そのビジュアルキーで索引付けされる。ビジュアルキーは、ユーザが検索する際に提示され、ユーザは要求する画像に含まれていると思うビジュアルキーを選択し、シ

システムは選択されたビジュアルキーで索引付けされている画像を検索結果として提示する(図9)。この手法において、ビジュアルキーは、テキスト検索におけるキーワードの役目を果たしている。

## 5.2 部分画像からの特徴抽出

各部分画像からは、色特徴、テキストチャ、形状特徴が抽出される。これまでの手法では、画素領域において各特徴抽出アルゴリズムを行う必要があったため、

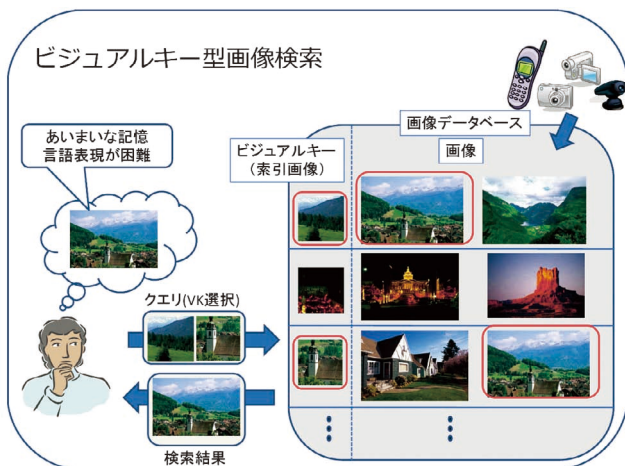


図9 検索処理の流れ

JPEG、MPEG等の画像からIDCTを行う必要があった。しかし、これらの画像特徴を抽出する目的であれば、IDCTを行わずに、DCTドメインでのDCT係数から特徴を直接抽出することができる。

色特徴には、領域中の画素値の平均 $\mu$ 、標準偏差 $\sigma$ 、歪度 $\gamma$ から成り、1つの画素値は3次元の色空間上のベクトルであるので、計9次元のベクトルである。平均、分散は、文献[15]の手法を用い、歪度については本研究で提案している[16]。

テキストチャ、形状特徴については、エッジ検出にH. S. Changらのラベリング法[17]を適用し、ラベリング画像の出現確率を形状特徴として用いる。適用するラベリング法は、画像に含まれる全てのDCTブロックを、4方向(0,  $\pi/4$ ,  $\pi/2$ ,  $3\pi/4$ )のライン画像およびライン無し、5種類のラベルでラベリングを行う。各DCTブロックに割り当てられるラベルは低域のAC係数の値により決定される。

## 5.3 特徴抽出の計算量と画像検索精度の比較

部分画像の大きさを128×128[pixel]とした場合、提案するDCT領域における特徴抽出法は、従来手法に比べ6%の加算、24%の乗算、1%条件処理の計算量で特徴抽出が可能である。

検索精度については、10名の被験者により、200枚

の画像から20枚の画像を抽出する実験を行った。ビジュアルキーは20個とした。従来手法では、平均適合率は5~21%、平均再現率は10~43%であるのに対し、提案手法の平均適合率は6~31%、平均再現率は24~43%であった。

## 6. サラウンディング・コンピューティング環境に適した転送情報再現方式

サラウンディング・コンピューティング環境では、ネットワーク上の計算資源を有効に活用できるため、このような環境では従来では困難とされていたような柔軟な信号処理を実現することができる。本章では、ネットワーク上の計算資源を必要に応じて利用可能なサラウンディング・コンピューティング環境での音響再現システムを提案する。

### 6.1 ブロック信号処理アルゴリズム

BCGM-ORアルゴリズム[18]は、雑音の大きさに応じた最適な反復回数によって雑音の影響を軽減する手法である。しかしながら、サラウンディング・コンピューティング環境のように十分な計算資源が確保されるような場合には、より多くの繰り返し回数により追従性を向上させた方が好ましい結果が得られる場合がある。そこで、文献[19]を拡張した場合に導かれる反復条件を満たす場合には、計算可能な反復回数だけ共役こう配法を反復する。反復条件を満たさない場合には、推定精度の保証値を満足するために、反復回数を制限した上で最適ステップサイズパラメータ[20]を用いる。

### 6.2 性能評価

提案した方式の性能を評価するために計算機シミュレーションを行った結果を図10に示す。図10より、提案した方式は従来の方式より性能が大幅に向上しており、優れた音響空間再現方式であることがわかる。

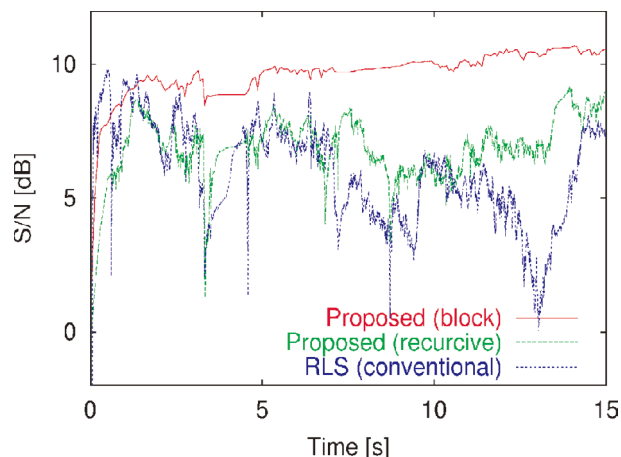


図10 音響空間再現性能の比較

## 7. サラウンディング・コンピューティング環境での実時間音場再生システムの構築

近年、HDV やレコーディング技術の進歩により、高解像度の映像やマルチチャンネルの音響データを再現することが可能になった。しかし、高解像度化や高音質化のみでは十分な臨場感を得ることができない。これは、再生された音は減衰や反響といった影響を受けるためであり、忠実に再現するにはこれらの影響を除去する必要がある。しかし、これらの処理を実時間で実行することは容易ではない。本章では、サラウンディング・コンピューティング環境において、ネットワーク上のリソースを活用することにより、再現環境に依存しない音響再現システムを構築する。

### 7.1 音響空間の再現

原音場を再現するには、環境による減衰や反響音等を除去する必要がある。空間の伝達特性を  $G$ 、入力信号を  $X$ 、出力信号を  $Y$  とすると、空間の入出力関係はそれぞれを  $z$  変換したものを用いて

$$Y(z) = X(z)G(z)$$

と表現できる。また、伝達関数の逆特性を  $C$  とした場合、入力信号に対してを補正行うことができれば

$$Y(z) = X(z)C(z)G(z) = X(z)$$

となり、空間の影響を除去できる。伝達特性の逆特性を適応的に推定する手法として図11で示される逆特性推定システムがある。

### 7.2 提案手法

本研究では再現空間側の機器(クライアント)の処理負荷軽減を目的として、図12に示すシステムを提案する。本手法において、クライアント側の処理はサーバから再生音を取得し再生を行い、同時に録音結果をサーバに転送するのみである。またサーバでは録音結果から補正フィルタの推定を行うが負荷に応じて複数の推定サーバを用いることで処理能力の向上を計ることができる。

## 8. 量子コンピューティングの基盤技術の理論設計

本研究では、特異性のある量子力学の理論を応用し、将来実現が期待される量子単電子素子の設計に寄与することを目標とした。そのために単純化された 1 次元系での一電子の量散乱現象の数学的理論をつくった。その結果数学的に可解な特異な節点のモデルから、量子的な高波長フィルタ、ならびに低波長フィルタの設計に成功した。

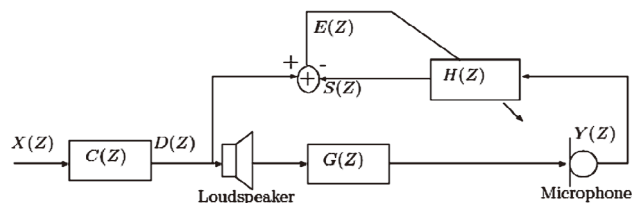


図11 逆特性推定システム

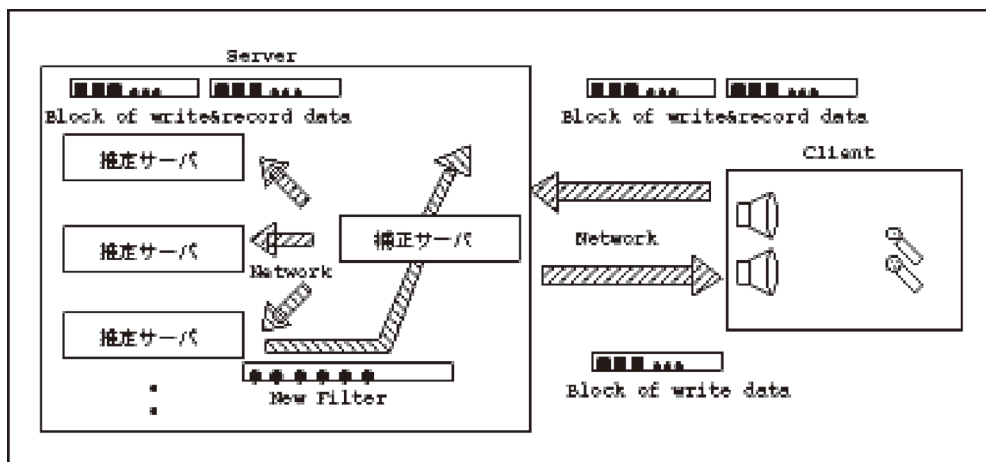


図12 システム構成



量子細線を1次元の自由空間と考え、一点  $x=0$  に欠損点があると考え。欠損点として、デルタ型特異相互作用

$$\Psi^-(0) = \Psi^+(0)$$

$$\Psi'^-(0) + \Psi'^+(0) = v\Psi^\pm(0)$$

という性質を持つものを考えると、それによる量子細線透過率は

$$T = 1 / [1 - v / (2ik)]$$

で与えられる。これを図示すると図13のような高周波フィルタとしての性質を持っていることがわかった。

ついでデルタプライム型特異相互作用

$$\Psi'^-(0) = \Psi'^+(0)$$

$$\Psi^-(0) + \Psi^+(0) = u\Psi^\pm(0)$$

で表される性質の欠損点を考える。これによる量子細線透過率は

$$T = 1 / [1 - (iku) / 2]$$

となり、これを図示すると、図14のような低周波フィルタとしての性質を持っていることがわかった。

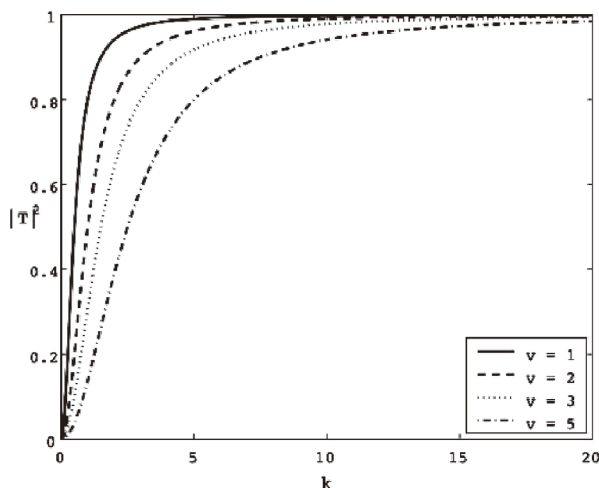


図13 高周波フィルタ

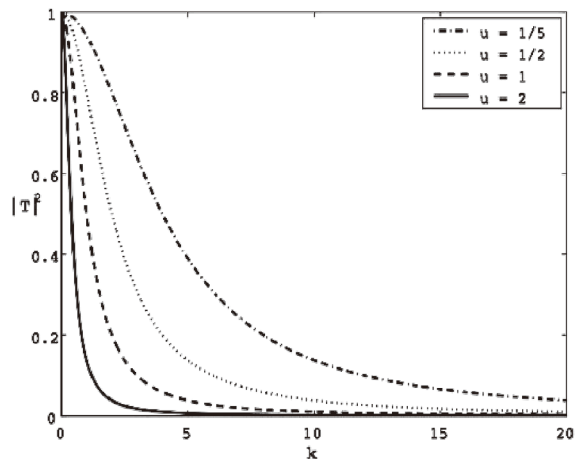


図14 低周波フィルタ

将来の発展として三端子、四端子の量子細線での電子散乱について調べ、周波数分岐フィルタの理論的設計につなげたい。さらにこの理論の実験的な検証を経て、量子フィルタという新しいリソースを用いた量子回路の設計を行えることが期待される。

## 9. むすび

本稿では、データ駆動型プロセッサを用いたネットワーク・プロセッシング、アクセス系ネットワークへの高速接続を実現するための無線通信方式、RFID を用いた情報共有ネットワークのためのルーティング技術、大量の画像情報を効率的に分類する検索方式、音響空間を携帯情報機器でも効果的に再現できる信号処理方式と音響再現システムを提案し、量子コンピューティングのための素子技術について示した。これらの基盤技術に関する研究成果をもとに、サラウンディング・コンピューティング環境実現に向けて研究開発を推進していく予定である。

## 謝 辞

本研究の一部は、日本私立学校振興・共済事業団私立大学等経常補助金特別補助(研究科特別経費)および独立行政法人情報通信研究機構(NICT)JGN II 研究開発プロジェクトの援助のもとで行われたものである。

## 文 献

- [1] 福本昌弘, 岩田誠, 浜村昌則, 島村和典, “サラウンディング・コンピューティング技術の研究開発,” 情報通信研究機構季報, Vol.51, Nos.3/4, 5--5, pp.145-151, Dec. 2005.
- [2] 福本昌弘, 岩田誠, 酒居敬一, 吉田真一, 妻鳥貴彦, 濱村昌則, 島村和典, “サラウンディング・コンピューティング技術による情報転送・再現システム,” 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会, Vol.107, No.449, IA2007-52, pp. 69-72, Jan. 2008.
- [3] 独立行政法人情報通信研究機構, “超高速・高機能研究開発テストベッドネットワーク: JGN2 ホームページ,” <http://www.jgn.nict.go.jp>.
- [4] D.Morikawa, M.Iwata, and H.Terada, “Super-Pipelined Implementation of IP Packet Classification,” Journal of Intelligent Automation and Soft Computing, Vol.10, No.2, pp.175-184, Aug. 2004.
- [5] K. Komatsu, et al., “Systematic Design of Basic

- Self-Timed Pipeline Circuit Modules,” NEINE'05, pp.542–547, Sep. 2005.
- [6] K. Komatsu, et al., “A Bi-directional Transfer Control for Multi-dimensional Self-timed Pipeline,” NEINE'06, pp.399–401, Sep. 2006.
- [7] K. Komatsu, et al., “Essential Building Circuits for Self-Timed Web-Pipeline,” NEINE'07, pp.148–149, Sep. 2007.
- [8] 小松, 三宮, 岩田, 亀田, 坪内, “セルフタイム型ウェブパイプラインの相互転送制御回路の検討,” IEICE, ICD2007-129, pp.53–58, Dec. 2007.
- [9] C. J. Myers, “Asynchronous Circuit Design,” Wiley & Sons, Inc., Jul. 2001.
- [10] M. Iwata, et al., “100M Packet/s Fully Self-Timed Priority Queue: FQ,” ISSCC 2004, Session 8, No.1, Feb. 2004.
- [11] T. Miyatake, K. Chiba, M. Hamamura, and S. Tachikawa, “Asynchronous, decentralized DS-CDMA using feedback-controlled spreading sequences for time-dispersive channels,” IEICE Trans. Commun., vol.91-B, no.1, pp.53–61, Jan. 2008.
- [12] 千葉一樹, 浜村昌則, “マルチパス通信路におけるホッピングパターン帰還型マルチトーンホッピング CDMA の性能,” 信学技報, WBS2007-54, pp.41–46 (2007-12).
- [13] G. Einarsson, “Address assignment for a time-frequency-coded spread-spectrum system,” Bell Syst. Tech. J., vol.59, no.7, pp.1241–1255, Sept. 1980.
- [14] 野崎辰海, 島村和典, “XML 記述による RFID ネットワーク統合規格に関する研究,” 平成 18 年度, 高知工科大学学士学位論文, 2006.
- [15] 北村裕美, 野崎辰海, 島村和典, “タグ記述 XML ファイルにもとづく RFID 名前解決の提案,” 平成 19 年電気関係学会四国支部連合大会講演論文集, p.174, 2007.
- [16] G. Feng and J. Jiang, “JPEG Compressed Image Retrieval via Statistical Features,” Pattern Recognition, Vol.36, No.4, pp.977–985, 2003.
- [17] 岡本一志, “ビジュアルキー型画像検索に適した DCT 領域における特徴抽出,” 平成 19 年度高知工科大学修士論文.
- [18] H. S. Chang and K. Kang, “A Compressed Domain Scheme for Classifying Block Edge Patterns,” IEEE Transactions on Image Processing, Vol.14, No.2, pp.145–151, 2005.
- [19] 福本昌弘, 久保田一, 辻井重男, “雑音の影響を考慮した共役こう配法によるブロック適応アルゴリズムの一提案とその性能評価,” 電子情報通信学会論文誌(A), Vol.J77-A, No.1, pp.16–23, Jan. 1994.
- [20] 福本昌弘, 久保田一, 辻井重男, “安定性を保証した学習同定法のステップゲインの上限,” 電子情報通信学会論文誌(A), Vol.J87-A, No.9, pp.1196–1204, Sept. 2004.
- [21] 福本昌弘, “サラウンディング・コンピューティング環境における適応信号処理方式,” 第 22 回信号処理シンポジウム, C6-3, Nov. 2007.

# **Fundamental Technologies for Surrounding Computing Environments**

**Masahiro Hukumoto<sup>\*</sup>, Kazunori Shimamura, Makoto Iwata,  
Taksu Cheon, Masanori Hamamura and Shinichi Yoshida**

Faculty of Engineering, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami-city, Kochi 782-8502 JAPAN

E-mail : \*fukumoto.masahiro@kochi-tech.ac.jp, shimamura.kazunori@kochi-tech.ac.jp,  
iwata.makoto@kochi-tech.ac.jp, taksu.cheon@kochi-tech.ac.jp,  
hamamura.masanori@kochi-tech.ac.jp, yoshida.shinichi@kochi-tech.ac.jp

**Abstract:** For comfortable information networking, it is necessary to provision variety of services for responding the requirements and to flexibly use of the distributed resources. In the ubiquitous environment, the distributed processing is natural to push data for real-time application. The purpose of this research is to establish the surrounding computing technology, which is evolution of the ubiquitous environment. In this paper, a pipe-line construction method for the network processor, a high-speed wireless access algorithm, a RFID network technology, an image search algorithm and a signal processing algorithm suitable for surrounding computing environment are proposed.