

# 携帯端末用グループナビゲーションシステムの実装とその評価

中村雅俊\* 任貴全\* 中村嘉隆\* 梅津高朗\* 東野輝夫\*

本稿では、グループメンバを対象に、ユーザの好みに応じてナビゲーション情報をカスタマイズできるようなグループナビゲーションシステムの設計と実装について報告する。提案システムでは、従来型の単一ユーザ向けナビゲーションサービスのみならず、ユーザの好みに応じたナビゲーション情報の登録・管理のための機能や、ナビゲーション用ルート作成機能、作成ルートのエミュレーション機能などを Java 言語で実装した。また、サーバに蓄積したナビゲーションコンテンツをグループメンバに配信するための Ad-hoc 通信機能や、グループ形成・管理機能などを実装した。シミュレーション実験により、グループ管理機能などの評価を行った。

## Implementation of Group Navigation System for Mobile Terminals

Masatoshi Nakamura\*, Gui-Quan Ren\*, Yoshitaka Nakamura\*,  
Takaaki Umedu\*, Teruo Higashino\*

Due to the progress of portable computing devices such as PDAs, cellular phones and small sized PCs, some personal navigation systems have been developed which navigate their users to display routes to given destinations. Those navigation systems mainly focus on the guidance for personal use. In this paper, we have developed a group navigation system, which provides facilities for (1) developing personally customizable route navigation, (2) managing group members' behavior and (3) rehearsing the developed route navigation. In the system, using wireless ad-hoc communication, a few leaders of a group can collect and distribute the information about its group members' locations, and give each member a suitable suggestion when the user is losing his/her way.

### 1 まえがき

近年、携帯電話、PocketPC、PDA など移動端末が急速に普及してきており、様々な機能も付加されるようになってきている。特に、GPS[1] を利用した位置情報取得機能は、ネットワーク上の端末と実空間における座標とを結びつけることができるため、従来とは異なる新しい分野のアプリケーションに応用できるものとして注目されている。その一つとしてカーナビゲーションシステムから派生した歩行者ナビゲーションシステムに関する研究が盛んに行われている。

商用システムとして、日本の EZ ナビウォーク、中国の igogo、NaviStar、タイの Navi by Hutch などのシステムが開発されており、ナビタイムジャパン [2] ではあらゆる交通手段の利用を考慮したトータルナビゲーション（マンナビゲーション）[3] の研究開発がなされている。しかし、これらの研究、製品は個人ユーザを対象としたナビゲーションシステムであり、複数ユーザ（グループユーザ）を同時に誘導するグループ向けのナビゲーションサービスに関してはまだあまり研究がなされていない。

多くのユーザが携帯電話を同一地域で同時に利用しようとする、一部のユーザが通信できないなどの問題を生じることがある。また、観光名所など人がたくさん訪問する場所については、当該観光名所の情報や周辺の店情報、地図情報など、その場所に関連したローカル情報をグループ内のメンバのいずれかがすでに持っている場合もある。そういった場合は、それらのデータをグループメンバ間の Ad-hoc 通信で共有できるこ

とが望ましい。観光ツアーなど、多くのユーザが一定の目的を持って同時に移動する場合には、これらのナビゲーション情報をグループ内の代表者がサーバから取得し、周辺ユーザに配布する方法が有効であると考えられる。また、市販のナビゲーションシステムでは予め配置されたコンテンツしか表示できず、ナビゲーションを自由にカスタマイズできるものは少ない。

このような背景を踏まえ、本研究では、同時に誘導するユーザ群をグループとして扱うグループナビゲーションシステムの提案を行う。ここではグループ内の特定の複数人のユーザをリーダーとして定め、それらのリーダーが代表してサーバと通信する方式とした。リーダー以外の端末はインターネットに対して直接アクセスする能力を持たず、Ad-hoc ネットワークを介してリーダーの端末との通信を行う。複数のリーダーの間は Ad-hoc ネットワークや、サーバを介した通信を行う。グループに属するユーザは互いに位置情報等を共有し、グループから離れようとしているユーザが検出された場合などにはリーダーが警告を与える。また、ナビゲーションコンテンツに対する管理ツールを設け、コンテンツ編集を可能とすることにより、ナビゲーションシナリオを自由にカスタマイズできるようにした。

### 2 歩行者ナビゲーションシステム

#### 2.1 ナビゲーション概要

一般に、歩行者向けナビゲーションでは、GPS 利用機器または周辺通信機器との通信により自身の位置を特定し、それに基づいて対象地域の周辺情報（ローカ

\*大阪大学 大学院情報科学研究科  
Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

表 1: ポイントテーブル

ID	FileName	Longitude	Latitude	PlaceName	Comment
N0	Image1.png	134.27.25.3	35.47.57.11	入口	ワールドバザールです。
N1	Image2.png	134.27.27.1	35.47.57.10	カリブ海賊船	カリブ海賊船を観覧します。
N2	Image3.png	134.27.26.37	35.47.55.56	ジャングルクルーズ	ジャングルクルーズです。
...	...	...	...	...	...

表 2: 道テーブル

ID	Start	End	Comment
P0	N0	N1	東へ進むと、100m 先にカリブ海賊船があります。
P1	N1	N2	南へ進むと、50m 先にジャングルクルーズがあります。
P2	N2	N3	南へ進むと、ツリーハウスがあります。
...	...	...	...

表 3: ルートテーブル

ID	Start	Goal	Route
R0	N1	N3	P0,P1,P2
R1	N1	N4	P0,P1,P2,P5,P3
R2	N2	N4	P7,P4,P5,P3
...	...	...	...

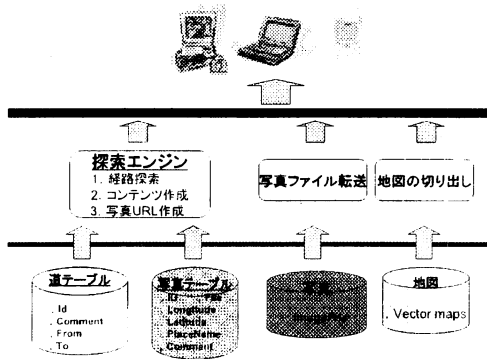


図 1: インタラクティブ型ナビゲーションシステム構造

ル位置情報[4])を取得する。BizNavigent[5]などでは、ナビゲーションコースをあらかじめ決定しておき、それに対応したナビゲーション用アプリケーションを作成した上で、ユーザ端末に記憶させて利用する方式をとっている。この方式では、アプリケーションの対応範囲内でのみ利用しかできず、別の範囲のナビゲーションを利用する場合は改めてアプリケーションを作成す

る必要がある。

本研究では携帯電話などの無線通信を利用し、サーバなどからリアルタイムでコンテンツをダウンロードしながらナビゲーションを実現する方法をとる。これによって、ナビゲーション途中のルートの要求変更や、新たなナビゲーションコンテンツの追加にも柔軟に対応できる。

## 2.2 ナビゲーションサーバとデータベース

ナビゲーションにおいてユーザが利用するコンテンツとして、ナビゲーション上の重要な地点の写真、ナビゲーション用の地図、案内メッセージなどが挙げられる。これらのコンテンツをナビゲーションサーバ上のデータベースに登録し、ナビゲーション時にはこのデータベースにアクセスすることで、コンテンツを取得する。

### 2.2.1 ナビゲーションコースの設定

ナビゲーションコースは管理ツールを用いて、事前にサーバに登録することができる。すでにナビゲーションコースがデータベースに登録されている場合は、地図上に始点を指定した後、終点を指定すると、始点から終点までの全ての経路が地図上に表示されるため、そ

の中から選択する。

また、ユーザ自身が移動しながら、ナビゲーションコースを設定することも出来る。ユーザの端末上で実行されたグループナビゲーションクライアントツールは、まず、GPS デバイスから位置情報を取得し、サーバからサービスエリアの地図をダウンロードして、現在の位置とともに画面上に表示する。ユーザは次に表示される各ナビゲーションポイントを選択していくことでナビゲーションコースの設定を行うことができる。また、ユーザが各経路に近づくと、ナビゲーションツールはコースの提案を行うため、そこでコース選択をしてもよい。

### 2.3 ナビゲーションの方法

メッセージの提示を行うために、各ナビゲーションポイント周辺に近づいたか否か、ポイントからポイントまでの道から外れたか否かなどを判定する。ポイント、およびそれらを結ぶ直線を中心とし、ユーザが設定した半径以内の範囲に入っているか否かを判定し、はずれている場合には警告メッセージを提示する。大きなカーブがある場合などには、図2のようにポイント間に中間点を挿入することで対応する。A から D までの道の間に中間点 B、C を置き、ナビゲーションコンテンツ、コースの設定を行う。

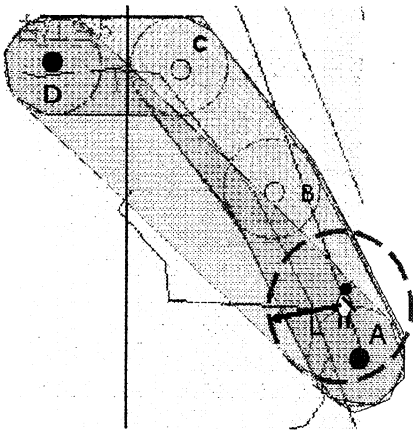


図 2: ユーザの誘導

#### 2.3.1 ナビゲーションデータベースの設計と実装

ナビゲーションデータベースに MySQL サーバを利用した。このデータベースに登録するデータとして、ナ

ビゲーションポイント情報、ポイント間に存在する道情報、ナビゲーションを行うルート情報が必要である。

まず、ナビゲーションポイントとして、ナビゲーション上重要な地点の GPS 位置情報に写真データとコメントを付与して登録する。この情報を記録するテーブルをポイントテーブル (表 1) と呼ぶ。ナビゲーションのために、ポイント間をつなぐ道を定義しナビゲーションコメントを付与する。この情報を記録するテーブルを道テーブル (表 2) と呼ぶ。これらのポイント、道をたどることによってナビゲーション経路を表現する (表 3)。

写真、道、ルートの各データは、管理クライアントマシンに用意した管理ツールを用いて登録、更新、削除ができる。これによって、ナビゲーションの用途に応じてナビゲーションシナリオを容易にカスタマイズすることができる。

#### 2.3.2 J2EE プラットフォームを用いたナビゲーションサーバの実装

このナビゲーションサーバを J2EE プラットフォーム上に実装した。Java 言語によるサーブレットを用いて、サーバ上のナビゲーションコンテンツの検索サービスを行う。

ナビゲーションコンテンツを取得する際は、ポイントテーブル (表 1)、道テーブル (表 2)、ルートテーブル (表 3) にアクセスする必要がある。これらのアクセスについて、それぞれ PointManager (ポイントテーブルマネージャ)、PathManager (道テーブルマネージャ)、RouteManager (ルートテーブルマネージャ) クラスを実装した。また、さまざまなデータベースとの連携を容易にするために、システムプロファイルを記録した SystemProp クラスを実装した。これらを配置したサーバ群へアクセスすることで、携帯端末でナビゲーションを利用できる。

#### 2.3.3 管理ツールのエミュレーションモード

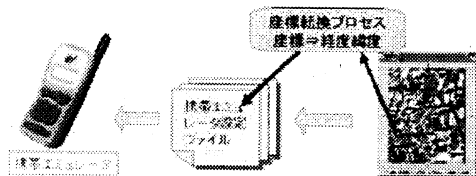


図 3: ナビゲーションのエミュレーション

ナビゲーションシナリオの動作確認を容易にするた

め、PC上の地図をクリックすることで、携帯端末の移動を擬似的に再現できるエミュレータを作成した。このエミュレータは、設定ファイルにより、携帯端末の利用者、通信リスト、メールアドレス、位置情報などの設定が可能である。管理ツールにエミュレーションモードを実装し、携帯端末エミュレータの設定ファイル内の位置情報を変更することによって携帯端末ユーザの移動をエミュレートできる。携帯端末エミュレータ上で実装したクライアントプログラムを動作させれば、各携帯端末がリアルタイムで移動しているような状況を再現できる。

### 3 ナビゲーションサーバの動作実験

管理ツールのエミュレーションモードを利用して、システムがユーザを誘導できているかどうかを確認することができる。ツール上の地図でクリックした点の位置座標を緯度経度による位置情報に変換し、端末エミュレータに送ることで端末の位置を指定して移動をエミュレートする。

まず、地図上に図4(a)のようなナビゲーション経路を設定する。この経路はナビゲーションポイント point1～point5 (Goal) からなる。この状況下で、エミュレートされた携帯端末に対して、経路の始点から終点までのナビゲーションを行う。

まず、管理ツール上で図4(d), (e)のように始点（ここでは point1）、終点（point5）を指定する。ナビゲーションクライアントプログラムを端末上で起動すると、ナビゲーション経路の取得に成功し、始点へ向かうことを促される（図4(b)）。

管理ツール上の地図をクリックすることで端末を移動させていき、端末が始点（point1）に近づくと、図4(c)のように point1 周辺の地図（または写真）、始点に到着したことを表すナビゲーションメッセージが端末上に表示される。経路を進むにつれ次のポイントのデータが表れ、図5(a), (b), (c)のようにナビゲーションデータの更新が行われる。次のポイント point2 に着いたときには、図5(d), (e), (f)のように point2 の情報にデータが更新され、表示される。このように、経路上のポイントに近づいたときにデータの更新が行われていることが確認できる。

point3 の分岐点で終点とは別の point6 に向かって進行しようとした場合は、図5(i)のように経路はずれ警告が表示される。経路に復帰した場合には図5(j)のように警告が消えている。

終点（point5）に到着したときには図5(k), (l)のように、終点の地図と写真を表示しながらナビゲーションを終了している。

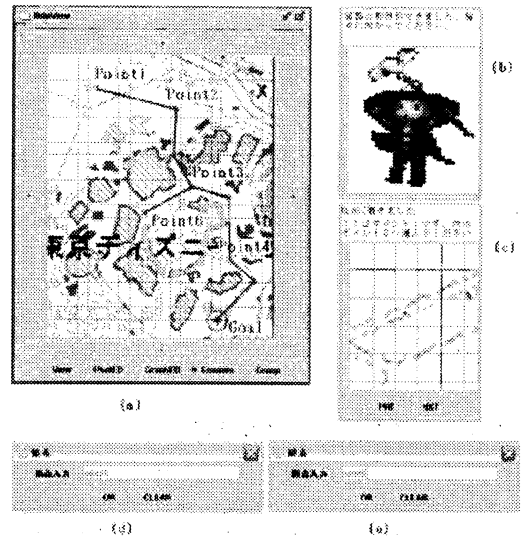


図4: ナビゲーションの開始

以上のような方法でエミュレーションモードを用いて、ナビゲーションデータの取得・更新、経路を外れた場合の警告表示などが正しく行われることを確認できる。

### 4 グループナビゲーション機能

提案するグループナビゲーション機能の概略を図6に示す。提案方式では、複数のナビゲーション利用者でグループを形成し、グループメンバー間で無線LAN通信を利用して、お互いに情報共有を行う。ナビゲーション用のコンテンツなどは複数のグループ代表者（リーダー）が保持し、それ以外の一般ユーザ（メンバー）を誘導する。グループ内に保持されていないコンテンツへのリクエストが発生した場合にのみ、リーダーを通して携帯電話網を利用し、前節で述べたナビゲーションサーバから情報を取得する。ここで、メンバー間で情報共有を行うためには、グループの形成管理 [6]、Ad-hoc 通信による通信経路の確保 [7, 8] が必要である。そこで、本研究では図7のようにグループ管理の設計を行った。本章では、提案するグループナビゲーション機能、グループ形成管理機能の詳細を述べる。

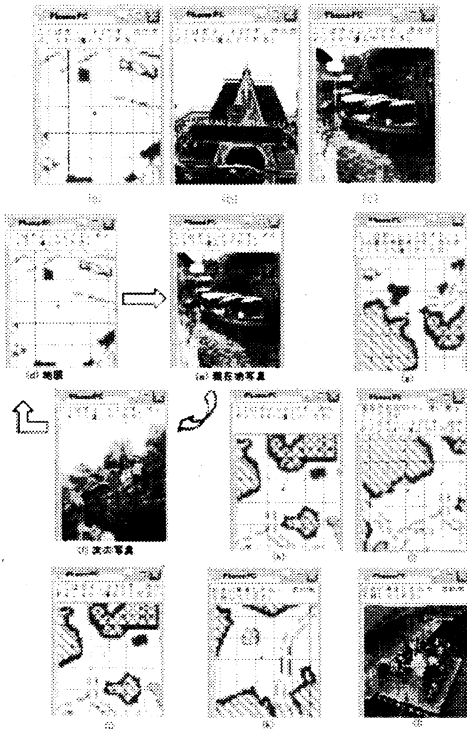


図 5: ナビゲーション表示

#### 4.1 グループ形成管理機能

各メンバは一定時間の間隔で自身の位置情報をブロードキャストする。リーダーの無線範囲内にあるノードはブロードキャストされたパケットを各ノードで1回だけ転送する。これにより各リーダーはAd-hoc ネットワーク上で2ホップ先までで到達可能なメンバの位置情報を収集する。リーダー間では携帯電話網を利用し、自身に属するメンバの情報をサーバに登録することで、それらの情報をお互いが定期的に交換する。また、リーダーは収集した全メンバの位置情報を全員にブロードキャストする。

直接通信可能なリーダーが複数存在する場合は、各メンバがGPS情報からより近いリーダーを判定して、そのリーダーの管理下に入る。各リーダーは、自身が管理しているあるメンバと通信できなくなった場合、そのメンバの位置情報等を削除リストへ追加する。削除リストに追加したメンバが他のリーダーの管理下に入ったことが確認できれば、削除リストから削除する。一定時間削除リストに入っているメンバはグループから離れてしまっていると見なして、警告メッセージを送信す

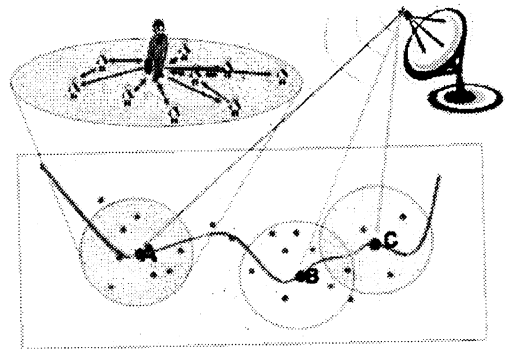


図 6: グループナビゲーションイメージ図

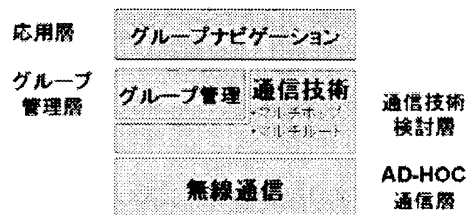


図 7: グループナビゲーションアーキテクチャ

る。メッセージは削除リストに登録された位置に近いメンバに転送させる。

#### 5 グループナビゲーション実装実験

現実的な行動モデルでノードを移動させることが可能なモバイルアドホックネットワークシミュレータMobiREAL[9]によって、移動時にグループの維持管理が出来るかどうかを確認した。300人のグループ旅行者(図8の黒丸ノード)が集団で京都市内を移動するモデルを評価した。このときのリーダーノードにあたるユーザは3人であり、グループ内の適当な位置に配置している。このシナリオにおいて、リーダーの管理するグループから外れてしまったメンバ(図8の"caution!"が表示された白丸ノード)に対し、警告を届けてグループを維持することが出来るかどうかを確認した。

無線範囲内に捕捉できなくなったメンバが発生し、警告メッセージを送信してそのメンバに無線範囲に戻るよう促す際に、そのメンバが捕捉不可能な状態にある時間を計測した。図9にGPS情報パケットの送信間

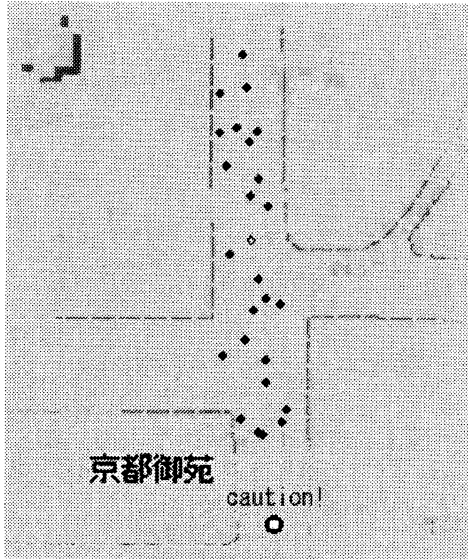


図 8: シミュレーションスナップショット

隔を 5 秒, 10 秒, 15 秒, 20 秒と変更した場合の捕捉できるまでの時間分布の変化を示した。この結果, 送信間隔 5 秒, 10 秒の場合は, ほぼ 20 秒以内にすべてのメンバを捕捉しているのに対し, 15 秒, 20 秒の場合は捕捉できないメンバが長期間にわたって存在している。従って, GPS 情報パケットのブロードキャスト送信間隔を 10 秒以内に設定すれば, グループ管理に効果が得られることがわかった。

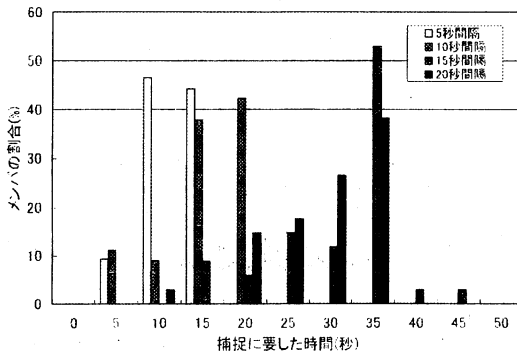


図 9: 送信間隔による捕捉時間の変化

## 6 まとめ

本研究では, GPS 位置情報と無線 Ad-hoc 通信を利用した携帯端末向けグループナビゲーションシステムの提案を行った。このシステムでは, 各ユーザがグループ内のいくつかの代表ノードを介してのみ, サーバとの通信を行うことで通信の効率化を図ることができ, サーバに対する管理ツールを用いることでナビゲーションシナリオを容易にカスタマイズすることが可能である。提案システムを実装し, 携帯端末エミュレータによるナビゲーション動作確認, また MobiREAL シミュレータ上での実装実験によるグループ管理システムの動作の確認を行うことで, 提案システムの実用性を確かめた。

今後の課題としては, グループ全員ではなく一定のメンバのみが GPS 取得機構を持つような環境で, GPS 取得機構を持つユーザの位置情報から持っていないユーザの位置情報を推定するような機構の実現, また, 代表ノード同士の通信もインターネットを用いず, Ad-hoc 通信のみを用いて実現する方法の提案などがあげられる。

## 参考文献

- [1] 樋口博, 岩橋努, 澤本潤, 白井澄夫. リアルタイム高精度測位技術と位置情報サービス (Location Based Services, LBS) への応用. 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2004) シンポジウム論文集, pp. 217-220, 2004.
- [2] 株式会社ナビタイムジャパン. <http://www.navitime.co.jp/ja/>.
- [3] 株式会社ナビタイムジャパン. GPS 衛星を利用したマンナビゲーション. <http://i-space.jaxa.jp/enterprise/jaxa.enterprise09.pdf>.
- [4] 桐村昌行, 清水直樹, 齋藤正史. アドホック通信を利用したローカル情報定位サービスの提案. 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2004) シンポジウム論文集, pp. 209-212, 2004.
- [5] エヌ・ティ・ティ・ソフトウェア株式会社. BizNavigent. <http://www.ntts.co.jp/ss/biznavigent/>.
- [6] T. Umedu, K. Yasumoto, A. Nakata, H. Yamaguchi, and T. Higashino. Middleware for synchronous group communication in wireless ad hoc networks. In *Proc. of the IASTED Int'l. Conf. on Communications and Computer Networks (CCN 2002)*, pp. 48-53, 2002.
- [7] C. E. Perkins and P. Bhagwat. Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers. In *Proc. of the ACM SIGCOMM 1994 Conference on Communications Architectures, Protocols and Applications*, pp. 234-244, 1994.
- [8] C. E. Perkins and E. M. Royer. Ad-hoc on-demand distance-vector routing. In *Proc. of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computer Systems and Applications (WMCSA '99)*, pp. 90-100, 1999.
- [9] 小西一樹, 内山彰, 廣森聡仁, 山口弘純, 安本慶一, 東野輝夫, 谷口健一. MANET アプリケーション向けのシミュレータ MobiREAL の実装に関する検討. 情報処理学会研究報告, 114(2004-MBL-31), pp. 55-62, 2004.