

第 XXI 部

実空間ネットワーク環境

第 21 部 実空間ネットワーク環境

第 1 章 実空間ネットワーク

Spears WG は、実空間ネットワーク環境の構築を目指している。本章では、まず実空間ネットワーク環境の定義を行い、本年度の活動について述べる。

1.1 実空間ネットワークの定義

一般にモバイルコンピューティング環境とは、小型計算機を携帯するユーザが、さまざまな場所で作業を行える環境であり、ホットスポットなどの公衆無線 LAN 環境の整備により今後ますます普及していくものと予想される。加えて、近年の計算機の小型化、無線通信技術およびセンサ技術の進歩により、ユビキタスコンピューティング環境の実現が現実的なものになってきている。ユビキタスコンピューティング環境は、さまざまなものに計算機が埋め込まれ遍在している環境をユーザが移動し、移動先の計算機資源を利用するコンピューティング環境であるといえる。

ユビキタスコンピューティング環境は、計算機資源を広く配置するだけでなく、ユーザの周辺環境がサービスを提供する必要がある点で、モバイルコンピューティング環境よりも実現が困難である。そのため、Spears WG では実空間ネットワーク環境を提案している。

Spears WG では、実空間ネットワーク環境を、実空間のエンティティの情報を仮想空間から利用するコンピューティング環境であると定義している。この定義では、実空間ネットワーク環境の“実空間”という言葉は、現実の空間という意味を、その対義語である“仮想空間”は、計算機上にのみ存在する情報空間という意味を持つ。

実空間ネットワーク環境を構築する目的は、ユーザや遍く存在するモノに関する情報をもとに、ユーザへ周辺環境のサービスを提供することにある。ユビキタスコンピューティング環境では、すべての

モノに遍く計算機資源を埋め込む手法をとるのに対し、実空間ネットワーク環境では、計算機資源を埋め込むことが困難なモノを RFID などの非接触個体認識技術を利用して認識し、モノの外部に存在する計算機資源によりサービスを提供する手法をとる。

1.2 今年度の活動

Spears WG では、前節の定義に基づき実空間ネットワーク環境の実現を目指し、研究活動を行っている。本年度は、WIDE 合宿におけるプログラム委員および参加者の活動を支援するシステムの構築、NetWorld+Interop 2004 Tokyo におけるスタッフの運営を支援するシステムの構築を中心に活動した。以下にその詳細を述べる。

第 2 章 2004 年 9 月 WIDE 合宿における実験報告

WIDE 合宿は、3 泊 4 日の日程で、WIDE Project の研究者が 300 名弱、国内のホテルに一堂に会し、分科会 / プレナリ形式でさまざまな議論を行う会議である。合宿形式なので、食事も時間と場所を決めて提供される。

この合宿は、WIDE Project の研究者の有志 10 ~ 20 人で構成される合宿プログラム委員などによって運営されている。WIDE Project の規模拡大とともに、プログラム委員の負担が増大している。合宿参加者にとっても、多くのメンバが多数の会議に参加するため、広い会場のなかで議論の相手を探すのに手間がかかるなど、会議運営をサポートする必要も出てきている。

Spears WG では、WIDE 合宿における参加者およびプログラム委員の利便性を向上するために、合宿運営を支援するシステムの研究開発を行っている。本 WG では、2004 年 9 月の WIDE 合宿において、「アクティブ・タグによるご飯チェックシステムの可用性の調査」および「イベント定義可能な実空間ミドルウェアの実現」の 2 項目の実験を行った。

2.1 アクティブ・タグによるご飯チェックシステムの
可用性の調査

WIDE 合宿では、参加者の利便と会議の効率を考慮して3度の食事付きで運営されている。また、会議や議論が深夜にまでおよぶため朝食を食べに行かない参加者がいるなどの原因で、ホテル側で用意した食事が大量に余るといった問題があった。この問題に対し、各食事を予約制にするなど残飯が出ないように工夫されていたが、Spears WG ではプログラム委員の負担軽減を目的としたシステムの研究開発をしてきた。このシステムは「ご飯チェックシステム」とよばれ、合宿参加者の食堂への入場を記録することでご飯を予約しているにも関わらずご飯を食べない参加者を認知するためのシステムである。

既存のご飯チェックシステムにはパッシブ・タグを用いており、食堂通過の際に RFID タグを貼付した参加票をアンテナへ接触させる必要があり運用が煩雑であるという問題があった。そこで2004年9月合宿では、パッシブ・タグと比較して検出範囲の広いアクティブ・タグを利用するご飯チェックシステムを実装した。

アクティブ・タグは、パッシブ・タグと比較して検出範囲が広いかわりに、検出の確実性に欠けるといった特徴がある。そこで、パッシブ・タグおよびアクティブ・タグを利用するシステムを併用し、アクティブ・タグを利用するご飯チェックシステムが実際に耐えるかを調査した。調査は4回実施し、それぞれの調査で Spider リーダのパラメータを変更し、どの程度の可読率を実現できるか調べた。可読率は、アクティブ・タグによる読み取り人数をパッシブ・タグによる読み取り人数で割って求めた。

実験システムの構成を図 2.1 に示す。アクティブ・タグを利用したご飯チェックシステムには、RF-CODE 社の Spider リーダを用いた。Spider リーダは外部アンテナ端子を備える。外部アンテナ端子に専用のダイポールアンテナを接続し、食堂へ至る廊下上に設置した。それぞれのダイポールアンテナは、10m 程度の検出範囲を有している。アクティブ・タグを携帯する参加者は、図の実験環境を通過する際に、Spider リーダに接続された計算機に ID が記録されることが期待される。

実験に際し、リーダーのパラメータ設定を変更して試行した。Spider リーダでは、ID 登録メモリにエ

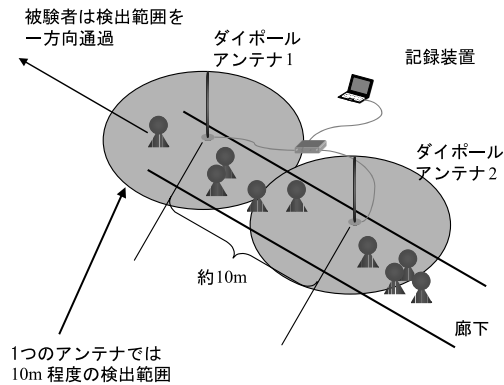


図 2.1. 実験システムの構成

表 2.1. Spider リーダのパラメータ設定

	9/7 夕食	9/8 昼食	9/8 夕食	9/9 昼食
Q 値	1	1	1	1
タグ自動登録	有効	無効	無効	無効
手動登録	未実施	実施	実施	実施

ントリがある ID が読み取られた場合にのみ、上位機器に情報が出力される。ID 登録メモリに ID のエントリのある Spider タグは、observed 状態であることを意味し、glimpse 状態からの状態遷移をする条件パラメータを上位機器から設定できる。実際に設定したパラメータの一部を表 2.1 に示す。Q 値は、Spider リーダからの発信が何回あった後に ID 登録メモリ上へ反映するかを設定するパラメータである。Q 値が 1 の場合読み込みサイクルは 4 回、Q 値が 2 の場合読み込みサイクルは 5 回というように対応している。Q 値は最小 1、最大 4 まで設定でき、デフォルト値は 2 となっている。今回の実験では全て最小の 1 を設定している。Spider リーダには、タグ自動登録機能という機能が存在する。この機能が有効になっていると、読み込みサイクルが経過した ID は自動的に ID 登録メモリに格納される。この機能を無効にしておくと、Spider リーダが Spider タグを読み取っても自動的に ID メモリには格納されない。この場合には、あらかじめ、手動で、ID 登録メモリへエントリを登録する必要がある。エントリの手動登録は Spider タグの ID ごとに行う必要がある。今回は、このタグ自動登録機能の有効・無効の 2 通りを試行した。タグ自動登録機能が無効になっている場合は、あらかじめ全ての Spider タグの ID を手動登録した。

実験結果を表 2.2 に示す。9/7 夕食の試行で検出率が極端に低い。これは、タグ自動登録機能が有効

表 2.2. アクティブ・タグによるご飯チェックシステム実験結果

	9/7 夕食	9/8 昼食	9/8 夕食	9/9 昼食
パッシブ・タグ検出人数	240	224	229	184
アクティブ・タグ検出人数	30	220	220	184
検出率	13%	98%	96%	100%

になっているにもかかわらず、実験環境下では読み込みサイクルが経過せず、タグ自動登録が行われないのが原因と考えられる。9/7 夕食以降の試行では、ID 登録メモリへの手動登録を行った結果、検出率の著しい向上が見られた。

以上の結果から、完全な読み取り率を実現できなかった理由の調査の必要はあるものの、アクティブ・タグを用いたご飯チェックシステムは十分実用性を兼ね備えていると考えられる。

2.2 イベント定義可能な実空間ミドルウェアの実現

本節で述べる「イベント定義可能な実空間ミドルウェア」とは、RFID を利用したユビキタスコンピューティング環境を実現するミドルウェアであり、事前に登録されている条件にしたがって、サービスを起動する機能を提供する。このミドルウェアは、アクティブ・タグを用いて合宿参加者の位置情報を収集する既存システムを利用し、アプリケーションイベントを通知する機能、イベントの発生条件を定義する機能などを実装した。

2.2.1 ミドルウェアの定義

本項で述べるミドルウェアは、アプリケーションとリーダに対してインタフェースを提供し、両者を仲介する役割を持つ。

リーダへ提供するインタフェースは、様々な環境に対応するためにリーダの種類を限定せず、可能な限り多くのリーダを利用可能とする。しかし、リーダの出力情報に標準フォーマットが存在しないため、ミドルウェアはリーダがどのようなフォーマットの情報を送信しても、その違いを吸収し、正しく処理するインタフェースを提供する。

アプリケーションへ提供するインタフェースは、実空間の情報を取得するためのライブラリを提供することによってアプリケーション開発コストの軽減を実現する。そのために、どのリーダから出力された情報でも統一されたフォーマットで情報を取得できるインタフェースおよび、いつでもミドルウェアが

ら情報が取得できるインタフェースを提供する。さらに、リーダから出力する情報の中からアプリケーションがリクエストした情報のみを取得できるインタフェースを提供する。

2.2.2 ミドルウェアの機能要件

本ミドルウェアは、異なるフォーマットで取得される情報を共通のフォーマットへ変換して同一のリーダから取得された情報のように扱わなければならない。また、アプリケーションの要求に応じて情報を選別することで最適な情報を提供する、という要求事項が考えられる。

そこで本ミドルウェアでは、以下の3種類の情報を定義する。

- リーダイベント情報
リーダから出力するタグの読み取りに関する情報。どのリーダから出力された情報でも、本ミドルウェアで同じように利用するために定義されている。
- 実空間情報
タグの検出状況を表す情報。この情報の中には、タグ ID、検出された場所や時間などの情報が含まれる。リーダから取得した情報をもとにミドルウェア内で保持される。
- プレゼンス情報
タグの検出・消失といったイベントを表す情報。タグの状態に変化が生じた場合やアプリケーションからのリクエストに応じて生成される。

これらの情報を利用した本ミドルウェアの機能要件は、リーダイベントの変換機能、プレゼンス情報の生成機能、実空間情報の管理機能、条件一致判定機能の4つである。

リーダイベントの変換機能は、必要な情報の欠落およびデータフォーマットの問題を解決するために、IP アドレスもしくは MAC アドレスを利用して不足している情報を補い、共通のリーダイベント情報へ変換する機能を提供する。

プレゼンス情報の生成機能は、リーダの出力タイ

ミングが異なる問題を解決するために、タグの検出・消失を判定する機能を提供する。

実空間情報の管理機能は、アプリケーションの取得タイミングが異なる問題を解決するために、タグの現在の状態を実空間情報として保持する機能を提供する。

条件一致判定機能は、不必要な情報が取得される問題を解決するために、必要な情報の条件を保持し、フィルタリングする機能を提供する。

2.2.3 ミドルウェアの実装

本ミドルウェアを利用したシステムは、ハードウェア部、ミドルウェア部及びアプリケーション部から構成されている。システム概要を図 2.2 に示す。

ハードウェア部は、個体認識技術であるタグとリーダーから構成されており、タグとリーダー間の通信方法は利用する個体認識技術によって異なる。実験では、アクティブ型 RFID システムである RF-CODE 社の Spider リーダを使用した。リーダーで読み取られた情報は、シリアルサーバの Cyclades-TS100 からネットワークを経由してミドルウェアへ送信される。

ミドルウェア部は、リーダイベント層、プレゼンス層、コンディション層の 3 つのモジュールによって構成されている。ミドルウェア部の構成を図 2.3 に示す。

リーダイベント層では、IP アドレスを用いて、リーダーの設置場所を表す位置情報ラベルを補完する機能を実装した。また、リーダーの種類ごとにモジュールを用意して、共通のリーダイベント情報へ変換する機能を実装した。

プレゼンス層では、タグの移動をイベントとして検出し、プレゼンス情報を生成する機能を実装した。Spider リーダはタグの消失を出力しないため、この機能では、ガベージコレクションを行って消失したタグを発見する。また、アプリケーションからのランダムなリクエストへ応答するために、常に現在のタグ検出状態を保持する実空間情報管理機能を実装した。

コンディション層では、アプリケーションごとに必要な情報の条件を記述できる機能を実装した。条件には、タグ ID、リーダー位置情報ラベル、検出・消失のどちらかを設定することが可能である。リーダーから取得した情報は、この条件から必要かどうかを判断して、必要であれば配信、不必要であれば破棄を行う。

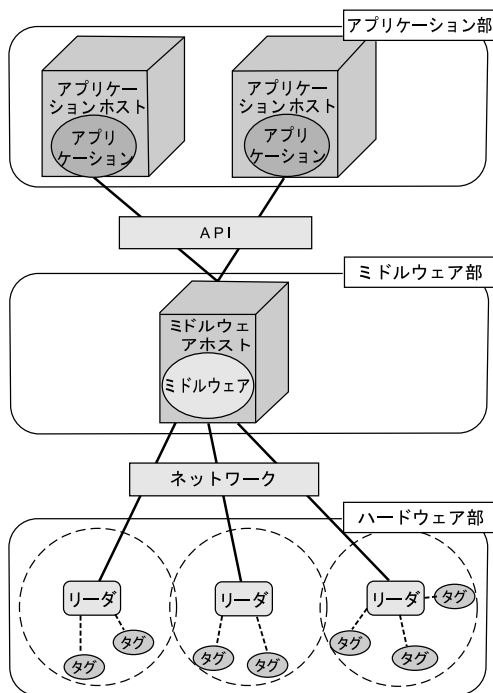


図 2.2. システム概要

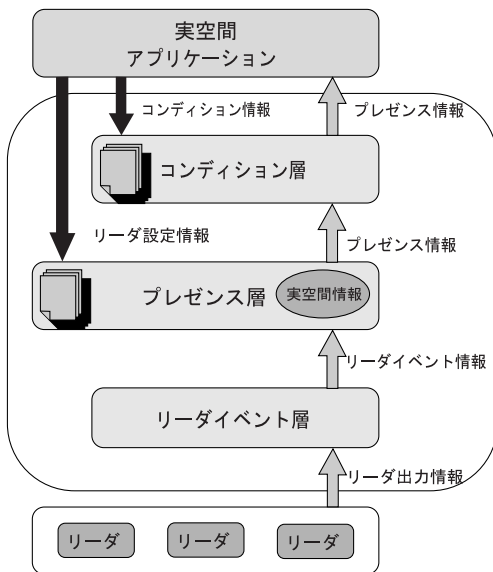


図 2.3. ミドルウェアモジュール

アプリケーション部は、実空間アプリケーションと API から構成されている。実空間アプリケーションは API からライブラリを提供され、ライブラリの提供する機能によってミドルウェアと情報のやり取りを行う。ライブラリに含まれている機能は、ミドルウェアとの接続・切断、条件の登録、検出・消失の判定パラメータの変更、リクエストの送信、結果の取得などである。

2.2.4 アプリケーション

位置情報などから記述される条件をあらかじめ設定することで、条件に合致した場合に登録されているアプリケーションを起動する。条件の要素として、参加者および部屋の識別子、時刻情報を利用する。ミドルウェアの情報管理アーキテクチャおよび条件記述の要素の十分性を示すため、以下の2つのサンプルアプリケーションを構築した。

a ミーティング資料自動配布システム

ミーティング資料自動配布システムは、合宿参加者の在室情報を取得することにより、参加しているセッションのミーティング資料の自動配布を可能にするシステムである。参加者が事前にミーティングの資料を投稿しておくことで、ミーティングの開始時間になると事前登録した参加者に資料が自動的に配布される。また事前に登録していない参加者に対しても会場へ入室した際に投稿された資料が配布される。

b 入退室情報の通知システム

入退室通知システムは、関心のある参加者の入退室情報を、参加者の携帯電話へメールで通知するシステムである。参加者同士で連絡を取り合いたい場合や、合宿期間中に用事がある人がいる場合に関心のある参加者と通知を受け取る条件を登録しておくことでその参加者の移動を知ることができる。通知を受け取る条件として、同じ部屋へ入室した場合や特定の部屋から退室した場合などが指定できる。2004年9月合宿では、これらの条件登録を、WEBインタフェースを用いて参加者が個別に登録できるようにした。

本ミドルウェアで活用が期待されるアプリケーションが少なからず存在することを示し、ミドルウェアの有効性と存在意義の評価とした。そのために、本ミドルウェアで利用できるアプリケーション・モデルを合宿参加者に開示し、サンプルアプリケーションの有効性を計るのみならず、同様に活用可能な提

場所検索 - Microsoft Internet Explorer
アドレス http://mckee.stc.wide.ad.jp/camp0409/locate.php?reader=bof41

BoF4-1 検索

23人が該当します。

タグID	WIDE番号	名前	ニックネーム	メールアドレス	組織	入室時間
AGWQMR	13	中村 修	おさむ	osamu@wide.ad.jp	慶應義塾大学	2005-01-07 23:58:00
DVNH5Z	54	民田 雅人	みんみん	minmin@wide.ad.jp	株式会社日本レジストリサービス	2005-01-07 23:54:00
JOSHCE	91	陣崎 明	zinzin	flab.fujitsu.co.jp	株式会社富士通研究所	2005-01-07 23:55:00
FAXZNR	237	小林 和典	かぢん	kazu-k@cs.kusa.ac.jp	倉敷芸術科学大学	2005-01-07 23:57:00

図 2.4. これまでの位置検索アプリケーション

案を募る。有効に活用されたかどうかについて利用頻度を調査するだけでなく、評価の一環として、アンケートによる調査を実施し、本モデルウェアでの活用が期待されるアプリケーションに関して利用者から意見を求めた。

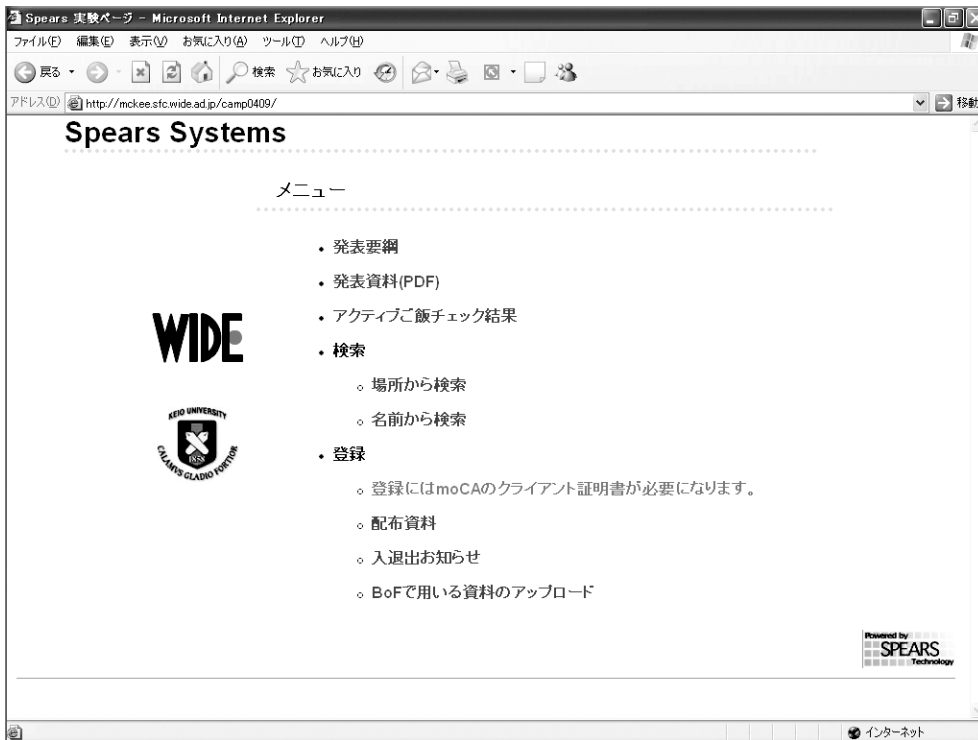


図 2.5. Spears システム WEB 画面

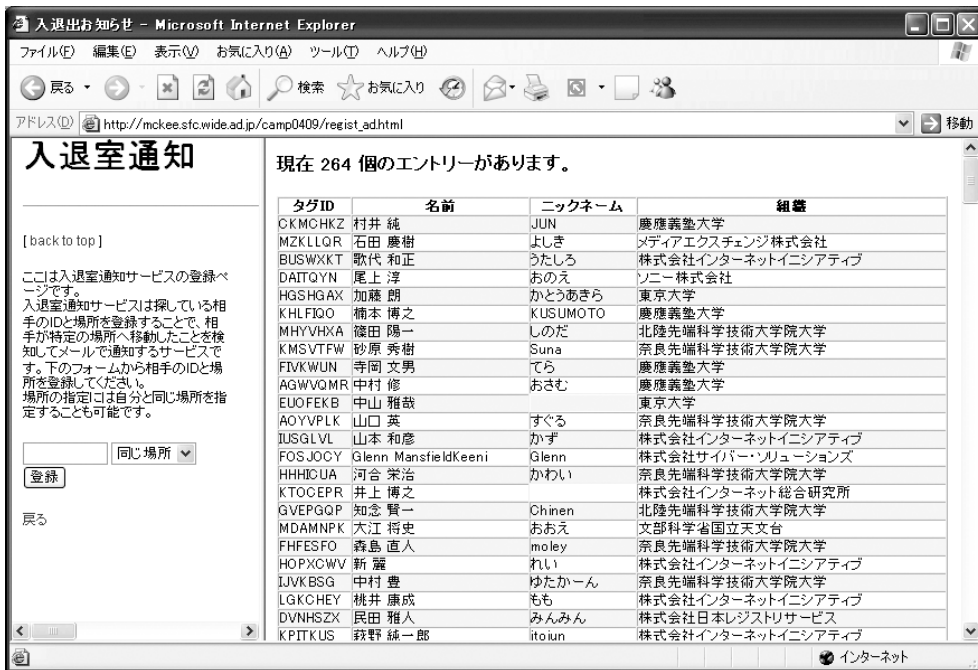


図 2.6. 入退室通知イベント登録画面

第3章 NetWorld+Interop 2004 Tokyo におけるイベント運営支援実験概要

3.1 NetWorld+Interop

NetWorld+Interop(以下N+I)とは、コンピュータネットワーク環境やインターネットに関する技術や製品、ソリューションを取り上げるイベントで、1994年より毎年行われてきた歴史あるイベントである。ネットワーク関連の技術や製品は、非常に進歩の早い分野であるためN+Iでは、常に最新のものを取り上げ、これから世の中に定着しトレンドやスタンダードになるであろうものを積極的に用いて、各技術や製品が相互に動作するかどうか(インターオペラビリティ)を検証し、よりよいネットワーク環境の実現を目指すためのイベントでもある。

3.2 N+Iのスタッフの活動と既存の連絡把握方法

前節で述べたように、N+Iではインターオペラビリティを検証するため、およびイベント出展者に対してネットワークを提供するためにShowNetというネットワークを構築し、運用する。会場内に設置された各種機器を相互接続すると同時に、直接インターネットともつながっており、実際のネットワーク環境に即したマルチベンダ/マルチプロトコルによる相互接続を実現している。

ShowNetはShowNet Sponsorship Programによって提供された最先端のネットワーク機器・サービスによって構成され、各企業からは機器・ソリューションのスペシャリストがNOC(Network Operation Center)チームとして参加している。さらに、NOCチームをサポートするのは、STM(ShowNet Team Member)と呼ばれる公募によって選ばれたボランティアチームである。ShowNetはN+I会期中、NOC/ShowNet Sponsorship Program/STMにより構築・運用される。

STMはさらに細かくチーム分けされ、チームごとにタスクが割り当てられる。主な作業内容は会場内に複数設置されたPODと呼ばれるネットワーク機器の接続拠点におけるネットワーク構築・運用および、出展者ブースなどにおけるトラブルシューティングである。そのため、会期前のネットワーク構築

段階では大半の作業はPOD近辺で行われる。また、普段はNOC控え室にいるNOCチームも、トラブル時にはPODなどで作業を行うことも多い。

以上のような状況を踏まえ、スタッフの状況把握を的確に行うことが作業の効率化には欠かせないが、会場が非常に広大なためこれまでは無線機を用いてスタッフの状況把握や、仕事の割り振りを行っていた。しかし、既存の方法では全てのスタッフの位置をリアルタイムに把握することは困難であり、位置を把握する効率も悪かった。また、会場が広大であるため、会場の末端では無線で通信できないなどの問題もあった。

3.3 アクティブ・タグによるスタッフ管理支援システムとその導入目的

アクティブ・タグによるスタッフ管理支援システムとは、N+I 2004 Tokyoのスタッフにアクティブ・タグ(以下タグ)を携帯させ、RFIDタグリーダー(以下リーダー)でスタッフの位置を把握することにより、スタッフへのタスクアサインを効率化するためのシステムである。前節で述べたように既存のN+Iのスタッフ管理はリアルタイム性に欠け、効率が悪かったため、スタッフの位置をリアルタイムに把握し、その情報を提供することを目的として本システムを導入した。アクティブ・タグによるスタッフ管理支援システムは以下の4つのサービスから構成される。

- 場所検索サービス
- スタッフ検索サービス
- チーム検索サービス
- 飯抜き君

そして、この4つのサービスを支えるバックエンドのシステムとして、タグの検出情報をデータベースに登録するプログラムが動作している。

3.4 バックエンドのシステム

スタッフが携帯しているタグの電波を検出するために、会場内には12個のリーダーが設置されており、そのそれぞれにはリーダーの位置を示すラベルが付与されている。リーダーでタグを検出すると、検出されたタグのIDとリーダーの位置を示すラベル、さらに検出されたタイムスタンプをデータベースに登録する。このデータベースにはあらかじめスタッフの名前、所属、メールアドレス、チームなどの個人情報が登録されている。

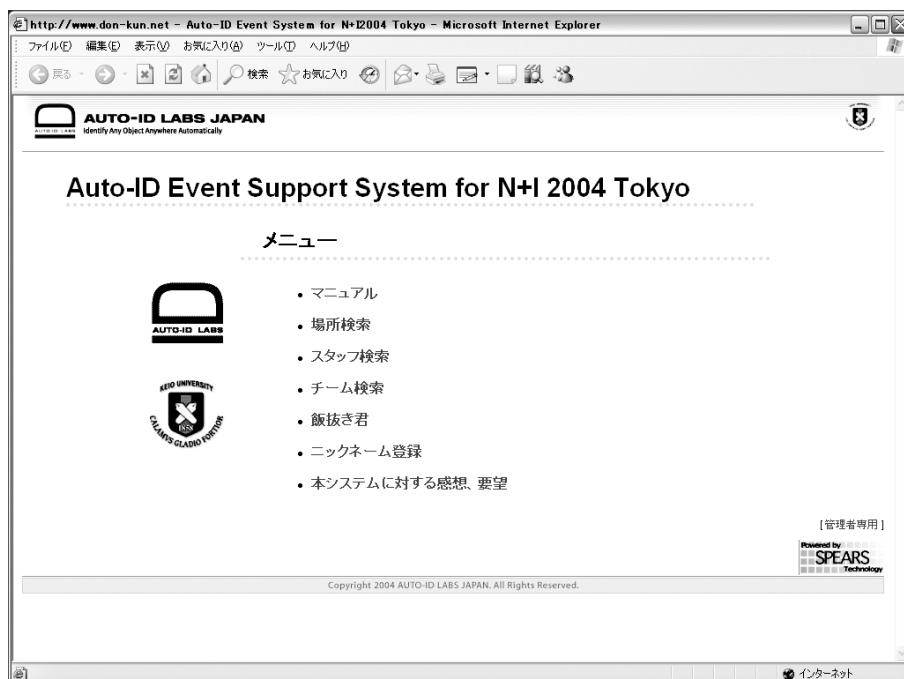


図 3.1. アクティブ・タグによるスタッフ管理支援システム WEB 画面

スタッフが会場内を動き回っているような場合、アクティブ・タグの検出率は低下する。さらに、N+Iの会場では大量の電子機器が展示されることもあり、ノイズなどの影響によりリーダの検出範囲内にいても常にリーダに検出され続けられないこともあった。そのことを考慮し、本システムではリーダからタグが検出されなくなっても一定時間はそのリーダの周りにはいるとみなした。

会場が広大なためリーダの検出範囲が会場に占める割合は非常に少ない。そのため、直前にどのリーダで検出されていたかという情報は、会場内におけるスタッフのおおよその位置を知る手がかりともなる。なお、タグがリーダの検出範囲外に出てから一定時間たつと、タグは完全にリーダの検出範囲外に出たと認識され位置情報は削除されるが、現在検出しているリーダの直前に検出していたリーダの情報もデータベースに保存する。

3.5 情報提供のインタフェース

情報提供のインタフェースとして WEB を利用した。前節のデータベースに登録されている情報を元に、スタッフの位置情報や個人情報などの情報を WEB ブラウザから検索できるサービスを提供した。

a 場所検索サービス

場所検索サービスは、地図上のリーダのシンボルマークをクリックする、もしくはプルダウンメニューからリーダの検出エリアを選択することで、現在のリーダで検出されているタグの所有者(スタッフ)の一覧を表示する。この一覧表示には、名前だけでなく、データベースに登録されている個人情報も同時に表示させるため、所属やチームなど、そこにいるスタッフがどういう人なのかといった情報を容易に取得可能である。さらに、リーダが最初にタグを検出した時間も表示するため、どのくらいの時間そこにいるのかという情報も取得可能である。

さらに、表示された個人情報のうち、メールアドレス、所属、チームの3つの情報については、表示された各々の個人情報のリンクをクリックすることにより、その個人情報をキーとして検索を行う。これにより、同じ組織やチームの人がどこにいるのかという情報が容易に取得可能である。

b スタッフ検索サービス

スタッフ検索サービスは特定のスタッフの情報を、名前、メールアドレス、ニックネーム、組織名から検索し表示するサービスである。検索結果では、場所検索サービスと同様にデータベースに登録されている個人情報を表示するが、検出時間の代わりに現



図 3.2. 場所検索サービス WEB 画面



図 3.3. スタッフ検索サービス WEB 画面

在の位置情報と直前の位置情報を表示する。現在の位置情報、直前の位置情報共に、リーダーでタグを検出できていない場合は「検出範囲外」と表示する。

また、場所検索サービスと同様に表示される個人情報へのリンクをクリックすることにより、組織、肩書き、チーム名、検出エリアをキーとして再検索が可能である。

c チーム検索サービス

チーム検索サービスは、チーム名をプルダウンメニューから選択し検索することにより、現在そのチームに割り当てられているタスクの一覧と、チームメンバーの個人情報を表示する。また、このサービスからそれぞれのチームに対してタスクの割り当て状況を変更可能である。これにより、どのチームがど

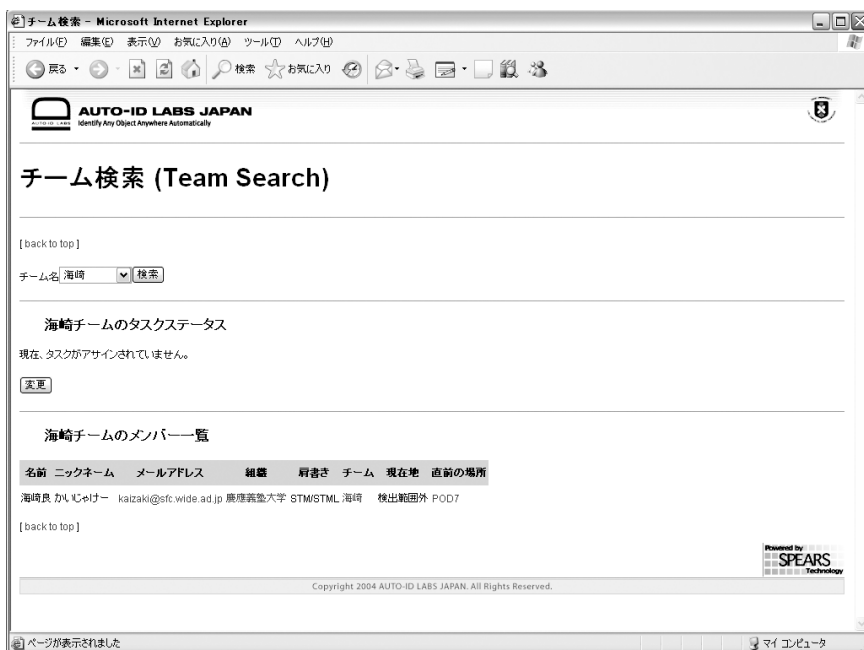


図 3.4. チーム検索サービス WEB 画面

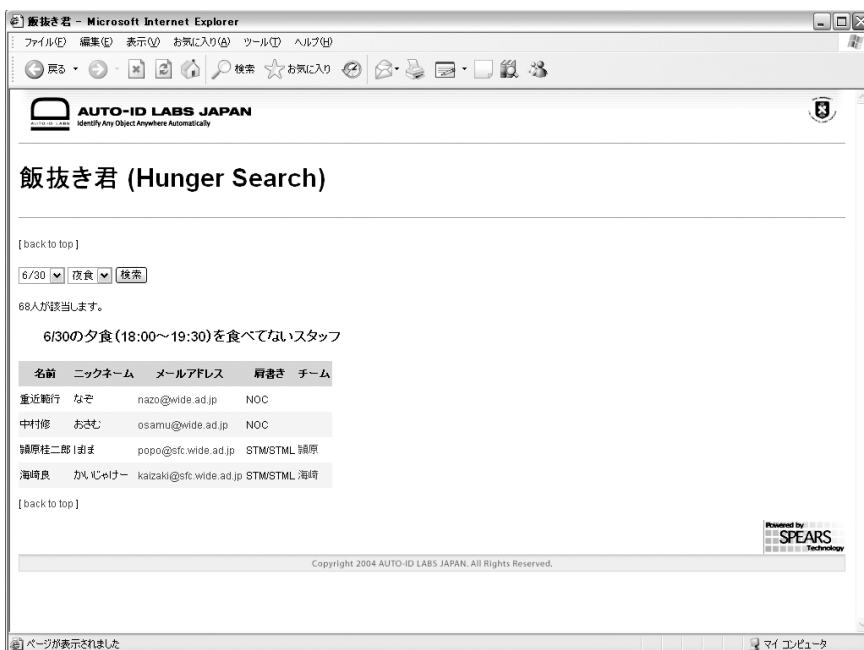


図 3.5. 飯抜き君 WEB 画面

ういうタスクを割り当てられているのかが容易に把握でき、効率的なタスクの割り当てが可能になる。

d 飯抜き君

飯抜き君は、タスクを割り当てる人（以下ディスパッチャー）が、まだ食事を取っていない人を把握するためのサービスである。このサービスを用いることで、ディスパッチャーはまだ食事をとっていないチームのタスクを他のチームに引き継がせるなどして、時間内に全スタッフが食事をとれるようにタスクの割り当てを行える。スタッフはチームごとにさまざまなタスクを割り当てられ、そのタスクの処理にかかる時間もまちまちであるため、全員で同時に食事をとることはできない。そのため、タスクが割り当てられていない空き時間に食事をとる。これまではディスパッチャーが各チームに対して無線を用いて食事を取ったかどうかの確認をするという非効率的な方法をとっていた。

3.6 まとめ

本システムを導入することにより N+I 2004 Tokyo において、スタッフの位置をリアルタイムに把握し、効率よく仕事を割り振ることを実現した。特に場所検索サービスや、飯抜き君は大規模イベントの運営支援に有効であることが確認できた。

今後の課題として、より検出率の良いデバイスを用いて検出精度を上げることや、会場内での検出範囲を広げることなどが挙げられる。

