

平成 22 年 4 月 16 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2009

課題番号：19580304

研究課題名 (和文) 農作物情報の体系的共有のための中央管理型 P2P 情報共有システム

研究課題名 (英文) Central Management Type P2P Information Sharing System for Systematic Sharing of Agricultural Information

研究代表者

井口 信和 (IGUCHI NOBUKAZU)

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号：50351565

研究成果の概要 (和文)：センサデータの共有を目的として、Hybrid 型 P2P によるセンサデータ交換システムを開発した。本システムはインデックスサーバとノードから構成される。インデックスサーバはセンサのメタデータを管理する。ノードはセンサデータを管理する。まずインデックスサーバとノードを実装した。次にセンサ管理機能と mini ノードを実装した。実験から、本システムによってセンサデータの容易な共有が可能であることが分かった。

研究成果の概要 (英文)：I developed a sensor data exchange system with hybrid type P2P in order to share sensor data. This system consists of an index server and some nodes. The index server manages meta data of sensors. The node manages data of sensors. First, I implemented the index server and the node. Then, I implemented a sensor managing function and a mini node function. I found in that experiment this system can share sensor data easily.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
2009 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：農業情報工学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：P2P, 農業情報, 情報共有, 画像データ, 計測データ

## 1. 研究開始当初の背景

高速ネットワークの普及とパーソナルコンピュータ (以下、PC) の性能の向上により、ネットワークと PC の能力を有効に利用するためのアプリケーションとして P2P ネットワークを基盤とする新しいアプリケーションが広まりつつある。P2P 方式は従来のクライ

アント・サーバ (以下、C/S) 方式の短所を補い、さらに新しいサービスを提供する可能性を持っている。これまでに、ハイブリッド型 P2P システムによって、農作物の画像データの共有・交換を可能とする BIX イメージブローカシステム (以下、BIX-IBS) を開発した。BIX-IBS は、メタデータのみを管理するイン

デックスサーバを配置したハイブリッド型 P2P システムである。BIX-IBS によって、特定のグループ内でのみ安全かつ自由な画像データ共有・交換と既存のネットワークアプリケーションとの連携が可能となった。BIX-IBS は画像データの共有・交換を目的としたため、インデックスサーバが扱えるメタデータは、画像に関係するデータのみとなっている。このため、計測データ等の画像データ以外の共有・交換はできない。農作物の栽培管理、栽培履歴の取得のためには、画像データのみならず、フィールドサーバ等の計測した様々なデータ（気温、湿度、土中温度等）の共有・交換も必要である。そこで、本研究では、これまでに開発してきた農作物画像の共有・交換を目的とした BIX-IBS を発展させ、様々な形式の農作物情報を単一の P2P システム上で扱うことを可能とする、農作物情報の共有・交換システムを開発する。

## 2. 研究の目的

本研究では、様々な形式の農作物情報をインターネット上で簡単に交換できる情報共有システムを、Hybrid 型 Peer-to-Peer (以下、P2P) ネットワークによって開発する。P2P システムは Pure 型 P2P と Hybrid 型 P2P の 2 つに分けられる。Pure 型 P2P は、コンテンツとコンテンツの所在地情報などを含むメタ情報の両方を各ノードが分散して管理する方式である。一方、Hybrid 型 P2P は、メタ情報のみを管理するインデックスサーバを配置し、メタ情報は IS で集中して管理するが、コンテンツは各ノードにおいて分散して管理する方式である。

本研究ではメタ情報を中央のサーバで管理し、コンテンツ情報を各ノードにおいて分散して管理する Hybrid 型 P2P の特徴を利用した農作物情報の共有を目的とする P2P アプリケーションを開発する。本研究が対象とする農作物情報とは、作物の画像データ、各種計測データ、作業記録などである。これらの情報が農作物の栽培情報として有効であることは多くの研究から明らかである。作物の画像データによる栽培ステージの判定、病害虫の診断、作業記録などが利用方法の一例として挙げられる。従来、これらの情報は C/S 方式によって一括管理されてきた。しかし、C/S 方式では、サーバにおける管理負担やデータ量の増大、利用者数の増加などによる問題が発生している。

そこで、本研究ではメタ情報を中央のサーバで管理し、コンテンツ情報を各ノードにおいて分散して管理する Hybrid 型 P2P の特徴を利用した P2P アプリケーションを開発する。本方式のサーバは、メタ情報のみを管理するため、従来の C/S 方式と比べてサーバへの負荷は少ない。P2P システムの利用によって、

C/S 方式問題は解決できる。Hybrid 型 P2P システムとして開発することで、センサのメタデータ情報およびセンサデータを管理するノードの情報と、コンテンツであるセンサデータを分散して管理できる。これにより、1) センサデータの検索速度の向上、2) ピアグループへの参加認証による特定のグループ内での安全なデータ交換、3) ノードの管理、4) NAT 越え問題の解決が実現できる、さらに本システムのノード機能を動作させるだけで、センサデータの公開および交換が可能となるため、計測サイトでの Web サーバ等の運用は不要となる。

## 3. 研究の方法

### (1)

本システムは、Hybrid 型 P2P ネットワークを用いたセンサデータ共有システムである。図 1 に開発したシステムの構成図を示す。本システムは、IndexServer (以下、IS) と Node、センサから構成される。IS と、Node により Hybrid 型 P2P ネットワークを構築する。いくつかの Node は設置されているセンサに対して、アクセス可能な状態を想定している。IS はセンサのメタデータと Node の情報のみを管理し、Node がセンサとそのセンサが計測したデータを管理する。Node が管理するセンサデータを取得するには、IS に登録されているメタデータから目的のセンサを検索し、Node 間で直接センサデータを交換する。これにより、IS に登録されている多数のセンサの中から、効率的に目的のセンサを発見することができ、分散管理されている各地のセンサデータを Node 間で共有することができる。同時に、IS によりグループ内の認証や管理も可能になる。本システムは、Java 言語を用いて実装した。JDK6 および JRE6 以上の JVM 環境で動作する。P2P のプラットフォームには JXTA を使用した。

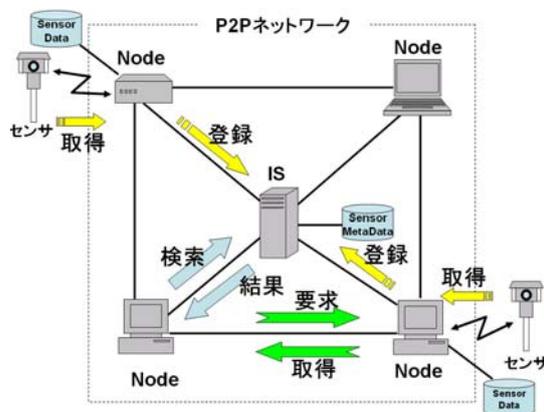


図1 システムの構成

(2)

IS は Hybrid P2P ネットワークにおけるサーバとして、ネットワーク内の情報を管理する。開発した IS の構成を図 2 に示す。IS はシステムに参加している Node を管理する。まず、IS が起動すると、P2P ピアグループを作成する。作成したグループにはパスワードが設定され、Node の参加時に認証を要求する。認証により、特定のメンバー内での共有が可能になる。認証が完了し、グループに参加した Node の情報は、IS のデータベースで管理される。また、IS は Node により登録されるセンサのメタデータを管理する。メタデータは、センサの種類や位置情報などである。表 1 に今回定義したメタデータを示す。メタデータは、メタデータも同様に IS のデータベースで管理される。IS のデータベースには、MySQL と SQLite を利用できる。MySQL は高速で信頼性も高く、利用者の多いデータベースである。しかし、サーバ型のデータベースのため、サーバマシンにインストールされている必要がある。SQLite は、アプリケーションに組み込んで利用する軽量データベースである。プログラムに同梱して配布することで、インストール等の作業を必要とせず利用できる。本システムでは、それぞれのデータベースを、環境に応じて変更できる。

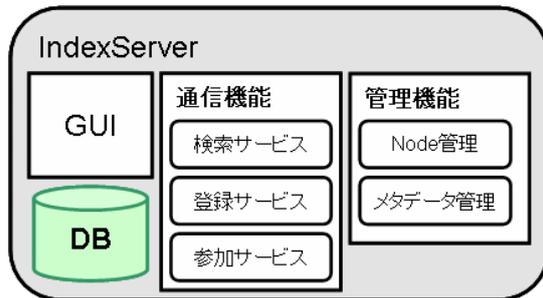


図 2 IndexServer の構成図

(3)

開発した Node の構成を図 3 に示す。システムの利用者は、Node の GUI からシステムの機能を利用する。設置されているセンサにアクセス可能な Node は、センサを管理し、センサデータを定期的に収集する。収集したセンサデータは各自のデータベースに保存する。また、Node はデータを収集しているセンサに関する情報をメタデータとして IS にあらかじめ登録する。各 Node が管理しているセンサデータを取得する場合、IS に登録されているメタデータから、目的のセンサを管理している Node を検索する。その後、Node 同士が直接通信することでセンサデータを取得する。

表 1 メタデータ

名前	説明
sensor id	一意識別子
name	名前
group	グループ
place	場所
address	住所
latitude	緯度
longitude	経度
altitude	標高
location	設置状態
start date	計測開始日
end date	計測終了日
interval	計測間隔
comment	コメント
sensor vendor	センサのベンダ名
sensor model	センサの型番
sensor type	センサの種類

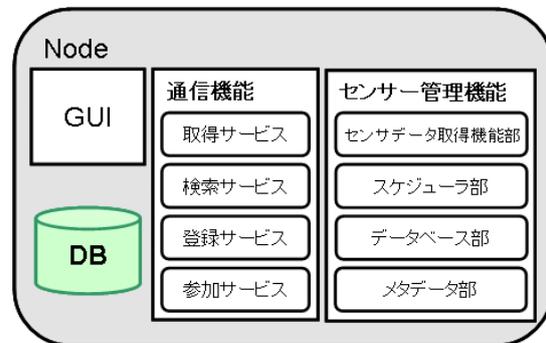


図 3 Node の構成図

(4)

センサは、様々な場所に設置されていることが想定される。取得できるセンサデータは、温度、湿度、日射量、気圧、風速、雨量などの数値データである。また、本システムでは、web カメラ等もセンサのひとつとして扱い、画像データもセンサデータと同様に取得できる。

(5)

通信機能は、P2P を用いてデータ通信する。Node や IS の通信する処理の内容ごとに、各サービスを定義する。定義した 4 つのサービスについて述べる。

①参加サービス

参加サービスは、Node が P2P グループに参加する際の通信を処理する。参加時の認証も参加サービスで処理する。Node が IS に参加要求メッセージを送信し、認証が成功すれば、IS が Node に参加応答メッセージを返す。Node 終了時は、Node が終了メッセージを送信することで、グループから離脱する。グループ参加後も、Node は定期的に IS に生存確

認メッセージを送信する。これにより、Node や IS の予期せぬ終了などを検知できる。

### ②登録サービス

登録サービスは、Node が IS に管理しているセンサのメタデータを登録する際の通信を処理する。Node は、登録要求メッセージに自身のピア ID とメタデータを記載して送信する。IS は、送信元 Node のピア ID とメタデータを関連付けてデータベースに登録する。また、更新要求メッセージや削除要求メッセージにより、既に登録されているメタデータの登録・削除ができる。

### ③検索サービス

検索サービスは、Node が IS が管理しているメタデータから、目的のセンサを検索する際の通信を処理する。メタデータの各項目ごとに検索文字列を指定して、検索要求メッセージを送信する。検索方法は、項目ごとに前方一致、後方一致、部分一致、完全一致を指定することができる。検索要求メッセージを受信した IS は、データベースから検索条件に一致するメタデータを検索する。一致するメタデータが存在すれば、そのメタデータと、メタデータを登録した Node の ID を検索応答メッセージとして返す。

### ④取得サービス

取得サービスは、他の Node が管理しているセンサデータを取得する際の通信を処理する。他の Node に対して、取得したいセンサのセンサ ID を取得要求メッセージに記載して送信する。センサ ID はメタデータから取得できる。センサデータを要求された Node は、取得要求メッセージに記載されているセンサ ID が、自身が管理しているセンサ ID と一致すれば、要求元 Node にセンサデータを返す。通信機能には、P2P フレームワークの JXTA を使用した。定義した各サービスを JXTA のプロトコルを用いて実装した。Node が NAT 機器を越えて通信できない場合、JXTA のリレー機能により、IS が Node 間の通信を中継することで、NAT の種類に依存することなくデータを送受信できる。Relay-Peer はグローバル IP を持つ、外部からアクセス可能なピアである。Peer A と Peer B は、それぞれ Relay-Peer をあらかじめ知っているものとする。Peer B が Peer A にデータを送信する場合、Peer A は NAT 機器の内側にいるため、外部からアクセスすることができない。この時、JXTA は次のような方法を用いる。Peer A は、Relay-Peer に対して、あらかじめコネクションを作成しておく。Peer B も、Relay-Peer に対してコネクションを作成する。これにより、Peer A と Peer B の間に仮想的なコネクションが作成される。

### (6)センサ管理機能の開発

センサ管理機能は、Node がセンサやセンサが取得・収集したセンサデータを管理する機能である。センサの設定とスケジューラ、センサデータのデータベースから構成する。

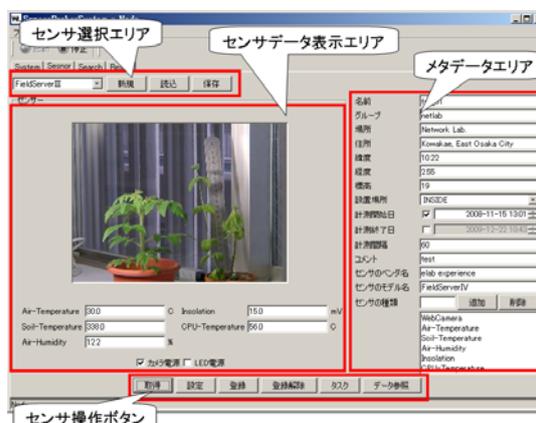


図4 センサ管理機能の GUI

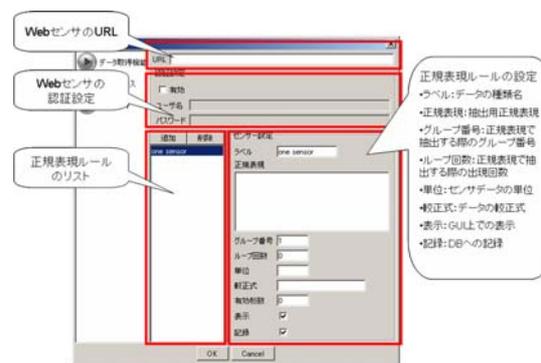


図5 設定画面

### ①センサの設定

センサの設定では、管理するセンサからデータを取得するためのアクセス方法や、取得するデータの種類などを設定する。また、IS に登録するメタデータもここで設定する。センサ管理機能の GUI の例を図4に示す。本 GUI からセンサの設定やメタデータを入力できる。センサの設定は、GUI 上のプルダウンメニューから、センサの種類を選択し、設定画面(図5)から必要な情報を入力する。センサの種類は多様であり、データ取得法だけでも、シリアル接続や USB 接続、ネットワーク接続など様々な方法がある。また、センサによっては、一度に複数のデータを取得できるものもある。そのため、あらかじめ全てのセンサに対応することは困難である。そこで本システムでは、システムで扱う「センサの種類(sensor type)」をプラグイン化することで、対応するセンサの種類を後から追加することを可能とする。標準で用意したプラグインは、以下である。

- Web センサ・プラグイン
- Web カメラ・プラグイン
- フィールドサーバ・プラグイン

Web センサ・プラグインは、HTTP によりセンサデータを取得するセンサに対応したプラグインである。センサの URL と、正規表現を設定することで、取得したデータから必要な値を取り出す。また、正規表現は複数指定できるため、一度に複数の値を取得できる。Web センサ・プラグインによりセンサからデータを取得する様子を図 6 に示す。Web カメラ・プラグインは、Web センサと同様に URL を設定することで、画像データを取得できる。フィールドサーバ・プラグインは、環境計測ロボットであるフィールドサーバ(図 7) からデータを取得するプラグインである。フィールドサーバは、温度、湿度、日射量といった複数のセンサデータと、カメラによる画像データを HTTP により取得できる。フィールドサーバ・プラグインにフィールドサーバのセンサとカメラの URL を設定することで、それぞれセンサデータと画像データを同時に取得できる。

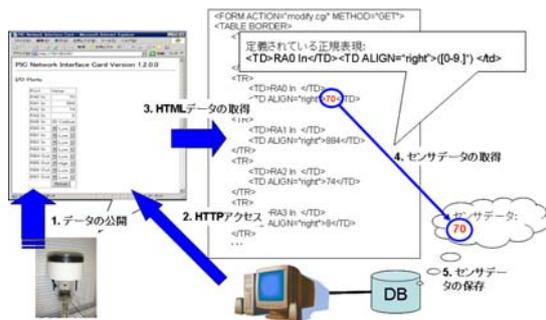


図 6 web センサからのデータ取得方法



図 7 フィールドサーバIV

## ②スケジューラ

スケジューラは、センサからデータを定期的を取得するためのスケジュールを管理する。データ取得はセンサの設定を用いて取得する。スケジューラの設定画面から、スケジュールを指定する。指定した時刻になると、自動的にデータを取得し、データベースに保存する。自動取得のスケジュールは次の 3 種類から選択できる。

- 間隔指定
- 開始時間・間隔指定
- 時間指定

間隔指定は、自動取得する間隔のみを指定する。スケジュールを設定した瞬間に自動取得を開始し、最初の登録が行われる。その後、指定した間隔ごとに自動取得が実行される。開始時間・間隔指定は、自動取得を開始したい時間と、自動取得する間隔を指定する。指定した開始時間になると、最初の登録が行われ、その後、指定した間隔ごとに登録が行われる。時間指定は、毎日実行したい時間を指定する。毎日指定した時間になると自動取得が実行される。

## (7) Mini-Node の開発

センサはあらゆる場所に設置されていることが想定されるため、設置場所によっては、Node を屋外に設置する必要がある。この場合一般的な PC の設置は困難である。そこで、小型の組み込み Linux マシンで動作する軽量の Node である Mini-Node を開発が求められる。小型マシンで動作することで、防水対策などが容易になる。HDD などの機械的な駆動部を持たないため、耐久性の面でも有利である。また、センサが動作している組み込み機器の性能次第では、そのセンサ機器単体で Mini-Node を起動することで、P2P ネットワークに参加できるセンサノードとなる。本研究では、Node の機能を限定し、ユーザが操作する GUI および他 Node からのデータ取得に関する機能を削除した機能を実装した。本機能は、操作用 Web インタフェースを持ち、ユーザがこのインターフェイスから簡単に操作できる。Mini-Node の構成を図 8 に示す。また、図 9 には Mini-Node を実装した Micoro Clinet Jr の外観を示す。

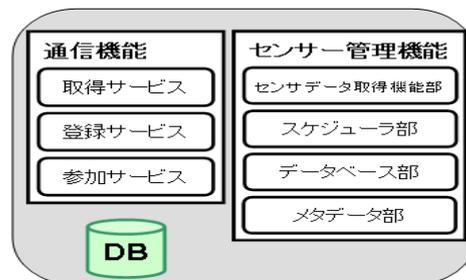


図 8 Mini-Node の構成



図9 Micro Client Jr.

#### 4. 研究成果

開発したシステムの各機能と性能を評価するための実験を実施した。機能の動作を確認するため、開発システムに対し160項目のテストを実施した。その結果、設計仕様通りに動作していることを確認した。次に、性能を評価するために、2つの実験環境を用意し、通信実験を実施した。実験環境は、同一LAN内とインターネット経由(NAT環境)である。計測用データとして4種類の数値データと1つの画像データの40kbyteのデータを取得する時間を計測した。計測回数は各50回とした。図10は同一LAN内の実験結果を示す。図11にインターネット経由の実験結果を示す。

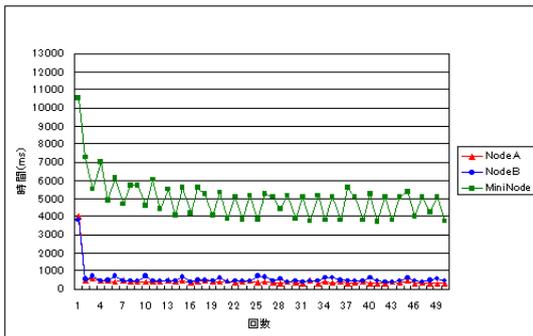


図10 同一LAN内の実験結果

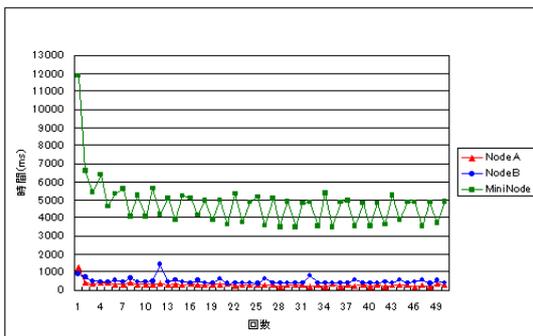


図11 インターネット経由の実験結果

実験の結果、通常のNodeに関しては、どちらの環境でも、2回目以降は、ほぼ1秒未満でデータ取得ができることが分かった。Mini-Nodeは、性能の問題から全体的に時間

がかかってしまっているが、2回目以降は10秒未満で取得できている。全てのNodeが、初回のデータ取得に時間が掛かっているのは、P2P特有のアドレス解決によるものである。また、インターネット経由の結果から、NAT機器が存在する環境でも正常にデータ取得ができることを確認した。NodeがNAT機器の内側にいる場合は、JXTAのリレー機能によりISがNode間の通信を中継することで、NATの種類に依存することなくデータを送受信できる。これにより、特殊な操作を必要とせずに、センサデータが公開が可能であることを確認した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計4件)

- ① 松村勇希、横前拓磨、井口信和、P2Pを用いたセンサデータ共有システムの提案とNode間通信機能の実装、平成20年度電気関係学会関西支部連合大会、2008
- ② 松村勇希、井口信和、Hybrid P2P型センサデータ共有システムにおけるNode間通信機能の実装、情報処理学会第71回全国大会、2009
- ③ 松村勇希、井口信和、Hybrid P2P型センサデータ共有システムにおけるセンサ管理機能の開発、電気学会産業システム情報化研究会、2009
- ④ 松村勇希、井口信和、ハイブリッドP2P型センサブローカシステムの開発、第52回自動制御連合講演会、2009

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

井口 信和 (IGUCHI NOBUKAZU)  
 近畿大学・理工学部・教授  
 研究者番号：50351565