

平成 21年 6月 12日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2006～2008

課題番号：18580260

研究課題名（和文） 果樹園を対象とした灌水制御のためのセンサネットワークの開発

研究課題名（英文） Development A Sensornetwork System for Irrigation control at Fruit Farm

研究代表者

内尾 文隆 (UCHIO FUMITAKA)

和歌山大学・システム情報学センター・教授

研究者番号：90185017

研究成果の概要：

本研究課題では、果樹園を対象としてセンサネットワークシステムおよびセンシングデータ閲覧システム、灌水コントロールシステムを開発した。センサネットワークシステムはバッテリー動作を目指し、省電力化を図るため有線と無線によるハイブリッド構成を用いた。また、センシングデータ閲覧システムは SVG を用いて圃場マップを描画することで、GIS 機能を持たせた。また、Google カレンダーを用いた灌水制御インタフェースも開発した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,000,000	0	2,000,000
2007年度	700,000	210,000	910,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	420,000	3,820,000

研究分野：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：センサネットワーク、1-wire、土壌水分、農業技能、灌水制御

1. 研究開始当初の背景

高品質な作物を安定して栽培するためには作物の状況や作物を取り巻く環境を常時監視する事が有効である。このような要求にこたえるためには、農場に温湿度計や雨量計、水分センサー等の多数のセンサーを配置し、圃場内での細かな気象変化や土壌水分等を常時調べることが有効である。センサーと通信機能を有した機器が、圃場全体にきめ細かく配置され、常時計測データを送信すれば圃場の状態をリアルタイムかつ時系列的にモニタリングでき、農作業に作業指針として大いに利用が期待される。

このようなセンサーを多数配置し、相互にネットワーク化したものをセンサネットワークと呼び、通信の分野では世界中で研究が進められている。このセンサネットワークの中心的技術はセンサーと通信機能を搭載した超小型コンピュータである。

一方路地での果樹の栽培は天候、特に雨の影響を受けやすい。これに対応するために透湿防水シートにより圃場をカバーすることで、雨水の浸入を防ぎ、かつ灌水のための点滴灌水パイプを敷設するマルドリ栽培が普及しつつある。この栽培法とセンサネットワークによる灌水制御を組み合わせると、経験や勘を

数値化することが可能となる高度な栽培手法が構築できる。

ところで、国内での圃場のセンサノードの開発では、代表的な例として中央農研の平藤らのフィールドサーバー（以下 FS と略す）および東海大学の星らの施設栽培向けセンサネットワークがある。これは H8 マイクロコンピュータを中心に気温、湿度、日照量、土壌水分、Web カメラなど各種インタフェースを接続可能な高機能なかつ大規模なセンサノードである。したがって、コスト的には比較的高価格で、圃場の状態をきめ細かくセンシングするには現実的では無い。また通信機能として、通常の無線 LAN 用のアクセスポイントを搭載しており、電力消費量も多くなっている。したがって、電力的に自立運転を考えた場合、巨大な太陽電池とバッテリーを必要とする。これに対して、本研究課題では、小型・単機能を目指し、コスト的、電力的問題を解決させる。したがって、圃場に数多く設置することを可能にし、圃場の状態をきめ細かく計測する事が可能になる。

一方東海大学の星らのグループは、小型のノードを基に施設栽培の自動化を行っている。しかし、星らのシステムでは、省電力機構や無線通信に関する機能が不足しているため、露地栽培の作物への適応は現実的では無い。本研究課題で開発するノードは最初から省電力機構や、無線中継機能を内蔵し、露地への適応を考慮している。

2. 研究の目的

本研究課題での目的は以下の通りである。

(1) 圃場利用のためのセンサネットワークシステムの開発

圃場、特に果樹栽培に適したセンサネットワークシステムを開発する。果樹栽培の果樹栽培の現場は商用電力(100V)の供給が困難な場合が多いため、蓄電池や太陽電池による省電力化に注意する。また、実際の圃場で用いるためにはセンサーの種類や数を自由に調節できる拡張性についても考慮する。

(2) 灌水制御のための灌水バルブ制御システムの開発

マルドリによる栽培法は点滴灌水チューブにより灌水を行う。灌水量はバルブの開閉時間により調節することができる。この灌水作業は通常タイマーにより制御されているため、実際の必要量と異なり大雑把な灌水となりやすい。本課題では、土壌水分や果実の状態より遠隔地から灌水制御できるシステムを構築する。

(3) バッテリー駆動のための基礎技術の開発

バッテリー駆動のための基礎的開発として、バッテリーとノードの関係を見直す。これまでのセンサネットワークではノードの1つのバッテリーを搭載していたが、この方式ではコスト的、バッテリー交換の負担が大きい。本課題では、このセンサネットワークにおけるバッテリーについても検討する。

(4) 圃場情報の閲覧、バルブ制御インタフェース

センサネットワークシステムが収集した情報を簡単に閲覧することのできる、Web ベースの情報閲覧システムを開発する。このシステムは地図を用いて簡易型 GIS の機能を持ち合わせる事で、直感的なインタフェースを持たせることができる。また、灌水バルブの制御予約や作業日誌の機能を持ち合わせると共に、農業初心者が経験豊かな篤農家との共同作業できるよう、情報の共有基盤を持つシステムとしても設計する。

3. 研究の方法

本研究課題により開発したシステムは以下の通りである。

(1) 圃場利用のためのセンサネットワークシステムの開発

圃場利用のためのセンサネットワークシステムとして、有線型のネットワークと無線型ネットワークのハイブリッド型のセンサネットワークを開発した。通常センサネットワークは無線を用いた小型ノードを用いる場合が多いが、消費電力を抑えるために有線のネットワークを採用した。この有線型のネットワークとして 1-wire を採用した。1-wire は 1 対の線で、電力供給とデータ通信が行える優れた方式である。また 1-wire は通常電話や LAN と同じモジュラーケーブルが用いられており、拡張性に富んでいる。この 1-wire には A/D 変換デバイス、温度センサーデバイス、カウンター等がシリーズ化されており、低価格、低消費電力を実現する事ができる。さらに各デバイスは 64bit の固有アドレスが割り当てられているためにネットワークに接続されたデバイスを識別する事が可能である。さらに HUB を用いて分岐が簡単に可能である。センサーの追加はこの 1-wire ネットワークにモジュラージャック等で追加するだけでよく拡張性に富んでいる（図 3.1 参照）。

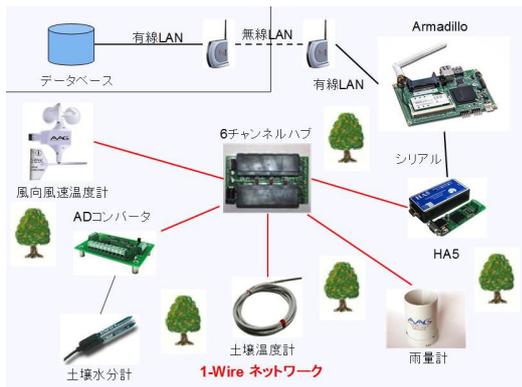


図 3.1 1-wire ネットワーク

通信範囲は最大 200m 程度の距離まで延長できるため、半径 200m の範囲にセンサーを張り巡らせることが可能となる。

和歌山県を例にとると 1ha 程度の小規模農家が多いため、200m の通信距離は十分な長さである。

大規模な圃場では、1-wire で接続されたセンサネットワークシステムを 1つのユニットと考え、このユニットを多数配置することで、圃場全体のセンシングを行う。さらに、各ユニット間は無線通信を用いたアドホックネットワークにより相互通信を行いデータを伝送する。

この方式には大きなメリットが存在する。通常センサネットワークでは、超小型ノードに 1個から数個のセンサーを内蔵し狭い範囲を受け持たせる。そして、それを多数面的に配置することで、広範囲なエリアをセンシングする。しかし、本課題で提案する手法は小型ノードに 1-wire を用いて面的な広がりを持つ範囲をセンシングすることができる。したがって、センサノードの個数が大幅に削減できる。センサノードにはバッテリー等の電源を搭載するが、通常のセンサネットワークでは小型のバッテリーを搭載し、それを多数個配置する。この問題点は次のようになる。

- ① 電池は小さな物ほど容量当たりのコストが高い、
- ② 多数の電池が面的に分散すると交換にかかる労力が多くなり、交換ミス誘発する

本課題の提案手法は 1つのノードに比較的多数のノードを制御させる必要があるため大きな電源が必要であるが、コストおよび交換の労力の観点から見ても優れた方法である。

(2) 灌水制御バルブシステムの開発

灌水バルブを制御するために、バルブ制御システムを開発した。本システムは市販の

12ch のリレーを搭載した 1 ボードマイコン (RBIO-3E) を使用した (図 3.2 参照)。

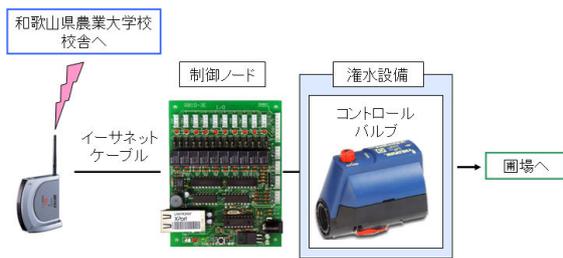


図 3.2 灌水バルブ制御

(3) 圃場情報閲覧、共有システムの開発

農家が、圃場で計測された情報を簡単に閲覧できるようにするため、圃場情報の閲覧および共有システムを作成した。本システムは次の部分からできている。

① 簡易 GIS による圃場情報の閲覧

これは、SVG で作成した地図を用い、地図上のセンサーをクリックすることで、計測された情報がグラフとなって閲覧することができる。また、2箇所をクリックすることで、2箇所の土壌水分の変化を比較することもできる。

② Google カレンダーを用いた灌水制御

Google カレンダーに灌水制御機能を追加した。Google カレンダーの API を用い、アイコンをクリックすることで、灌水時間の入力画面が表示される (図 3.3 参照)。

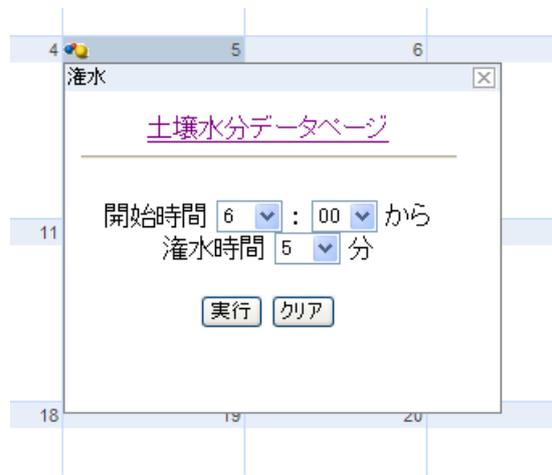


図 3.3 灌水制御画面

4. 研究成果

本研究課題で開発した圃場センサーネットワークを和歌山県農業大学校の実験圃場に敷設した (図 4.1 参照)。

センサーネットワークシステムは 1年以上動作を続けており、長期安定動作を確認中である。

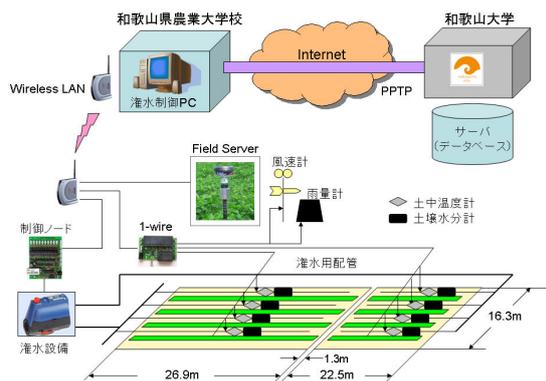


図 4.1 実験システム

また、圃場情報閲覧システムにより表示された土壌水分データのグラフを図 4.2 に示す。

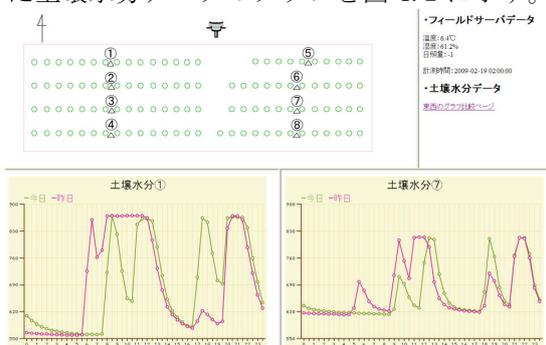


図 4.2 土壌水分変化

また、圃場情報閲覧システム、共有システムについて、評価を求めた結果、土壌水分が絶えず観察できれば、有効との意見を得た。

今後の課題としては、センサネットワークが取得したデータの伝送方式について検討する必要がある。現在の和歌山県農業大学に敷設した実験システムでは、取得したデータを無線 LAN により農業大学の校舎に送信している。通常無線 LAN の通信範囲は 100m であるが、校舎とセンサネットワークシステムとは約 150m 離れている。ここでは指向性の強い特殊なアンテナを用いることで通信が可能になっている。しかし、今後山間部や近くにネットワークの無い圃場のためのアクセス手段を考慮する必要がある。このためセンサネットワークシステムとインターネットとの接続手段を DTN や D-STAR 等の多方面から検討を加えている。

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)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 8 件)

(1)橋爪、内尾、瀧:「果樹栽培のための

農作業管理・支援システム」, 電気学会, 2009 年 3 月 23 日, 中央電気倶楽部.

(2)高木、内尾、瀧:「圃場モニタリングシステムのためのセンサノードの開発」, 電気学会, 2009 年 3 月 23 日, 中央電気倶楽部.

(3)登橋、内尾、瀧:「圃場利用のためのセンシングシステムの開発」, 電気学会, 2008 年 3 月 17 日, 中央電気倶楽部.

(4)井関、内尾、井口、瀧:「圃場センサネットワークノードの開発」, 電気学会, 2008 年 3 月 17 日, 中央電気倶楽部.

(5)豊国、内尾、瀧、三輪、井口:「圃場センサネットワークのための省電力制御」, 電気学会, 2007 年 3 月 20 日, 中央電気倶楽部.

(6)瓦谷、内尾、瀧、井口:「圃場センサネットワークのための IP アドレス自動割当方式」, 電気学会, 2007 年 3 月 20 日, 中央電気倶楽部.

(7)山本、内尾、瀧、井口:「圃場センサネットワークのための経路制御方式の開発」, 電気学会, 2007 年 3 月 20 日, 中央電気倶楽部.

(8)中井、内尾、瀧、井口、伊藤:「圃場モニタリングによる灌水支援システム」, 電気学会, 2007 年 3 月 20 日, 中央電気倶楽部.

[図書] (計 1 件)

瀧寛和、堀聡編著, 電気学会, 「ユビキタスコンピューティングと応用」, 2008, pp.97-107.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1)研究代表者

内尾 文隆 (UCHIO FUMITAKA)

和歌山大学・システム情報学センター・教授
研究者番号: 90185017

(2)研究分担者

瀧 寛和 (TAKI HIROKAZU)

和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号: 10304180

(3)連携研究者

三輪 昌史 (MIWA MASAFUMI)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・講師

研究者番号: 40283957

井口 信和 (IGUCHI NOBUKAZU)

近畿大学・理工学部・准教授

研究者番号: 50351565

伊藤 良栄 (ITOU RYOUEI)

三重大学・生物資源学部・助教

研究者番号: 30232490