

採 択 番 号 : 19102

課 題 名 : 未来を創る新たなネットワーク基盤技術に関する研究開発

副 題 : 高密度、高モビリティおよび超多数ノードを収容できるワイヤレス  
ネットワーク法の研究開発

### (1) 研究開発の目的

増大を続ける国民医療費を削減するためには、ヘルスケアに関する行動変容を日本国民全体に起こす必要がある。その方法の一つは、小学校や中学校において、教室内での授業中だけでなく体育館や運動場での体育授業中に、ICT 機器を使って自分の生体情報をリアルタイムに取得しその意味を理解させることを通して、児童や生徒にヘルスリテラシーを教育することである。一方、日本の小学校や中学校の教員は OECD 加盟国の中で一番長い時間働いており、しかも、放課後や土日曜のクラブ活動指導といった非授業の割合が一番長い。従って、学校教育の場において、運動中に生体情報を児童や生徒自らが取得し、その意味を理解し、また、集めた情報をリアルタイムに教員が監視することができるシステムを構築することは、ヘルスリテラシーを児童や生徒に教育するだけでなく、児童や生徒の健康と発育管理、さらには日本の教員の負担を減らすという意味で重要である。

現行のライセンスバンドやアンライセンスバンドでのワイヤレスネットワーク法では、上で述べたシステムを実現することが不可能であるため、新しいワイヤレスネットワーク法を研究開発する必要がある。システムに求められる要求条件は、高密度（ノード密度 $>1$  名/ $m^2$ ）、高モビリティ（ノード速度 $<10$ m/秒）及び超多数（ノード数 $<1,000$  ノード）という特徴を持つグループから、データを一箇所のノードで高頻度（データ取得頻度 $<10$  秒）、高信頼（データ非収集率 $<1\%$ ）及びリアルタイム（遅延 $<2$  秒）に収集できることであるため、そのような要求条件を満足するような、スケーラビリティを持ったワイヤレスネットワーク法及び、それを実現するためのネットワーク法の中で使用するノードの高精度位置推定法を研究開発する。

研究開発するネットワーク法の有効性を検証するために、中間目標として、(1) 平成 29 年度後半に、成人男性 25 名程度にセンサノードを装着し、サッカーの練習中に生体情報を収集する実証実験を行い、(2) 平成 31 年度前半に、児童あるいは生徒 50 名程度にセンサノードを装着し、体育授業中に生体情報を収集する実証実験を行い、そして最終目標として、(3) 平成 32 年度後半に、児童あるいは生徒 150 名程度にセンサノードを装着し、模擬運動会中に生体情報を収集する実証実験を行う。

### (2) 研究開発期間

平成 28 年度から平成 32 年度（5 年間）

### (3) 実施機関

公立大学法人大阪市立大学<代表研究者>  
学校法人関西大学  
学校法人明治大学  
沖電気工業株式会社  
株式会社ソリトンシステムズ

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 80 百万円（平成 29 年度 16 百万円）※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究項目 1：ワイヤレスネットワーク法に関する研究開発

1. ネットワーキングプロトコルの研究開発（沖電気工業株式会社）
2. ネットワーキングアルゴリズムの研究開発（学校法人関西大学）

研究項目 2：位置推定法の研究開発

1. 位置推定法の研究開発（学校法人明治大学）
2. UAV の位置・姿勢制御アルゴリズムの研究開発（公立大学法人大阪市立大学）
3. UAV の研究開発（公立大学法人大阪市立大学）

研究項目 3：システムの研究開発

1. ノードの研究開発（株式会社ソリトンシステムズ）
2. 全体システムの研究開発（株式会社ソリトンシステムズ）

(6) 特許出願、論文発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	6	6
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	4	1
	その他研究発表	45	31
	プレスリリース・報道	1	1
	展示会	1	1
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究項目 1：ワイヤレスネットワーク法に関する研究開発

1. ネットワーキングプロトコルの研究開発

昨年度に設計したソフトウェアアーキテクチャに従い、システム運用に必要な通信プロトコル、通信シーケンスおよびビーコン送信スロットとデータ通信用スロットからなるスーパーフレームを生体センサノードとデータ収集ノードに実装した。また、動き回っている多数の生体センサノードから 1 台のデータ収集ノードに効率良くかつ高信頼にデータを収集できる、マルチプルアクセス方式に基づいた、フラッディング/TDMA (Time Division Multiple Access) ネットワーキングプロトコルを設計した。そして、昨年度に開発したネットワークシミュレータを用いて、サッカーの試合に対してその性能を確認した後、25 台の生体センサノードと 1 台のデータ収集ノードに実装した。

2. ネットワーキングアルゴリズムの研究開発

マルチプルアクセス方式に基づいたネットワークプロトコルとして、フラッディング、OLSR (Optimized Link State Routing) と RPL (Protocol for Low-Power and Lossy Networks) を取り上げ、昨年度に開発したネットワークシミュレータを用いて、サッカーの試合、準備体操と徒競走に対してその性能を検証した。さらに、これらのネットワークプロトコルに対して、生体センサノードの位置情報を用いた生体センサノードのグルーピングとマルチチャネルを利用することによる性能向上を検証した。

研究項目 2：位置推定法の研究開発

### 1. 位置推定法の研究開発

ビデオカメラ画像から複数人物を認識し、それらの位置を推定しトラッキングする方法を確立した。コンピュータグラフィックスを用いてサッカーの試合を仮想的に生成し、22人のサッカー選手に対してこの位置推定法の性能を評価したところ、満足いく結果が得られた。

### 2. UAVの位置・姿勢制御アルゴリズムの研究開発

ビデオカメラを搭載したUAVによるサッカーの試合中の選手の位置推定に対して、全選手の人物認識と位置推定の精度が向上するUAVのホバリング位置について検討を行なった。また、選手の動きに合わせて、UAVのホバリング位置を制御する方法を検討し、コンピュータグラフィックスを用いたサッカー試合でその性能を評価した。

### 3. UAVの研究開発

新たに大型のUAV DJI Matrice 200を購入し組み立てた。そして、イベント会場での飛行許可取得を目指し、そのUAVに対して人口密集地での飛行許可を取得し、継続的に飛行制御訓練を行った。

## 研究項目3：システムの研究開発

### 1. ノードの研究開発

昨年度試作した生体センサノードを使ってそのセンシング性能とワイヤレス伝送性能を確認した後、より小型になるように回路基板を見直し、25台の生体センサノード回路を製作した。また、製作した回路に合わせてケースを設計し、3Dプリンタを用いて25個のケースを製作した。これら回路とケースを合わせて最終的に25台の生体センサノードを製作した。

### 2. 全体システムの研究開発

生体センサノードからの生体情報をワイヤレスで収集している間に、センシング状態とパケット受信状態をデータ収集ノードでモニタできるユーザインタフェースを研究開発し、データ収集ノードに実装した。25台の生体センサノードと1台のデータ収集ノードから構成されるシステムを、予備実験を繰り返しながら修正・改造し完成させた。

完成したシステムの性能は、被験者を用いたサッカーの試合中の全選手から生体情報をリアルタイムに収集する実証実験により評価した。なお、実証実験は屋内で1回と屋外で2回実施した。生体センサノードを選手の後腰部に装着した屋内実証実験では、パケットロス率が約2%となった。また、生体センサノードを選手の後腰部に装着した屋外実証実験では、パケットロス率が約8%、一方、生体センサノードを選手の上腕に装着した屋外実証実験では、パケットロス率が約2%となった。これらの実証実験により、生体センサノードは上腕に装着することに決定した。