

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16K00128

研究課題名(和文) 異種無線マルチホップネットワークにおける協調型動的周波数割当

研究課題名(英文) Cooperative Dynamic Spectrum Assignment in Heterogeneous Wireless Multi-hop Networks

研究代表者

木下 和彦 (KINOSHITA, Kazuhiko)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・教授

研究者番号：40304018

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ZigBeeとWi-Fiなどの異種無線システムが同時に動作する環境で、サービス毎に異なる要求品質を満足させる周波数割り当てパターンを導出するアルゴリズムを確立し、そのアルゴリズムを実行するための制御プラットフォームを構築した。
提案手法は、遅延要求が厳しいがパケットロスには寛容なマルチメディアトラフィックや、数分単位での遅延を許容する代わりに確実な送達を必要とするデータ収集トラフィックなど多様なアプリケーションを想定し、いわゆるベストエフォートで平均的に小さい遅延・パケットロス率を目指すのではなく、サービスごとの要求品質を満足することに大きな特徴がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

無線通信の重要性が高まり、周波数資源が逼迫する中で、適用領域の拡大が続くIoT(Internet of Things)の更なる発展には、周波数利用効率の更なる向上が必要不可欠である。本研究成果は、複数のIoTサービスが稼働する環境で、サービス毎に求められる通信品質の違いを考慮し、それらを満足させつつ利用効率を最大化する周波数割り当て手法を確立しており、IoTの持続可能な発展を実現するものである。

研究成果の概要(英文)：I proposed a spectrum assignment algorithm to satisfy service-oriented communication quality in a heterogeneous environment such as ZigBee/Wi-Fi coexistent network. In addition, I also proposed a control platform to realize the algorithm.
The proposed method assumes variety of service types such as multimedia traffic with strict delay constraint, data traffic with reliable delivery, and so on. It does not consider averaged quality, but achieves the required criterion of each service.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：無線マルチホップネットワーク 周波数割当 QoS バッファ制御

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまでのセンサネットワークやメッシュネットワークに加えて、M2M/IoT サービスやビッグデータの収集など、無線マルチホップネットワーク(WMHN: Wireless Multi-Hop Network)の適用領域が広がりつつある。これにより、要求される通信品質が異なる複数のアプリケーションが同一の WMHNN 上で動作することが想定され、このような環境を考慮する必要がある。

また、同じ場所で複数の WMHN が構築されることが予想されるが、電波資源は有限であるため、その逼迫が問題となる。

2. 研究の目的

多種多様な機器・サービスが同時に稼働する空間において、複数の WMHN が相互に協調して動的に周波数を共有することで、それぞれのサービスに必要な品質の通信を提供するプラットフォームを確立する。

3. 研究の方法

ZigBee と Wi-Fi などの異種無線システムが同時に動作する環境で、周波数利用効率が最大にしてサービス毎に異なる要求品質を満足させる周波数割り当てパターンを導出するアルゴリズムについて検討する。同時に、複数の通信品質を満足するバッファ制御方式とスケジューリング方式も確立する。

ここで重要なのは端末性能とサービス品質の不均質性を考慮することである。例えば通信距離の異なる端末を中継する際、より距離の長い端末を積極的に利用するとホップ数が短くなり、遅延が小さくなるが、より広範囲で電波干渉を起こすため、ネットワーク全体の効率向上につながるかどうかは他の端末の通信状況に依存する。サービス品質についても、遅延要求が厳しいがパケットロスには寛容なマルチメディアトラフィックや、数分単位での遅延を許容する代わりに確実な送達を必要とするデータ収集トラフィックなど多様なものが考えられ、ネットワークとしては、いわゆるベストエフォートで平均的に小さい遅延・パケットロス率を目指すのではなく、サービスごとの要求品質を満足する必要がある。

4. 研究成果

まず、サービス毎に異なる要求品質を満足させる周波数割り当てパターンを導出するアルゴリズムについて検討し、周囲の通信状況を観測して自律的に送信チャネルを選択する基本方式を確立した。また、多様なアプリケーションの混在を想定し、複数の通信品質を満足するバッファ制御方式を確立した。このとき、以下のようにアプリケーションを分類した。

(1) 定常的且つ非即時的なアプリケーション

送信要求の発生が一定の間隔で行われ、後にデータを観測するなど緊急性が特別高くないものが分類される。そのため、パケットを連続してロスしない場合に要求を達成できたと判断することが出来る。この目的は送信間隔が一定であるため、前回の受信から次に受信する時間が送信間隔を大幅に超えた場合にパケットがロスしていると判断可能である(図1)。

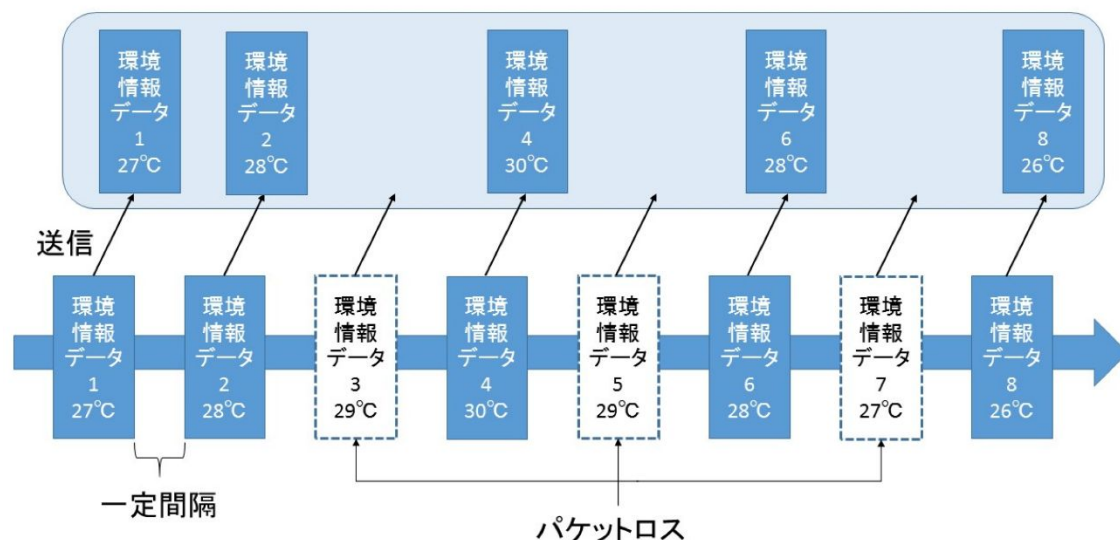


図1: 定常的且つ非即時的なアプリケーションにおける QoS

(2) 非定常的且つ即時的なアプリケーション

送信要求が発生してから届くまでの時間が短くなる必要がある，緊急性の高い目的が分類される．そのため，パケット到着にかかる時間が短いほど要求が達成できたと判断することが出来る（図2）．

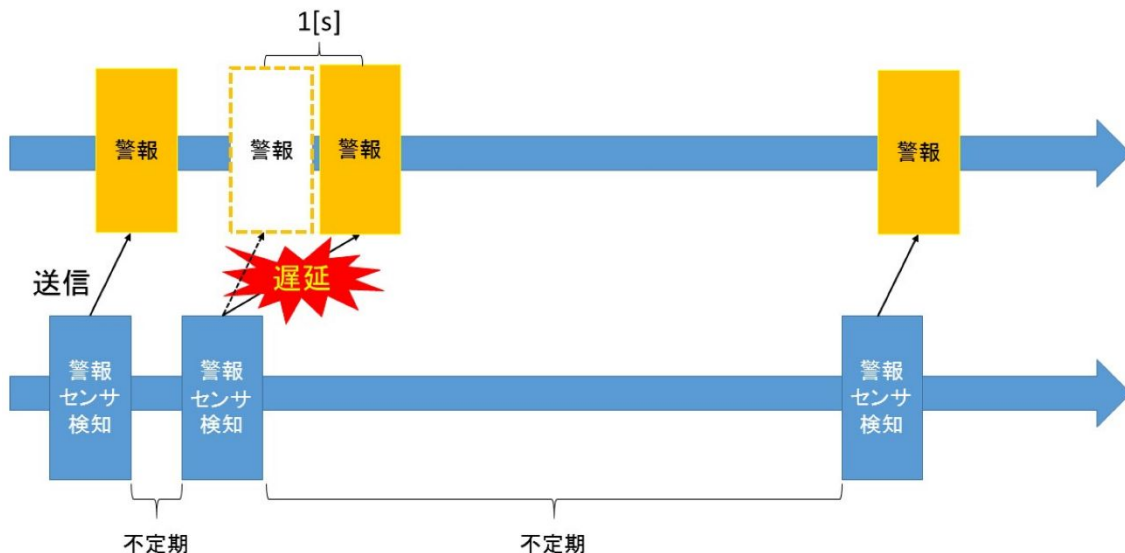


図2：非定期的且つ即時的なアプリケーションにおける QoS

(3) 非定期的且つ非即時的なアプリケーション

非定期的に送信要求が発生するため，定常的な場合と異なりロスしたかの判断が出来ない．しかし，この目的は監視カメラなど高性能な ZigBee 利用端末が分類されるため FEC を使用できる．よって，短時間で大量のロスが起こらない程要求が達成できたと判断することが出来る（図3）．

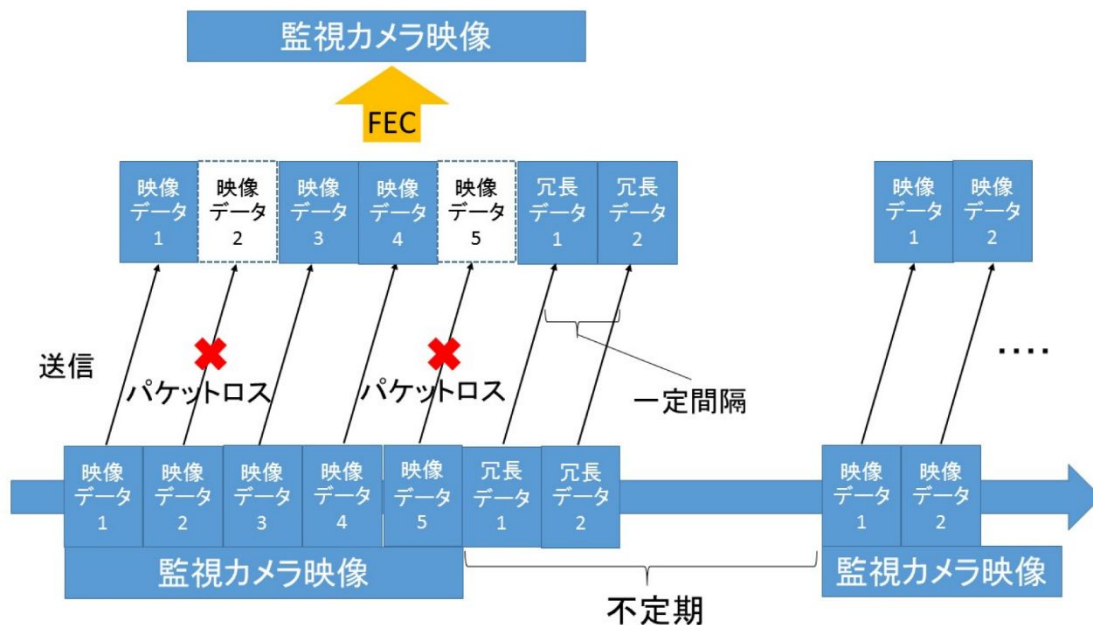


図3：非定期的且つ非即時的なアプリケーションにおける QoS

次に，ノード性能の異なる WMHN において，トラフィック量に応じた最適な周波数を動的に割り当てる手法について検討し，各ノードが自身が転送するパケット数と自身宛てではないが受信可能なパケット数を観測して分散的にチャンネルを決定するアルゴリズムを確立した．

具体的には，複数のチャンネルを割り当て有効に使い分けることで通信効率を上げるためボトルネックとなりうる場所を探し，その箇所のチャンネル割り当てを変更する．

例えば図4の中央の高性能ノードでは，高性能ノード間の通信にチャンネルを多く振り分けても，パケットが同じ高性能ノードへ送信されるとその間がボトルネックとなりチャンネルの割り当てを変えるだけでは輻輳を解消することが出来ない．一方で左下の高性能ノードのように低性能ノードから大量にパケットが送られてくるような場合には，そのパケットも周囲の高性能ノードを経由するため高性能ノード間での通信が発生するのは変わらないが，そのために高性能ノード間に多くのチャンネルを割り当ててしまうと，低性能ノードからの受信が遅くなる．

そこで、一定時間毎に高性能ノードは周囲の通信量を収集し、どのノード間の通信あるいはどの性能ノードへのチャンネル割り当てがボトルネックとなっているかを判断し、多くのチャンネルを割り当てる。また部分的に混雑している高性能ノード間での通信には、割り当てられたチャンネルを複数使用する。

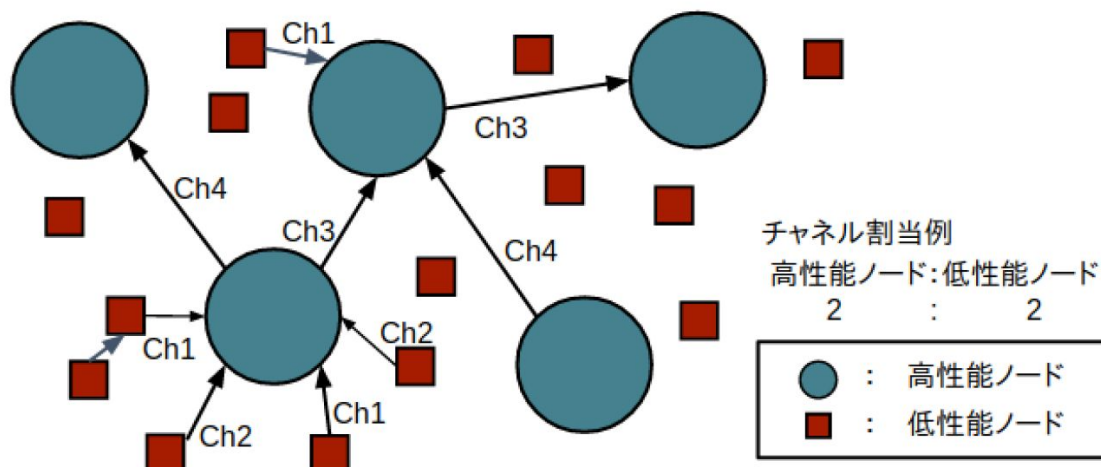


図4：ノード性能の異なる WMHN における動的周波数割り当て

最後に、ZigBee, Wi-Fi 共存環境において、両者の影響を最小限に抑えるスケジューリング手法を確立した。具体的には、ZigBee スーパーフレームにおける SD と BI を各目的の通信状況に応じて変化させつつ、適宜 CFP を利用することで、要求の達成率の向上を図りつつ、十分な Inactive Period を得ることで ZigBee と WiFi の共存を図る。

全ての提案手法について、ネットワークシミュレータ QualNet を用いた計算機シミュレーションによりその有効性を定量的に評価した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Taisho Ugai and Kazuhiko Kinoshita
2. 発表標題 QoS Control for Various Applications in ZigBee/Wi-Fi Coexistent Environment
3. 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics Taiwan (2019 ICCE-TW) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森本禎規, 木下和彦
2. 発表標題 LAA/WiFiネットワークにおける上り通信を考慮した チャネル割り当てと接続先選択手法
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤芳則, 木下和彦
2. 発表標題 無線マルチホップネットワークにおけるノード性能差を考慮した自律分散型チャネル割当
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡市涼雅, 木下和彦
2. 発表標題 アンライセンスバンドを用いたLTEとWiFiとの共存のためのチャネル割り当て
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤芳則, 木下和彦
2. 発表標題 無線マルチホップネットワークにおけるノード性能差を考慮した動的チャネル割当に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清将貴, 木下和彦
2. 発表標題 無線センサネットワークにおける遅延と到達率を考慮したバッファ制御
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清将貴, 木下和彦
2. 発表標題 無線センサネットワークにおける遅延とパケット到達率の保証に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryoga Okaichi and Kazuhiko Kinoshita
2. 発表標題 Channel Assignment for Coexistence of WiFi and LTE using Unlicensed Band Considering Uplink Communications
3. 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics Taiwan 2020 (ICCE-TW 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------