

他システムへの干渉を考慮した LoRaWAN の送信制御法の検討

Transmission Timing Control For Inter-System Interference Avoidance in LoRaWAN

チャルーンソック ブンパシット¹
Bounpasith CHALEUNSOUK

相原 直紀¹
Naoki Aihara

安達 宏一¹
Koichi Adachi

電気通信大学¹ The University of Electro-Communications

1 まえがき

近年、多数の無線端末が自律分散的に周波数資源を共用する LPWA (Low Power Wide Area) 環境において、複数のシステムが一つの周波数帯域を共用するための技術が注目を集めている。日本国内では、他端末及び他システム保護のためのキャリアセンス (CS: Carrier Sense) が規定されているが、LPWA の広いカバレッジに起因し、CS の失敗によるシステム間干渉が問題として考えられる。本稿では、LPWA の一種である LoRaWAN に着目し、この他システムへ与える干渉を低減するためのセンシングを用いたタイムスロット割り当てを提案し、その特性を計算機シミュレーションにより評価する。

2 システムモデル

シミュレーションエリア内に N 台の LoRaWAN 端末をランダムな位置に配置し、初回パケットのみランダムなタイミングで送信する。また M 台の Wi-SUN 端末を固定配置された Wi-SUN Gateway (GW) の半径 500 [m] [1] のエリア内にランダムな位置で配置する。初回パケットのみランダムなタイミングで送信し、その後は定期的な時間間隔 T_{wi_int} でパケットを送信する。

また、Wi-SUN の受信判定は、干渉がある場合は式 (1) と節 2.1 の式 (2) における SNR と SIR の値がともに閾値 Γ_{SNR} と Γ_{SIR} を越えれば受信成功と判定する。干渉がない場合は式 (1) の SNR のみを計算し、これが閾値 Γ_{SNR} を越えれば受信成功と判定する。

$$SNR = \frac{P_{rwi}}{N_0 \times BW_{wi}} \quad (1)$$

ここで、 P_{rwi} は Wi-SUN 端末からの受信電力、 N_0 は雑音電力スペクトル密度、 BW_{wi} は Wi-SUN の帯域幅を表す。

2.1 干渉モデル

LoRaWAN 端末が Wi-SUN 端末の通信を検知できずに送信をした際に、干渉が発生するものとする。以下の式は Wi-SUN GW における受信信号対干渉電力比 (SIR) を表す。

$$SIR = \frac{P_{rwi}}{\sum_{n \in \mathcal{N}} \frac{t_{Lo_n}}{T_{wi}} P_{1,n}} \quad (2)$$

ここで、 \mathcal{N} は干渉している LoRaWAN 端末の集合、 t_{Lo_n} は LoRaWAN 端末 n の Wi-SUN 信号への干渉時間、 T_{wi} は Wi-SUN 端末の送信時間 (400[msec])、 $P_{1,n}$ は LoRaWAN 端末 n からの Wi-SUN GW への受信電力である。

3 提案手法

図 1 では、LoRaWAN 端末の 3 つの場合分けを示している。(1) CS 可能、(2) CS できないが、干渉が小さい、(3) CS できず干渉が大きい。本稿では、干渉を回避するためにケース (3) の LoRaWAN 端末の送信タイミングを制御する。時間長 T_{slot} [sec] のタイムスロットを導入し、ケース (3) に該当する LoRaWAN 端末は、Wi-SUN 端末が送信を行うスロットでの送信を中止する。その他の端末 (ケース (1) と (2)) は送信を許可するものとする。

3.1 タイムスロットの割り当て検討法

シミュレーションエリア内にセンサを配置し、Wi-SUN がどのスロットで通信を行っているかを検知する。そのス

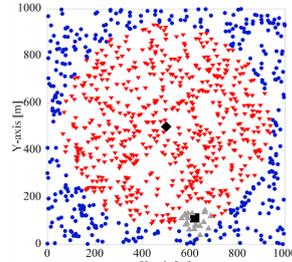


図 1: GW と端末プロット

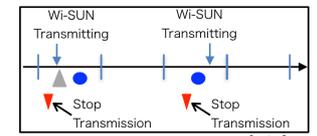


図 2: タイムスロット概念図

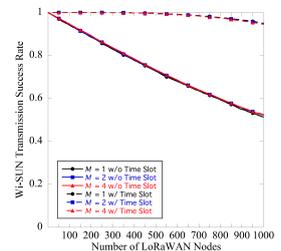
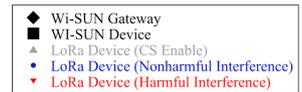


図 3: 通信成功率

ロットと Wi-SUN に対する干渉量の大きい LoRaWAN 端末の情報を LoRaWAN GW にフィードバックする。そして、LoRaWAN GW は干渉量の大きい LoRaWAN 端末の送信を中止させる。

4 計算機シミュレーション

計算機シミュレーションでは、 3×3 [km²] の領域内に一つの Wi-SUN GW を中心に固定配置した。シミュレーション時間を 10 [min] とし、シミュレーション回数は 1000 回とする。通信路は開放地における奥村・秦モデルを仮定する。また、Wi-SUN と LoRaWAN の送信電力は 13 [dBm]、Wi-SUN と LoRaWAN の帯域幅はそれぞれ 200 [kHz]、125 [kHz] とした。Wi-SUN のパケット送信間隔は 60.0 [sec]、タイミング制御のためのタイムスロット長は $T_{slot} = 10.0$ [sec] とした。

図 3 にエリア内に存在する LoRaWAN 端末数 N に対する Wi-SUN の通信成功率を示す。今回の初期検討では、システム内の Wi-SUN 端末数 M は 1, 2, 4 とした。比較のために、LoRaWAN 端末のタイムスロット割り当てを行わない場合の特性も示す。図より提案手法を用いることで、Wi-SUN の通信成功率が約 40% 向上できることが示された。これは LoRaWAN 端末の送信を中止することにより Wi-SUN システムへの干渉量を軽減できたためである。

5 まとめ

本稿では、LoRaWAN から発生する他システムへの干渉を低減するための手法として、干渉量が多い LoRaWAN 端末の送信タイミングを制御する手法を提案した。シミュレーション結果より提案手法は LoRaWAN 端末のタイムスロットを割り当てない場合と比較して Wi-SUN の通信成功率を約 40% 向上させることができると示された。

謝辞 本研究開発は総務省 SCOPE(受付番号 175104004) の委託による。

参考文献

[1] H. Harada, et al., "IEEE 802.15.4g Based Wi-SUN Communication Systems," *IEICE TRANS. COMMUN.*, Vol.E100-B, No.7, pp.1032-1043, July 2017