

フェージング環境下における接続符号化 FEC を適用した Ingenu システム と Wi-Fi システムの離隔距離特性

Separation Distance Performances of Ingenu System Applied by Concatenated FEC

and Wi-Fi System in Fading Environments

山本 健太郎[†] 杉山 隆利[†]

Kentaro YAMAMOTO[†] Takatoshi SUGIYAMA[†]

[†] 工学院大学大学院工学研究科

[†] Graduate School of Engineering, Kogakuin University

1. はじめに

近年, IoT(Internet of Things)が注目を集めており, LPWA(Low Power Wide Area)と総称される様々な通信規格を利用して実現される[1]. LPWA 規格の中でも 2.4GHz 帯の Ingenu[2]に着目し, Ingenu の GW(GateWay)と端末, Wi-Fi の AP(Access Point)と STA(Station)が同一エリア内に存在する場合の相互干渉条件下での GW-AP 間の離隔距離を見極める. これまでは AWGN 環境で外符号に畳み込み符号化-ビタビ復号法, 内符号に差動符号化-誤り訂正機能付き遅延検波の接続符号化 FEC を適用した Ingenu システムと Wi-Fi システムとの離隔距離評価を行った[3]. 本稿では, 実環境に近いレイリーフェージング環境で接続符号化 FEC を適用した Ingenu システムと Wi-Fi システムとの離隔距離の評価を行う.

2. Ingenu と Wi-Fi の混在環境における相互干渉

図 1 に示すチャンネル配置のように Ingenu には Wi-Fi のデフォルトチャンネル(1,6,11ch)と重畳しない計 11ch の使用推奨チャンネルがあるが, IoT の普及によるチャンネル不足を考慮, Ingenu と Wi-Fi の相互干渉時の離隔距離を検討する.

3. シミュレーション評価

図 2 にシミュレーションブロック図を表す. 送信側では, 外符号として畳み込み符号化(符号化率 1/2, 拘束長 7)後, 深さ 113[bit]の縦書き横読みのインタリーブ, 内符号の差動符号化, 15[kbps]で BPSK 変調を行う. 変調信号への Gold 符号の乗算によって 64 倍の直接拡散し, 1[MHz]帯域幅の信号を伝送する. 伝搬路では, フェージングのかかった Ingenu と干渉波が加算されて受信側に送られる. 2.4GHz 帯 Wi-Fi のフェージングモデル F を使用し, 遅延分散は 150[ns]とした[4]. 1[MHz]帯域のチャンネルフィルタを通し, 送信時と同じ拡散符号で逆拡散後, 15[kHz]のバンドパスフィルタを通過する. その後, 後述する誤り訂正機能付き遅延検波, デインタリーブ, ビタビ復号(硬判定)を行う. 誤り訂正機能付き遅延検波は差動符号化を一種の畳み込み符号とみなし, その拘束性を利用して誤り訂正を可能にする技術である[3]. また, Ingenu の上り通信の送信電力は 21[dBm], Wi-Fi の送信電力は 23[dBm]とした. 本稿では, Ingenu システムが最大スループットを得た GW-AP 間の最短距離を離隔距離と定義する.

一例として GW-端末間距離が 500[m]の時の BER 特性を図 3 に示す. BER = 10^{-4} を得る GW-AP 間距離は畳み込み符号化-ビタビ復号法の場合が 720[m]に対し, 接続符号化 FEC は 670[m]で, 50[m]の差が得られた. この結果から得た GW-AP 間距離と Ingenu のシステムスループットの関係を図 4 に示す. 2つの誤り訂正方式共に GW-AP 間の距離が離れるほど, Wi-Fi システムからの干渉の影響が軽減し, システムスループットが高くなった. また, 接続符号化 FEC を適用することで GW-AP 間距離は同じシステムスループットと比較すると, 畳み込み符号化-ビタビ復号法の場合よりも短くなった. そして, 畳み込み符号化-ビタビ復号法の離隔距離は 780[m]に対して, 接続符号化 FEC は離隔距離 690[m]となり, 離隔距離が 90[m]短縮された.

4. おわりに

本稿では, フェージング環境下で接続符号化 FEC を適用した Ingenu システムと Wi-Fi システムの相互干渉条件下で離隔距離の評価を行った. その結果, 接続符号化 FEC を Ingenu システムに適用することで離隔距離が 90[m]短くなることを明らかにし, 離隔距離によって Ingenu の GW の置場所の自由度向上の評価をした.

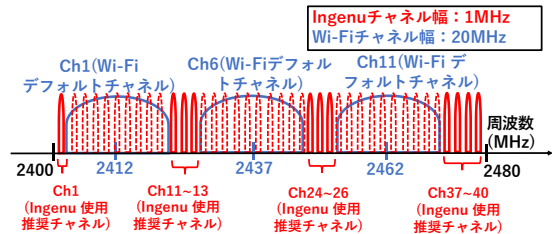


図1 Ingenu と Wi-Fi のチャンネル配置

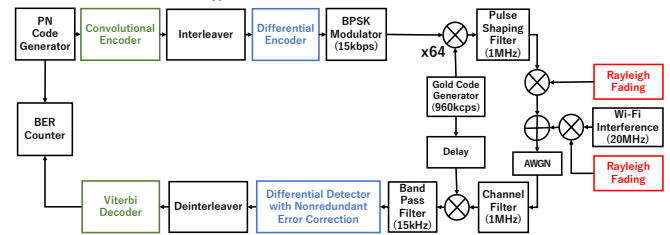


図2 シミュレーションブロック図

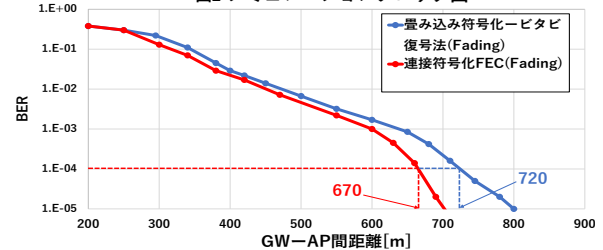


図3 GW-端末間距離が500[m]の時のBER特性(フェージング環境)

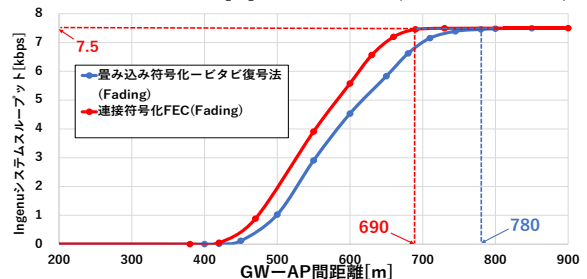


図4 GW-端末間距離が500[m]の時の離隔距離(フェージング環境)

参考文献

- [1] 鄭立 著, “IoT ネットワーク LPWA の基礎 —Sigfox, LoRa, NB-IoT—”, リックテレコム出版, 2017.
- [2] “https://www.ingenu.com”, 2021.
- [3] Yamamoto. et al., “Separation Distance Performances between Ingenu and Wi-Fi Systems with Concatenated FEC”, ICTC2021 pp413-415, 2021.
- [4] Erceg. et al., “TGn Channel Model”, IEEE802.11 TGac, 2004.