

高効率無線ネットワーク アーキテクチャに関する調査

渡辺研究室

Cellular, WiFi, ZigBee等 併用に関する動向調査

渡辺研究室

0.目次

1. はじめに
2. 無線アクセスシステム
 - Cellular
 - WiFi
 - ZigBee
3. 統合利用
 - Cellular , WiFi
 - Cellular , ZigBee
 - WiFi , ZigBee
 - 無線アクセスシステムの統合利用
4. おわりに

1.はじめに

- Scope:アプリケーショントラヒックとユーザ特性を考慮した高効率無線ネットワークアーキテクチャの研究開発での資料収集及び整理補助により作成されたものである。
- 中でもCellular, WiFi, ZigBee等併用に関する動向調査について述べる。

2. 無線アクセスシステム

- 無線通信は、イタリアの発明家G. Marconiが電磁波により3ドットモールス信号で文字「S」を3km離れた場所へ通信されたことが発端となっている。
- そこから、衛星通信、テレビやラジオ、携帯電話と普及していき、現代社会の重要な一部となった。
- 近年では無線通信システムの多様化が進み、またそれぞれのシステムで発展を遂げている。

2.1. 無線アクセスシステムの種類

- カバーエリアの違い
 - WWAN(Wireless Wide Area Network) → Cellularなど
 - WLAN(Wireless Local Area Network) → WiFiなど
 - WPAN(Wireless Personal Area Network) → ZigBeeなど

2.2.Cellular

- エリアをある一定の区画(セル)に分割し、各セルに基地局を設け周波数を有効に利用する無線通信方式
- セルの中に基地局を設置して、電波の干渉妨害の発生しない距離だけ離れた基地局が同じ周波数チャンネルを使用することで、干渉を防ぐことができる。
- 1979年に自動車電話としてセルラーシステムの商用サービスが始まり現在のLTEに至っている。
- 現在では第4世代移動通信システムまで商用化されており、大まかに世代によって通信方式が異なる。世代に応じて1Gや4G(1st Generation, 4th Generation)と呼ばれることもある。
- 付録のリストに各世代でのアクセス技術を記す。

2.3.WiFi

- 無線LANの規格の一つ
- これを用いた製品の互換性を検証する業界団体 Wi-Fi Allianceによって付けられた名称
- 国際標準規格であるIEEE802.11規格を使用
- 802.11規格はIEEEにより策定された、2.4, 3.6, 5, 60GHz帯における無線LAN通信の一連の標準規格であり、データリンク層及び物理層をプロトコル(通信規約)の対象としている[2]。

2.4.ZigBee

- センサネットワークが主目的の近距離無線通信規格の一つ
- 2.4GHz帯を用いたZigBeeのデータ転送速度は20kbps～250kbpsと低速であり大容量のデータ通信には適していないが、低コスト・低消費電力かつ高い信頼性とセキュリティを持つことが特徴
- 更なる低消費電力の方法としてスリープモードとウェイクモードを繰り返す間欠動作をしている。
- この低消費電力により、電池によっては数か月から数年間動作させることを想定している。
- ZigBeeの物理層には国際標準規格であるIEEE 802.15.4が用いられ、煩雑な設定なしで機器の追加や削除が可能であり、
- 最大65535個の大規模なネットワークを容易に構築することができる。

3.統合利用

- 単一の無線アクセスシステムだけでなく、異種無線アクセスシステムを利用可能な端末の増加や普及により、異種無線システム間における統合利用技術の研究が促進されている。
- 本章では各無線アクセスシステムを統合的に利用する技術について説明する。

3.1 Cellular, WiFiの統合利用

- Cellular方式において通信容量を増加させるために、比較的安価なWiFi基地局(WiFi Access Point: WiFi AP)を設置して、統合利用することが促進されている。そのため、統合的にリソースを活用する研究がなされている。[3]
- [4]では更に高密度にWiFiを設置した状況を想定している。単純な併用では電波の干渉によるデータの転送速度が下がるため、[4]ではマルコフモデルを用いた数学的な解析による適切なリソース配分が行われている。

3.2 Cellular, ZigBeeの統合利用

- CellularはWANでありZigBeeはPANであるため通信範囲の差に開きがあり、相互利用の研究があまりなされていない。
- 数少ない研究の中で、セルラーネットワークの電波が届かない場所でZigBeeを使用することでSMS(Short Messaging Service)を利用可能にする研究がある[5]。

3.3 WiFi, ZigBeeの統合利用1/2

- WiFiの利用効率の改善のためにWiFiとZigBeeを組み合わせる研究がなされている。
 - WiFiアクセスポイントの存在を発見するためにZigBee無線を用いる研究[6]
 - ZigBeeの低消費電力性を活かして携帯電話の通話やWebブラウジングに必要とする消費電力を低減する研究[7]
 - WiFi Fingerprints(デバイスの位置を把握する技術)の精度を上げるためにZigBeeを使用する研究[8]

3.3 WiFi, ZigBeeの統合利用2/2

- WiFiとZigBeeは同じ周波数帯である2.4GHz帯を使用しているため干渉が発生する。
- その干渉を避ける研究もなされている。
 - WiFiに対してZigBee用に帯域を開ける研究[9]
 - ZigBeeとWiFiをMIMOのようにチャネル推定を行い、それを基に相互干渉除去する研究[10]—[13]
 - WiFiパケットとZigBeeパケットが衝突しても逐次干渉除去技術により一つのアンテナでデコードする研究[14]

MIMO(Multiple-Input and Multiple-Output):

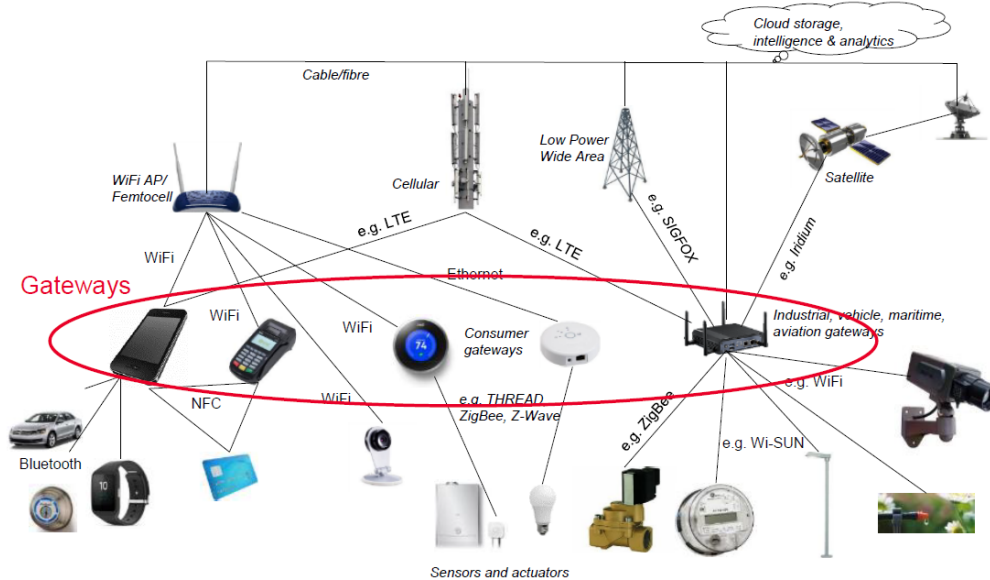
送信機と受信機の双方で複数のアンテナを組み合わせてデータ送受信の帯域を広げる無線通信技術

逐次干渉除去技術(Successive Interference Cancellation):

受信信号の電力差を利用して、同時に異なる複数の信号を受信する技術

3.4 無線アクセスシステムの統合利用

- Cellular, WiFi, ZigBeeだけでなくBluetoothなどの他の無線システムも組み合わせて、デバイスをインターネット上のクラウドに接続するInternet of Things(IoT)が注目されている[15]。



4. おわりに

- Cellular, WiFi, ZigBeeの特徴を述べた。
- 各無線アクセスシステム間での統合利用のための研究を記した。
- 無線通信に必要なコストが安価になり、IoTのように全てインターネットに接続し管理することが可能になりつつある。通信距離に応じて適切な無線アクセスシステムを統合的に利用する技術は今後も注目されるであろう。

Cellular, WiFi, ZigBee 等併用に関する動向調査で 参考にした文献リスト

Generations	Access Technology		Data Rate	Frequency Band	Bandwidth	Forward Error Correction	Switching	Applications
1G	Advanced Mobile Phone Service (AMPS) (Frequency Division Multiple Access (FDMA))		2.4 kbps	800 MHz	30 KHz	NA	Circuit	Voice
2G	Global Systems for Mobile communications (GSM) (Time Division Multiple Access (TDMA))		10 kbps	850/900/1800/1900 MHz	200 KHz	NA	Circuit	Voice + Data
	Code Division Multiple Access (CDMA)		10 kbps		1.25 MHz			
2.5G	General Packet Radio Service (GPRS)		50 kbps		200 KHz		Circuit/ Packet	
	Enhanced Data Rate for GSM Evolution (EDGE)		200 kbps		200 KHz			
3G	Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) / Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS)		384 kbps	800/850/900/1800/1900/2100 MHz	5 MHz	Turbo Codes	Circuit/ Packet	Voice + Data + Video calling
	Code Division Multiple Access (CDMA) 2000		384 kbps		1.25 MHz		Circuit/ Packet	
3.5G	High Speed Uplink / Downlink Packet Access (HSUPA / HSDPA)		5-30 Mbps		5 MHz		Packet	
	Evolution-Data Optimized (EVDO)		5-30 Mbps		1.25 MHz		Packet	
3.75G	Long Term Evolution (LTE) (Orthogonal / Single Carrier Frequency Division Multiple Access) (OFDMA / SC-FDMA)		100-200 Mbps	1.8GHz, 2.6GHz	1.4MHz to 20 MHz	Concatenated codes	Packet	Online gaming + High Definition Television
	Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)(Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access(SOFDMA))	Fixed WiMAX	100-200 Mbps	3.5GHz and 5.8GHz initially	3.5MHz and 7MHz in 3.5GHz band; 10MHz in 5.8GHz band			
4G	Long Term Evolution Advanced (LTE-A) (Orthogonal / Single Carrier Frequency Division Multiple Access) (OFDMA / SC-FDMA)		DL 3Gbps UL 1.5Gbps	1.8GHz, 2.6GHz	1.4MHz to 20 MHz	Turbo codes	Packet	Online gaming + High Definition Television
	Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)(Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access(SOFDMA))	Mobile WiMAX	100-200 Mbps	2.3GHz, 2.5GHz, and 3.5GHz initially	3.5MHz, 7MHz, 5MHz, 10MHz, and 8.75MHz initially			
5G	Beam Division Multiple Access (BDMA) and Non- and quasi-orthogonal or Filter Bank multi carrier (FBMC) multiple access		10-50 Gbps (expected)	1.8, 2.6 GHz and expected 30-300 GHz	60 GHz	Low Density Parity Check Codes (LDPC)	Packet	Ultra High definition video + Virtual Reality applications

図 1: 世代ごとの Cellular 方式のテクノロジー ([1] より抜粋)

参考文献

- [1] A. Gupta, and R. K. Jha, “A survey of 5g network: Architecture and emerging technologies,” *IEEE Access*, Vol. 3, pp. 1206–1232, 2015.
- [2] 守倉 正博, 久保田 周治, “改訂版 802.11 高速無線 LAN 教科書,” 株式会社インプレス R&D, June, 2007.
- [3] S. Singh, H. Dhillon, and J. Andrews, “Offloading in Heterogeneous Networks: Modeling, Analysis, and Design Insights,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 12, No. 5, pp. 2484–2497, May 2013.
- [4] O. Galinina, A. Pyattaev, S. Andreev, M. Dohler, and Y. Koucheryavy, “5G Multi-RAT LTE-WiFi Ultra-Dense Small Cells: Performance Dynamics, Architecture, and Trends,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 33, pp. 1224–1240, June 2015.
- [5] 今 宏史, 片桐 章博, 宮本 敦, 茂木 信二, 中村 武, “ZigBee ネットワークと携帯電話ネットワークを併用した SMS システムの提案,” *情報科学技術フォーラム講演論文集*, pp. 227–228, 2008.
- [6] R. Zhou, Y. Xiong, G. Xing, L. Sun, and J. Ma, “ZiFi: Wireless LAN Discovery via ZigBee Interference Signatures,” *Proceedings of the ACM MobiCom*, pp. 49–60, 2010.
- [7] T. Jin, G. Noubir, and B. Sheng, “WiZi-Cloud: Application-transparent Dual ZigBee-WiFi Radios for Low Power Internet Access,” *Proceedings of the IEEE INFOCOM*, pp. 1593–1601, 2011.
- [8] J. Niu, B. Wang, L. Shu, T. Q. Duong and Y. Chen, “ZIL: An Energy-Efficient Indoor Localization System Using ZigBee Radio to Detect WiFi Fingerprints,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 33, No. 7, pp. 1431–1442, July 2015.
- [9] X. Zhang and K. G. Shin, “Adaptive Subcarrier Nulling: Enabling Partial Spectrum Sharing in Wireless LANs,” *IEEE Conference on Network Protocols*, pp. 311–320, October 2011.
- [10] Y. Yan, P. Yang, X. Y. Li, Y. Tao, L. Zhang, and L. You, “ZIMO: Building Cross-Technology MIMO to Harmonize ZigBee Smog with WiFi Flash without Intervation,” *Proceedings of the ACM MobiCom*, pp. 465–476, 2013.
- [11] X. Y. Li, “Push the Limit of Wireless Network Capacity: A Tale of Cognitive and Coexistence,” *Proceedings of the 1st ACM workshop on Cognitive radio architectures for broadband*, pp. 31–32, 2013.
- [12] Z. Zhao, X. Wu, J. Zhao, and X. Y. Li, “Zigbee vs wifi: Understanding Issues and Measuring Performances of IEEE 802.11 n and IEEE 802.15.4 Coexistence,” *IEEE IPCCC 2014*.
- [13] X. Zhang and K. G. Shin, “Cooperative Carrier Signaling: Harmonizing Coexisting WPAN and WLAN Devices,” *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 21, No. 2, pp.426–439, April 2013
- [14] Y. Yan, P. Yang, J. Zhao, X. Y. Li, Y.Zhang, L. You, J.Lu, L. You, J. Wang, J. Han, and Y. Xiong, “WizBee: Wise ZigBee Coexistence via Interference Cancellation with Single Antenna,” *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Vol. 14, No. 12 pp. 2590–2603, December 2015.
- [15] Martha Zemedede, “Explosion of the Internet of Things: What does it mean for wireless devices?,” *Keysight Technologies*, June 2015. http://www.keysight.com/upload/cmc_upload/All/IoT_Seminar_Session1_Explosion_of_the_Internet_of_Things.pdf