



WiGig製品の電波ばく露に関する評価方法について

生体電磁界環境に関する検討会

先進的な無線システムに関するワーキンググループ(第4回)

2017年3月29日

インテル株式会社 政策推進本部

中川義克

Legal Notices and Disclaimers

- Intel technologies' features and benefits depend on system configuration and may require enabled hardware, software or service activation. Performance varies depending on system configuration. No computer system can be absolutely secure. Check with your system manufacturer or retailer or learn more at intel.com.
- Tests document performance of components on a particular test, in specific systems. Differences in hardware, software, or configuration will affect actual performance. Consult other sources of information to evaluate performance as you consider your purchase. For more complete information about performance and benchmark results, visit <http://www.intel.com/performance>.
- Software and workloads used in performance tests may have been optimized for performance only on Intel microprocessors. Performance tests, such as SYSmark and MobileMark, are measured using specific computer systems, components, software, operations and functions. Any change to any of those factors may cause the results to vary. You should consult other information and performance tests to assist you in fully evaluating your contemplated purchases, including the performance of that product when combined with other products. For more complete information visit <http://www.intel.com/performance>.
- Cost reduction scenarios described are intended as examples of how a given Intel-based product, in the specified circumstances and configurations, may affect future costs and provide cost savings. Circumstances will vary. Intel does not guarantee any costs or cost reduction.
- This document contains information on products, services and/or processes in development. All information provided here is subject to change without notice. Contact your Intel representative to obtain the latest forecast, schedule, specifications and roadmaps.
- No license (express or implied, by estoppel or otherwise) to any intellectual property rights is granted by this document.
- Statements in this document that refer to Intel's plans and expectations for the quarter, the year, and the future, are forward-looking statements that involve a number of risks and uncertainties. A detailed discussion of the factors that could affect Intel's results and plans is included in Intel's SEC filings, including the annual report on Form 10-K.
- All products, computer systems, dates and figures specified are preliminary based on current expectations, and are subject to change without notice. The products described may contain design defects or errors known as errata which may cause the product to deviate from published specifications. Current characterized errata are available on request.
- Intel does not control or audit third-party benchmark data or the web sites referenced in this document. You should visit the referenced web site and confirm whether referenced data are accurate.
- © 2016 Intel Corporation. Intel, the Intel logo, Aero, RealSense, and others are trademarks of Intel Corporation in the U.S. and/or other countries.
- *Other names and brands may be claimed as the property of others.

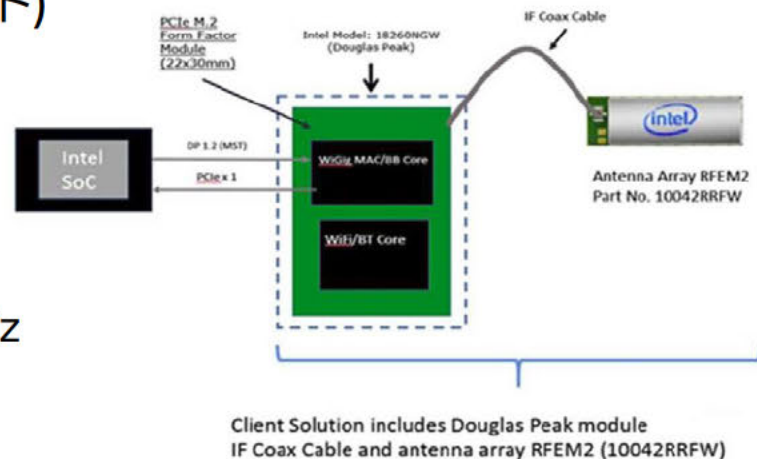
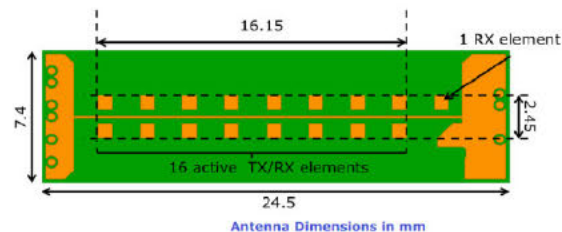
60GHz帯電波ばく露の評価

- 60GHz帯電波ばく露に関するFCC規則: Parts §2.1093 and §15.255(g)
 - 最大電力密度: $10\text{W}/\text{m}^2$ @ 1 cm^2 平均, (ICNIRP: 20 cm^2 平均)
 - 人体との距離、最大送信電力は製品の種類とユーザの使用環境・方法による。
- 60GHz WiGig製品の電波ばく露の測定に関する課題
 - 応用例によってアンテナ・アレイと人体との距離が近傍界となる場合がある。
 - 近傍界での電力密度の測定は、現時点では可能ではない。商用の測定プローブは開発途上であり、IECにおいては技術レポートの策定が進行中。
- **現在、アンテナアレイ送信機モデルを含めた電磁界シミュレーションを用いて近傍界の電力密度を推定するという方法を、WiGig機器の電波ばく露の評価に適用している。**

WiGigシステムとオペレーション

Intel® Model: 18260NGW, FCC ID: PD918260NG, RF Exposure Power Density and Evaluation Test Report (Oct. 2016)

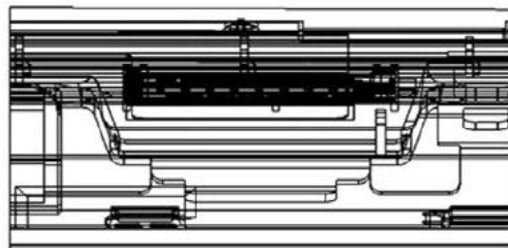
- アンテナ・アレイ・モジュール (RFEM2) : ノートPCのふたの底部に実装
- ビームフォーミング: 電氣的に電波の放射方向をステアリングする指向性アンテナ (8 x 2 エレメント)
- 送信デューティ・サイクル: 10秒毎に70% (最悪ケース)を想定。
- オペレーションの構成
 - Ch1: 58.32GHz, Ch2: 60.48GHz, Ch3: 62.64GHz
 - 最大空中線電力: 3.0dBm
 - 最大デューティ・サイクル: 70%



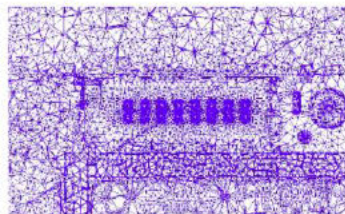
シミュレーション方法

- 周波数領域にて有限要素法を用いるANSYS Electronics Desktop 2015 (HFSS) を使用。
- 近傍界での最悪ケースの環境を想定
 - デューティ比70%で使用。
 - 電波の放射方向はビーム・フォーミングで人体方向に向けられている。
 - 最悪ケースにおけるアンテナの位相と放射方向を特定し、評価する。

注)実際にはアンテナアレイのプラットフォームが人体に近いとき、通信可能な信頼性のある無線リンクが確立されない。その際、システムは低いデューティサイクル(1%未満)で100m秒おきに新たな通信リンクを探るための探索モードに入る。したがって、ビームフォーミングは自動的に、人体へは向かわない方向に通信路を探すことになる。



Footprint



Adaptive Mesh Technique



Source: FCC ID: PD918260NG, RF Exposure Power Density and Evaluation Test Report (Oct. 2016)

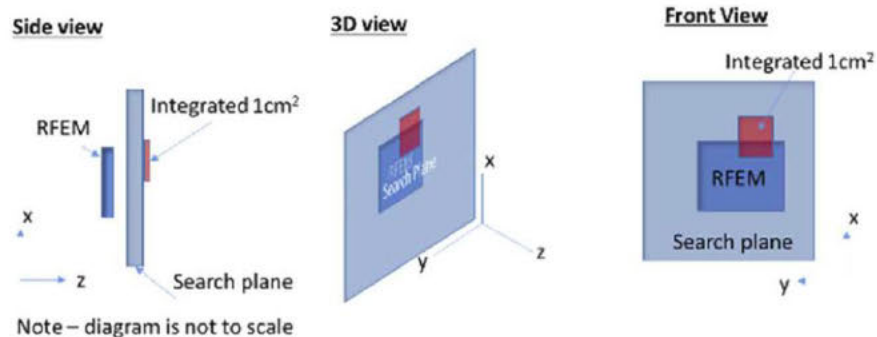
シミュレーション方法(つづき)

- 最悪ケースにおける電波の方向(位置)を探索する。

A) 各アンテナエレメントから生じる電界と磁界の位相が理想的に調整された仮定で電力密度(1cm²平均)が最大となる方向(位置)を見つける。(上限“Upper Bound”電力密度と呼ぶ)

B) (A)で特定された方向(位置)において1cm²平均値が最大となる各アンテナエレメントの位相を見つける。

C) (B)で見つけたアンテナの位相を用いて電力密度を計算する。

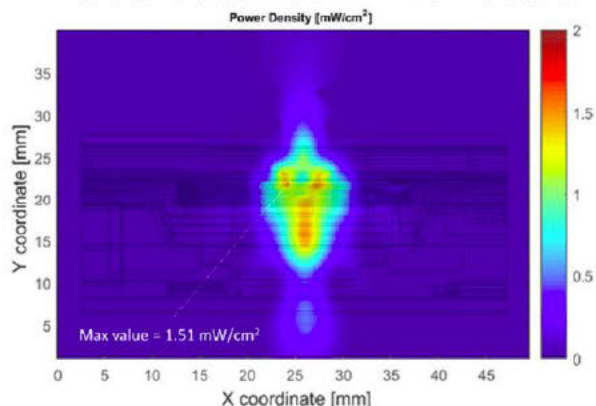


- xy平面: ばく露プレーン
- z軸: 人体に向かった電波伝搬方向

Source: FCC ID: PD918260NG, RF Exposure Power Density and Evaluation Test Report (Oct. 2016)

シミュレーション結果

- 上限値 (Upper Bound) シミュレーションにより、最悪ケースを想定した場合の最大ばく露箇所が特定される。(例: Ch1を帯域を使う場合 X=24.7mm, Y=22.1mm)
- 位相探索アルゴリズムに基づき、各アンテナエレメントの位相を見つける。(表1)
- 下図は最悪ケースのアンテナ位相を用いたCh1のシミュレーション結果。各座標の電力密度を示す。



Worst case single point coordination at (24.5, 21.5)

49.5 x 38.8 mm

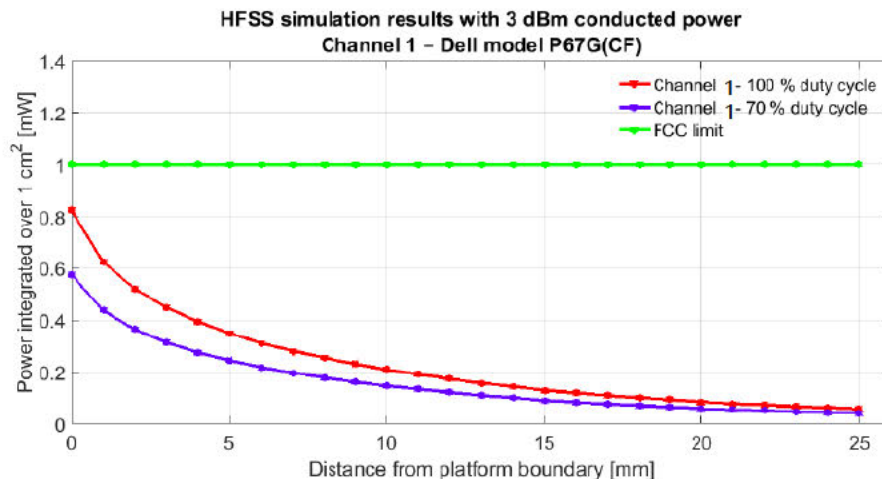
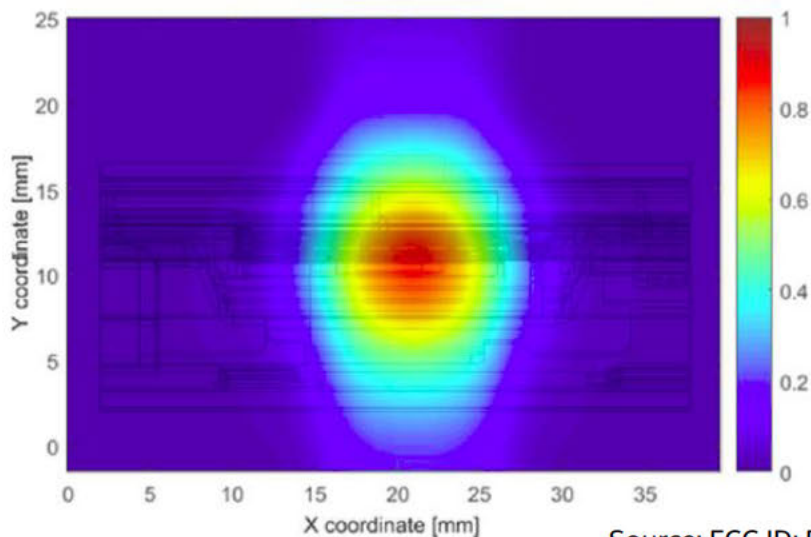
表1: Phases configurations for the worst case

Antenna index	Phases [Degrees]		
	Channel 1	Channel 2	Channel 3
0	315	0	45
1	45	90	90
2	135	180	180
3	315	315	315
4	315	315	0
5	45	45	90
6	135	135	180
7	315	270	315
8	45	90	90
9	90	135	135
10	180	225	225
11	0	0	0
12	45	45	90
13	90	90	135
14	180	180	225
15	0	0	0

Source: FCC ID: PD918260NG, RF Exposure Power Density and Evaluation Test Report (Oct. 2016)

シミュレーション結果(つづき)

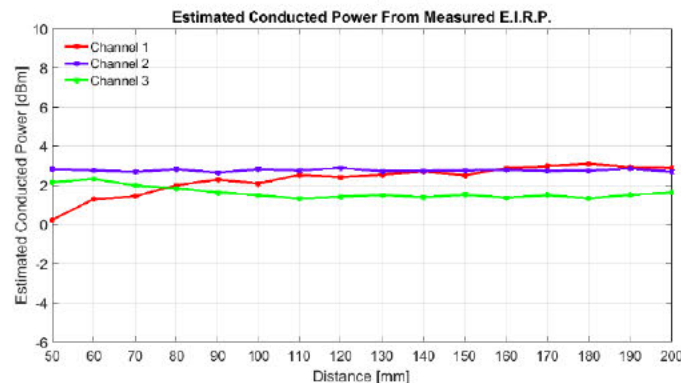
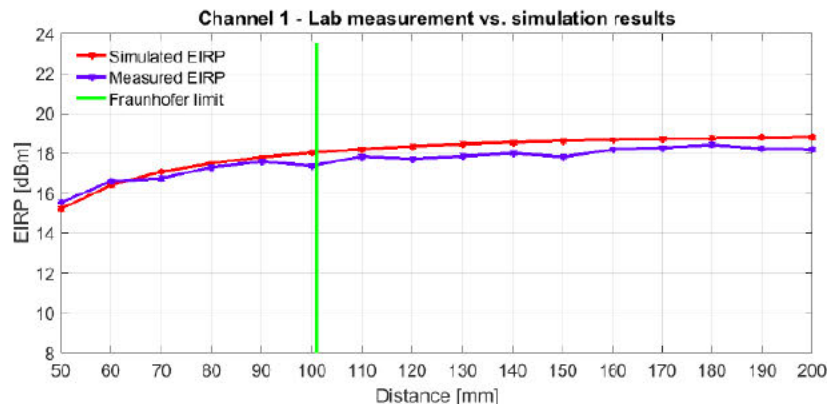
- 1cm² 当りの平均電力密度を最悪シナリオとしてディーティ・サイクル100%で計算すると、Ch1を用いた場合は最悪のばく露を生じるのは X=20.9 mm, Y=12.06mm の位置となる。
- Ch1における平均電力密度の最大値はFCCの基準値を下回っている。



Source: FCC ID: PD918260NG, RF Exposure Power Density and Evaluation Test Report (Oct. 2016)

遠方界へ移行する領域におけるシミュレーションモデルの妥当性を評価

- シミュレーションの精度を確認するため、遠方界へ移行する領域における電力密度のシミュレーション結果と、実験による測定結果を比較し、十分な相関があることを確認した。
- また、EIRP信号電力を測定し、アンテナゲインを差し引くことで、アレイアンテナに入力される空中線電力値を推定する。



Source: FCC ID: PD918260NG, RF Exposure Power Density and Evaluation Test Report (Oct. 2016)

ARIB STD-117 1.0版「運用に関する手引き」(抜粋)

対象システム

60GHz帯小電力データ通信システムの無線設備のうち、発射される電波の平均電力が20mWを超えるものであって、人体に近接して使用するもの。ただし、無線設備が発射する電波の平均電力が20mW以下であっても、他の無線設備と同一の筐体に収められ、当該一の筐体から同時に複数の電波を発射するものについて、その発射される複合波の平均電力の総和が20mWを超える場合は対象となる(例:携帯電話、BWAなど)。

製品開発にあたってのガイドライン

人体への安全性を確保するための無線設備の機能および構造

以下の(ア)と(イ)を満足すること。

(ア)製品は想定される利用形態において電波防護指針の値を満足すること。

(イ)製品が人体に近接した状態で使用される場合は、人体の方向への電磁界放射を速やかに避ける機能または構造を有することで人体への安全性を確保すること。

具体的には次のような機能・構造、またはこれに相当する機能・構造を有すること。

1)人体頭部に近接して音声通話を行う時は、60GHz帯の送信を停止する。

2)アンテナパターンや送信出力を制御し、人体に近接して利用する場合に人体に向けた電波の放射を制限する。なお、人体による遮蔽で60GHz帯の通信リンクの減衰が多い場合には、遮蔽物をさけた別方向のビーム形成を行い、60GHz帯での通信の継続が困難な場合は、電波の放射を停止、もしくは2.4GHz帯または5GHz帯の無線LANへ強制的に切り替える機能を有する。

3)アンテナパターンおよび端末の筐体による電波の減衰特性を用いて人体に近接する方向への電波の放射を制限する。

5Gに向けたミリ波測定方法の標準化への期待

- 電波ばく露基準の見直し: 現在基準となっている電力密度に基づいた電波ばく露ガイドライン(ICNIRP, IEEE等)をモバイル通信へのミリ波利用に適した基準にする。
- 評価方法の開発: 数値モデルに用いたばく露レベルの評価が行われている一方で、新しいプローブや測定プロセスの開発も進められている。また、IECでは2017年末を目処に技術レポートの完成を予定している。
- 測定方法の標準化には数値モデルによる解析が導入されることが好ましい。
 - 5G(IMT2020)では、20GHzから90GHzにおける複数の帯域を対象として、ミリ波による新たな無線アクセス技術(New RAT)が検討されている。
 - 各ミリ波帯に適したプローブをそれぞれ設計・開発するには時間と高額な費用がかかる。また商品も高額となることを考慮するとプローブによる測定は現実的ではない。
 - 数値解析による手法は、設計から認証まで全てのフェーズを通して使うことができ、製品開発において、ばく露基準の確認も並行して進めることができる。

