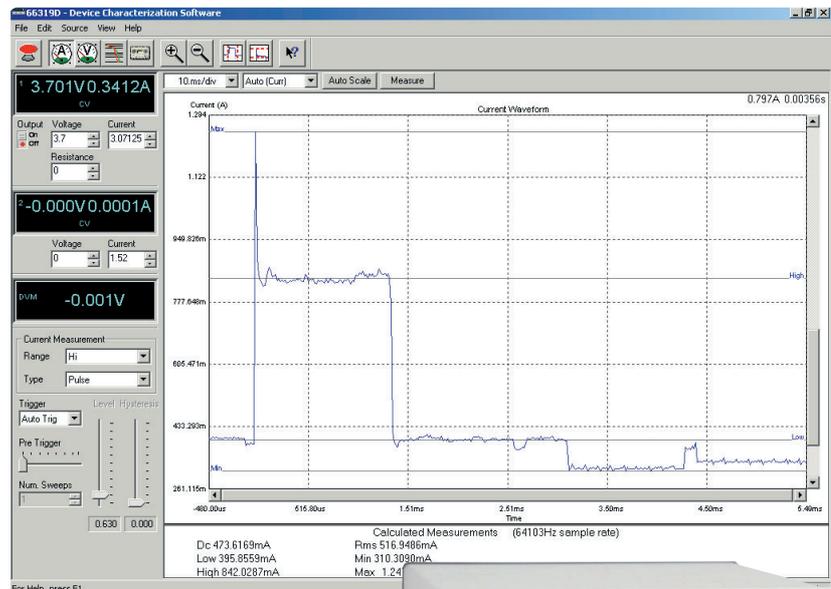


# 電流ドレイン解析による 無線LANカードのデザインとテスト

Application Note 1468

無線LANは従来のLAN接続を急速に置き換えつつあります。相互運用性を改善し、データ伝送速度を高めた新しい無線LAN規格が次々と開発され、実用化されています。携帯機器用の新しい無線LANカードの開発には、電流ドレインを最小化することが不可欠です。カードの消費電力が大きいと、カードを装着したノートPCの動作時間が半分に縮まることもあります。無線LANカードの消費電力を削減する手段としては、シリコン・レベルでの高集積化から、メディア・アクセス制御 (MAC) レイヤでの電力管理の改善まで、さまざまな手段が試みられています。これらの手段すべての前提となるのは、さまざまな動作モードでのデザインの電流ドレインを測定して、デザイン改良の成果を判定する有効な手段が存在することです。基本的な測定に留まらず、電流ドレイン信号の動的な動作を解析することで、無線LANカードの動作に関する貴重な情報が得られ、動作の最適化が可能になります。しかし、このようなDC電流やダイナ



ミック電流を正確に測定することは、実際にはきわめて困難な場合があります。



Agilent Technologies

## AgilentのDC電源とアプリケーション・ソフトウェアによる無線LANカードの電流ドレインの測定と解析

Agilent 66319Bおよび66321B DC電源には、無線LANカードへの給電と電流ドレインの測定に適した機能が備わっており、研究開発、デザイン検証、製造段階でのテストに利用できます。Agilent 14565Bデバイス特性評価ソフトウェアは、長時間にわたるダイナミック電流ドレインの捕捉、解析、表示が可能で、無線LANカードの研究開発/検証テストでの消費電力の評価と最適化に有効です。

このアプリケーション・ノートでは、無線LANカードのさまざまな動作モードでの電流ドレインを正確に評価する方法を、802.11a無線LANカードの例を用いて説明します。

### 電流ドレイン測定の主な動作状態とモード

無線LANカードは、通常ネットワーク・デバイスとしての性能を高めながら消費電力を最小化するために、複数の動作状態を備えています。

動作状態としては、最低限以下のものがあります。

1. アクティブ/送信状態
2. アクティブ/受信状態
3. スリープ状態

これらの動作状態には、それぞれ固有の動作レベルと、それに対応する消費電力レベルがあります。スリープ状態は複数存在する場合があります、それぞれパワー・レベルとウェークアップ時間が異なります。動作状態はMACが管理します。それぞれの状態のDC電流ドレインは、動作が正しいかどうかの有効な指標となるので、研究開発、検証、製造のどの段階のテストでも測定する価値があります。ただし、これらの状態はMACから制御されるので通常は直接選択できず、電流ドレインの測定は容易ではありません。

パワー・セーブ設定には、以下のようなものがあります。

1. パワー・セーブ・オフ (常にアクティブ・モード) 設定
2. ノーマル・パワー・セーブ・オン (ドーズ・モード) 設定
3. 最大パワー・セーブ・オン (より深いドーズ・モード) 設定

パワー・セーブ・オフ設定では、無線LANカードのすべてのサブ回路が常にアクティブであるため、応答速度は最高になります。動作は必要に応じて送信状態と受信状態の間を行き来します。選択したパワー・セーブ・オン設定に応じて、MACは無線LANカードをスリープ状態に切り替え、動作時間のある割合をその状態にします。この間、カードは定期的にアクティブ状態に戻ってメッセージをチェックします。より深いドーズ・モードでは、カードの回路のさらに多くの部分が停止するので、動作状態に戻るまでに時間がかかります。動作状態に戻った無線LANカードは、動作の必要がなくなったと通知されるまでアクティブな状態のままです。

無線LANカードがそれぞれの状態にある時間の割合は、使用状況とMACの電力管理の設計に依存します。有効な使用モデルは、きわめてランダム性の高い使用状況を考慮されている必要があります。より効果の高い電力管理アルゴリズムを開発するには、代表的な長時間の使用モデルを使用して、対応する電流ドレインを測定する必要があります。

## 無線LANカードのテスト・セットアップ

図1にテスト・セットアップを示します。無線LANカードを接続したノートPCを「ステーション」と呼びます。市販のPCMCIAエクステンダ・カードを使って、被試験無線LANカードのV<sub>CC</sub>とグラウンドにアクセスして、給電と電流ドレイン測定を行います。エクステンダ・カードのジャンパを使ってPCのPCMCIA V<sub>CC</sub>出力を分離した後、Agilent 66319B DC電源を使って無線LANカードに直接給電します。

66319B DC電源から無線LANカードへの直接給電には、次のような利点があります。

- 安定した正確なDC電圧をDUTに供給できます。
- DUTのすべての動作モードに対応する広範囲のDUTドレイン電流をDC電源を使って直接正確に測定できます。したがって、電源電圧のレギュレーションを低下させる外部シャントが不要です。
- 電源にはダイナミック電流ドレイン信号を捕捉できる高速デジタルイザが内蔵されています。

ける機能です。PCMCIAのI/Oカードの損傷を避けるには、デジタルI/Oが開始される前にV<sub>CC</sub>が供給されることが重要です。

電流ドレイン信号の動的な動作を解析するには、高速デジタルイザと、短時間および長時間の表示が必要となります。Agilent 14565Bソフトウェアと66319B DC電源を併用すると、この作業を簡単に実行できます。

外部電源から無線LANカードに直接給電する場合は、PCMCIAのホット・スワップ動作を考慮する必要があります。これは、PCの電源がオンの状態でPCMCIAのI/Oカードを抜き差しで

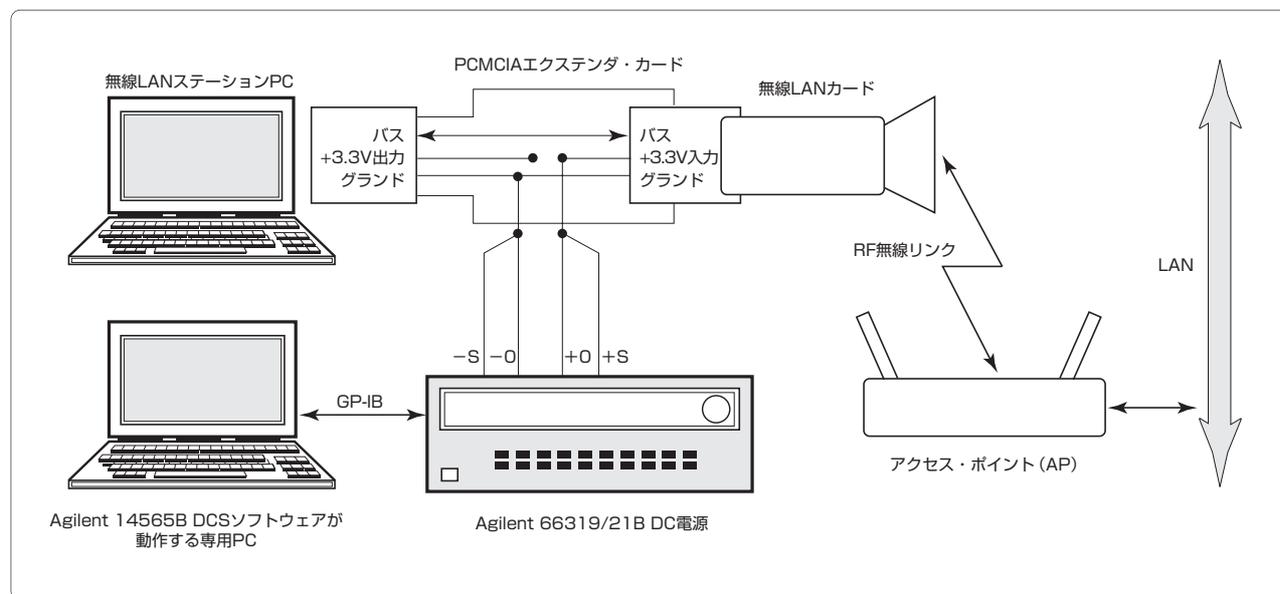


図1. 無線LANカードのテスト・セットアップ

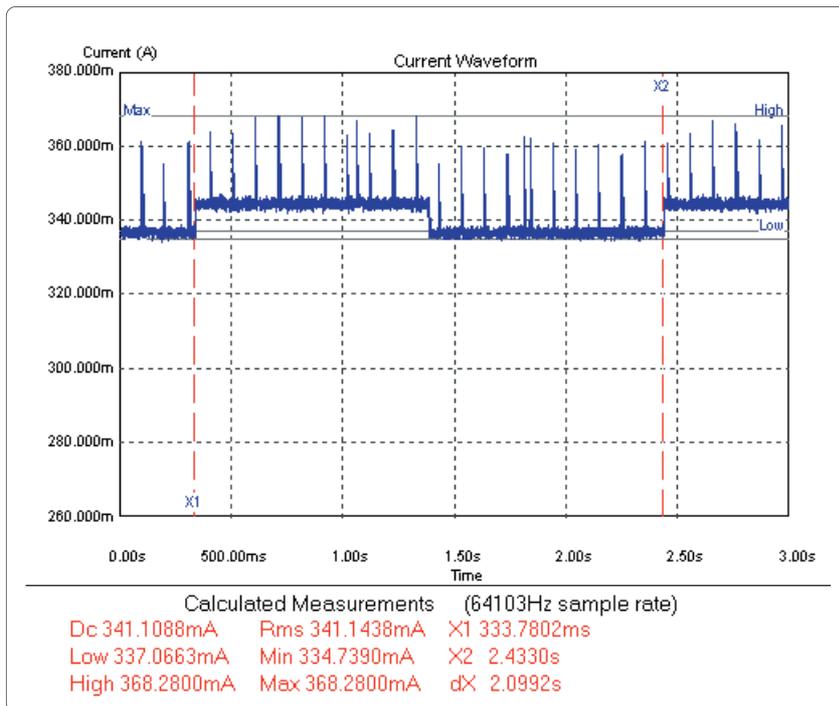


図2. 無線LANカードのアイドル・アクティブ電流ドレイン波形の捕捉結果

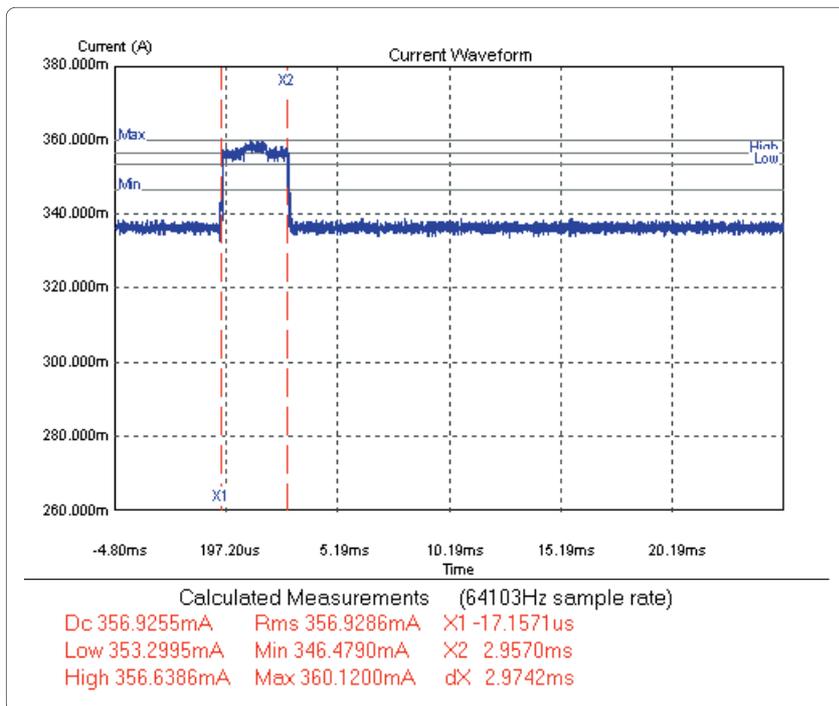


図3. 無線LANカードのビーコン送信の電流ドレイン・パルス

## アクティブ・モード動作と電流ドレイン測定の結果

14565Bソフトウェアを波形捕捉モードで動作させ、無線LANカードのアクティブ・モード動作の電流ドレインを高レートでサンプリングして3秒間捕捉した結果を、図2に示します。無線LANカードは、アクセス・ポイント(AP)との通信を行うとき以外はアイドルです。信号の動的特性を観察することで次のことが明らかになります。

- アクティブ受信時の電流ドレイン・レベルは0.5 Hzの方形波で、336 mAと345 mAの間で切り替わります。このパルスはインジケータLEDの点滅によるものです。正しく平均すると、受信時の電流ドレインは341.1 mAになります。
- この電流波形に載っているパルスは、RFビーコン信号に関連するアクティブ送信バーストです。これらのパルスはこの動作モードでは約100 msごとに現れます。
- 送信パルスの拡大図を図3に示します。送信電流レベルは受信レベルよりも20 mA高いことがわかります。幅3 msのこのビーコン送信パルスは、平均電流ドレインに対して約0.6 mAしか寄与しません。このアイドル動作とは対照的に、データがアクティブにアップロードされているときには、データ・ペイロードとその結果である送信パルス幅は長くなります。

平均電流ドレイン測定や低速サンプリング測定を行っても、これだけの情報は得られません。基本的な値である受信／送信電流レベルと平均電流ドレインが1回の信号捕捉で求められるだけでなく、ここで示したように、カードの内部動作に関するさまざまな情報が容易に得られるのです。

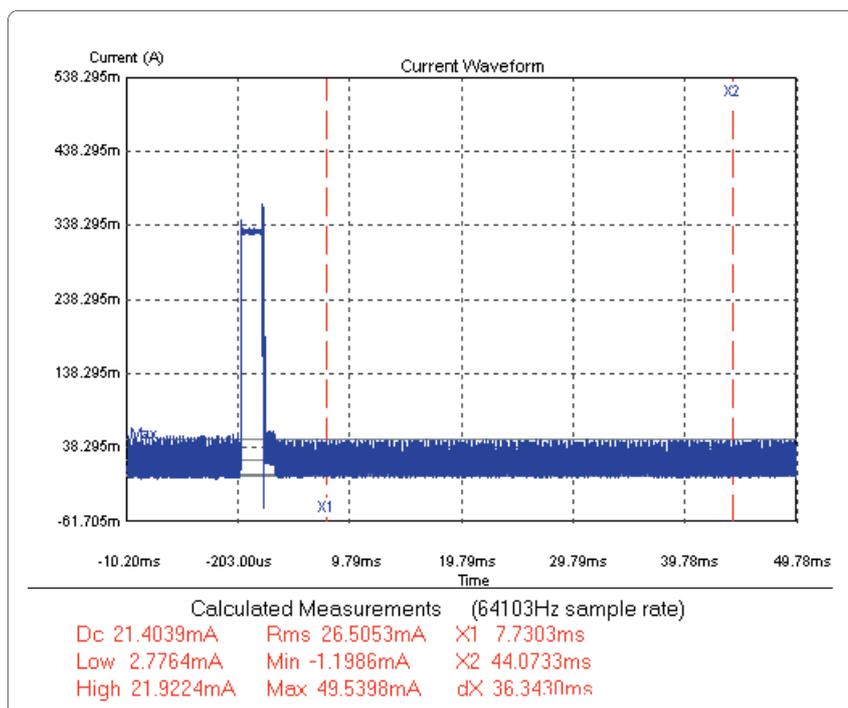


図4. 無線LANカードのドーズ・モードの電流ドレイン波形の捕捉結果

#### ドーズ・モード動作と電流ドレイン測定の結果

パワー・セーブ・オン設定を選択して、ステーションが一定時間アイドルになると、ステーションはドーズ・モードに入ります。無線LANカードのドーズ・モードの電流ドレイン波形を図4に示します。この例では次のことがわかります。

- ドーズ・モードの平均電流ドレインは22 mAです。このモードでは、このように電流レベルが低いため、バッテリー寿命が大幅に延びます。

- ステーションは約1.024秒ごとにウェイクアップし、APに登録します。これによる330 mA、2 ms幅の送信電流ドレイン・パルスのドーズ・モード電流ドレインへの寄与は、平均で約0.6 mA、すなわち3 %です。
- スリープ状態のベースラインの電流ドレインは21.4 mAです。

この場合も、電流ドレインを測定する他の方法に比べて、はるかに多くの情報が得られます。また、ピーク電流が大きく、平均電流と最小電流が小さいため、測定機器の確度とレンジの要件が厳しくなります。66319B/66321B DC電源は、複数の測定レンジ、高い確度、小さなオフセット誤差といった特長を備え、ドーズ・モードの電流ドレインの測定に最適です。

### 長時間のテストによる消費電流の検証

ステーションがアクティブのときは消費電力が大きいため、パワー・セーブ動作の有効性は、ステーションがアクティブ状態の時間を最小にし、残りの時間をドーズ・モードに切り替える動作に大きく依存します。もう1つの要素は、十分かつ過大でない送信電流を使用することです。使用パターンはランダム性が高く、ユーザごとに大きく異なります。また、必要なシステム管理のためにバックグラウンド動作が頻繁に実行されます。実際の無線LAN動作で有効なパワー・セーブを実現するのは、難しい問題です。ステーションの性能と応答時間を確保しようとすると、必ずパワー・セーブの要求と衝突します。

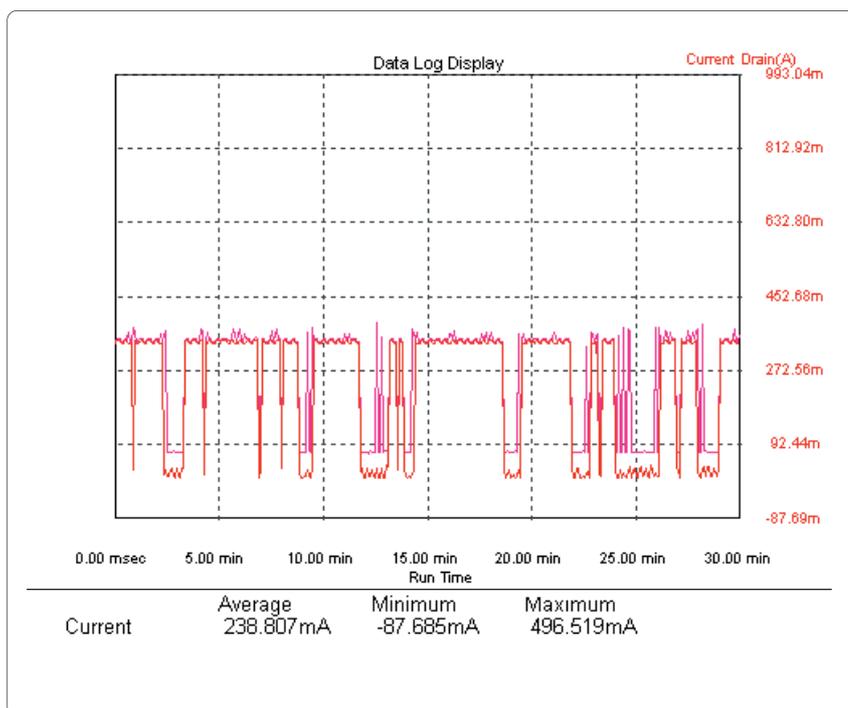


図5. パワー・セーブ・オン設定での長時間の電力消費データ・ログ

現実的に最もよい方法は、さまざまなユーザのパターンを考慮した優れた使用モデルを作成し、長時間のテストを行って実際の性能と電力消費を検証することです。これにより、パワー・セーブ・アルゴリズムの有効性を判断でき、想定していなかった結果が明らかにされることもあります。

簡単な例として、14565Bソフトウェアをデータ・ログ・モードにして、ほとんどアイドル動作の条件で、ステーションの3つの異なるパワー・セーブ設定の長時間の電力消費を、それぞれ30分間テストし、検証しました。ノーマル・パワー・セーブ・オン設定でのデータ・ログの結果を図5に示します。パワー・セーブ・オフ設定に比べて、30.9%のパワー・セービングが実現されています。最大パワー・セーブ・オン設定ではさらに大きなセービングが可能ですが、応答時間が長くなるためネットワーク性能は低下します。

## 統計解析によるパワー・セーブ・アルゴリズムの最適化

長時間動作での電流ドレイン振幅の相対頻度分布(ヒストグラム)は、パワー・セーブ・アルゴリズムの有効性の判定に役立ちます。14565Bソフトウェアを相補累積分布関数(CCDF)モードに設定することにより、**図6**に示すように、無線LANカードのパワー・セーブ・オフ設定とオン設定の違いを定量化することができます。CCDFグラフとは、ヒストグラムの代替フォーマットです。CCDFグラフを使用することの最大の利点は、特定の振幅の相対的な持続時間を定量化して比較することにより、2つのテストの差を簡単に調べられることです。データ・ログだけではこの作業は困難です。ここでは、ノーマル・パワー・セーブ・オン設定により、無線LANカードが31.5%の時間ドーズ・モードに入っており、パワー・セーブ・オフ設定に比べて30.9%の電力消費の削減を実現していることが明らかになります。

このテストの結果からわかることは、ドーズ・モードの電流を減らすよりも、パワー・セーブの応答時間を改善する方が効果が高いということです。理由は、無線LANカードは31.5%の時間しかドーズ・モードに入れなかったからです。

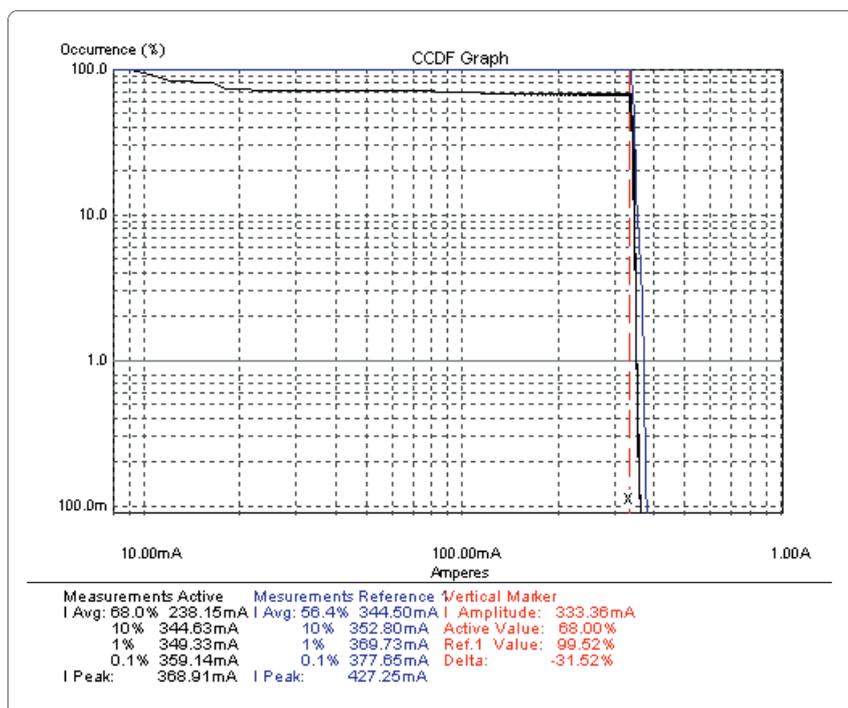


図6. CCDF解析によるパワー・セーブ効果の定量化

## まとめ

無線LANカードの開発には、電流ドレインの最小化が不可欠です。デザインのあらゆる局面において、電力消費を減らすための努力が試みられています。このような努力の前提となるものは、さまざまな動作モードでの電流ドレインを測定して、デザイン改良の成果を判定する有効な手段が存在することです。基本的な測定に留まらず、電流ドレイン信号の動的な動作を解析することで、無線LANカードの動作に関する貴重な情報が得られます。パワー・セーブ・アルゴリズムの最適化には、長時間の電流測定が有効です。

Agilent 66319B/66321B DC電源には、高速デジタルイズや複数の測定レンジなど、無線LANカードへの給電と電流ドレインの測定に適した機能が備わっており、無線LANカードの受信、送信、スリープの各状態での正確な電流ドレイン・レベルを容易に測定できます。

Agilent 14565Bデバイス特性評価ソフトウェアは、長時間にわたる動的な電流ドレインの捕捉、解析、表示が可能です。シミュレーションと組み合わせることで使用することにより、無線LANカードの開発におけるデザインと電力管理アルゴリズムの評価と最適化に有効です。



## 電子計測UPDATE

[www.agilent.co.jp/find/emailupdates-japan](http://www.agilent.co.jp/find/emailupdates-japan)  
Agilentからの最新情報を記載した電子メールを無料でお送りします。



## Agilent Direct

[www.agilent.co.jp/find/agilentdirect](http://www.agilent.co.jp/find/agilentdirect)  
測定器ソリューションを迅速に選択して、使用できます。



## Agilent Open

[www.agilent.co.jp/find/open](http://www.agilent.co.jp/find/open)

Agilentは、テスト・システムの接続とプログラミングのプロセスを簡素化することにより、電子製品の設計、検証、製造に携わるエンジニアを支援します。Agilentの広範囲のシステム対応測定器、オープン・インダストリ・ソフトウェア、PC標準I/O、ワールドワイドのサポートは、テスト・システムの開発を加速します。



LXI Consortiumの米国登録商標です。

## Remove all doubt

アジレント・テクノロジーでは、柔軟性の高い高品質な校正サービスと、お客様のニーズに応じた修理サービスを提供することで、お使いの測定機器を最高標準に保つお手伝いをしています。お預かりした機器をお約束どおりのパフォーマンスにすることはもちろん、そのサービスをお約束した期日までに確実にお届けします。熟練した技術者、最新の校正試験プログラム、自動化された故障診断、純正部品によるサポートなど、アジレント・テクノロジーの校正・修理サービスは、いつも安心して信頼できる測定結果をお客様に提供します。

また、お客様それぞれの技術的なご要望やビジネスのご要望に応じて、

- ・アプリケーション・サポート
- ・システム・インテグレーション
- ・導入時のスタート・アップ・サービス
- ・教育サービス

など、専門的なテストおよび測定サービスも提供しております。

世界各地の経験豊富なアジレント・テクノロジーのエンジニアが、お客様の生産性の向上、設備投資の回収率の最大化、測定器のメンテナンスをサポートいたします。詳しくは：

[www.agilent.co.jp/find/removealldoubt](http://www.agilent.co.jp/find/removealldoubt)

## アジレント・テクノロジー株式会社

本社〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

## 計測お客様窓口

受付時間 9:00-19:00 (土・日・祭日を除く)

FAX、E-mail、Webは24時間受け付けています。

TEL ■■■ 0120-421-345  
(042-656-7832)

FAX ■■■ 0120-421-678  
(042-656-7840)

Email [contact\\_japan@agilent.com](mailto:contact_japan@agilent.com)

電子計測ホームページ  
[www.agilent.co.jp](http://www.agilent.co.jp)

- 記載事項は変更になる場合があります。ご発注の際はご確認ください。

Copyright 2008  
アジレント・テクノロジー株式会社



Agilent Technologies

April 10, 2008  
5989-0565JA  
0000-00DEP