



## 思科与英特尔协同：领导和测试802.11n下一代高性能无线网络

### 执行概要

思科和英特尔已经在许多重要的领域开展协作，这就包括对下一代无线网络标准802.11n的交互性和整体性能的验证和优化。802.11n使客户们获得比传统的802.11abg网络超过五倍的吞吐量，并改善了无线信号的稳定性和无线频率的覆盖范围。

思科和英特尔在英特尔的Over-the-Air的测试中心进行测试，并利用这个项目对于客户端和整体网络架构的性能进行了进一步调整。最终的测试结果都证明了802.11n的高吞吐量、可靠性和可预测性。对于思科和英特尔的客户而言，这一测试证明了802.11n解决方案的互操作性，并为用户实施802.11n解决方案提供了更多的信心。

思科与英特尔的测试展示了业界领先的强大性能，在现实环境中，通过测试我们获得了195Mbps的高吞吐量。这是传统802.11abg网络的9倍以上。测试结果还显示出802.11n技术使客户端漫游获益，改善的稳定信号覆盖范围，以及出众的向后兼容性。

### 企业级802.11n部署

思科和英特尔在一些重要的领域展开协作，其中包括了优化语音业务在无线网络上的性能，整合利用资源对抗安全威胁，和构建下一代的供应链。思科和英特尔正在一起努力帮助企业和服务客户更好的工作，交流，保持沟通。思科和英特尔联盟旨在使网络交流和计算的方式更具创新能力，更加标准化。

无线领域是思科和英特尔合作的几个重要领域之一，而802.11n的无线网络标准恰恰代表了无线网络的下一次进化，基于这一新的标准可以为企业提供更高的可移动性。随着802.11n的出现，无线数据传输的速度被提升到了300 Mbps，这一性能的提升至少是现在无线局域网标准802.11ag(54Mbps)的9倍，这为更多高要求的生产环境部署使用无线网络带来了新的契机。除了吞吐量的提升，802.11n使用了多输入多输出（MIMO）的技术（使用多根天线和先进的信号处理能力）提供可预测的、更加稳定的企业级无线网络。

### 思科和英特尔：无线和移动技术的重要协作

尽管802.11n是业界最近的研究成果，思科和英特尔已经在市场上占据了领先的地位。从网络实体架构上来说，思科占据企业无线网络60%的市场份额。如果单看802.11n的产品，思科占据了将近61.3%的市场份额（根据DELL' Oro Q1CY09的报告）。从客户端的角度来说，英特尔的802.11n产品的出货量已经超三千万件，在市场上占据主导地位。

思科和英特尔都认识到让我们的客户意识到这次测试项目的重要性，这能更好地协调和优化他们无线网络架构产品和客户端产品的交互性。对于客户而言，思科和英特尔联盟给他们带来了诸多的好处。首先，思科和英特尔联合测试在产品交付给客户之前保证了系统可以提供最高的性能并尽可能减少了故障发生率。其次，这种长远的协作关系对于两个厂商解决方案的相互优化和稳定性的提高有着非常的显著的帮助。第三，鉴于思科和英特尔在市场上的领导地位，客户对于企业级无线解决方案的成功将会有十足的信心。

## 802.11n测试的方法：在现实部署环境中进行

无线网络的测试一般有两种方式：传导性测试和OTA测试。这两种测试各有其适用场景，它们最基本的区别在于在网络设备和终端设备之间无线能量的传送方式。传导性测试主要在无线客户端和无线接入点之间直接进行馈线连接，这使得无线信号可以直接并不受干扰的沿着有线介质传导。这种测试方法对于测试一个产品的质量和模拟环境来说非常理想，但对于获取在的实际部署环境中的性能贡献非常有限。

思科和英特尔的测试是与现实实际部署环境相关的，一个端到端的解决方案的验证。第一，测试在一个OTA（Over-the-air）测试中心进行，这是一个模拟典型企业生产环境的专门测试环境。测试环境中充满了各种各样在客户办公室中存在的射频信号障碍物。第二，使用了多个无线接入点和客户端设备来重复模拟无线网络内在的介质竞争、同频段干扰和各种在企业级无线网络中可能出现的复杂问题。第三，整个测试过程都可以将环境控制和各项变量进行真实的重现。最后，所有的吞吐量，无线漫游和高密度客户端部署的测试都是在真实场景下进行的并在应用层下进行了测试，以确保这一端到端的解决方案的性能和可行性。

### 802.11n的实地测试

为了能够充分认识到OTA测试的重要性，认识到传导性测试的一些限制是非常有必要的。传导性测试常常被一些其他的供应商用作公开测试或者基准测试。虽然说直接用有线馈线连接无线接入点和客户端设备时，对产品质量保证和底层性能的验证可以有理想的测试效果——但是这无法捕捉系统的真正性能，802.11技术面临的主要挑战是客户端对介质的竞争、无线信号的多路径效应和客户端的漫游行为。

传导性测试使用铜质的RF线缆来有线的连接起无线接入点的天线接口和无线局域网的客户端设备。但是这个方法去除了天线对系统的影响，而仅仅测试了一部分会对客户使用产生影响的因素。在现实的部署中，天线和无线电模块会对无线局域网性能产生非常重要的影响，尤其是802.11n中的多天线能力。其次，传导性测试没有准确的测试无线客户端与无线接入点之间使用共享介质在MAC层上的交互性。最后，没有考虑客户端到无线接入点的连接受到多路径效应的影响或者障碍物的阻碍，然而这样的情况会存在于任何一个现实部署的无线网络中。

### OTA测试环境

测试客户体验的最好的方法就是模拟用户最终应用环境的网络架构和客户端，直接使用空气介质进行传输。为了进行OTA测试，英特尔专门建造了一个27000平方英尺的测试中心。这所建在俄勒冈州的测试中心体现了企业级办公室的特征，在企业办公室里面有很多的障碍物，比如办公家具，办公室隔墙，文件柜和承重墙，这些障碍物在测试中心都进行了复制，以确保和真实的客户环境中一样。测试中心细致的部署了一个典型的无线网络解决方案。

所有的测试场景全部是自动化控制并可重复操作。考虑到现实环境中的多路径和动态频率衰减很难模拟，测试中心使用可编程的机器人来进行反复和连续的无线漫游的测试。

OTA测试中心的主要网络组件有：

- 思科 5508 无线网络控制器
- 思科 Aironet 1240 系列 (802.11abg) 和 1250 系列 (802.11abgn) 无线接入点
- 思科 Wireless Control System (WCS) 版本 6.0 软件

测试中心的电波环境是由思科智能频谱分析专家持续监控。测试所用的无线终端都使用了英特尔迅驰无线技术，包括了：

- Intel® PRO/Wireless 3945ABG Network Connection (802.11a/b/g)
- Intel® Wireless WiFi Link 4965AGN 802.11a/g/n
- Intel® Ultimate-N WiFi Link 5300 (3x3 MIMO) 802.11a/g/n
- Intel® WiFi Link 5100 (1x2 MISO) 802.11a/g/n

## 协作测试

思科和英特尔共同确定了一套方法来确定OTA环境下的性能测试。这些测试包括：

- 视距传播 (LoS) 和非视距传播(NLoS)
- 高密度客户端测试
- 多802.11n 和 802.11abg 客户端系统容量测试
- 企业级无线漫游测试
- 连接和吞吐量可靠性测试

思科和英特尔设计了这些测试来检测思科产品和英特尔产品之间的互操作性和最大性能，尤其是优化在802.11n中的可预测性和稳定性，保证在这些产品走向客户之前，已经排除了一些可以预见的问题。以下是我们列出的一些在协作测试中值得关注的地方。

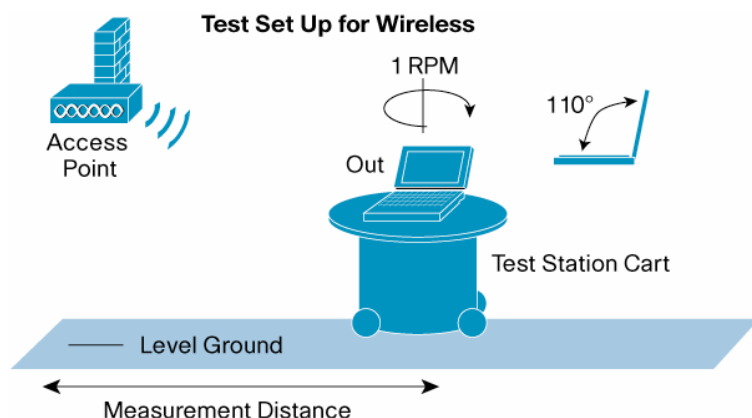
### 视距传播 (LoS) 和非视距传播(NLoS)

视距传播 (LoS) 和 非视距传播(NLoS)是测试在OTA环境中体现思科无线架构和英特尔无线客户端稳定性的一种方法。综合考虑真实企业办公楼环境里的多路径效应(multipath)和反射效应(reflection)使得思科和英特尔能采用可重复的科学方法评估解决方案的综合表现。这个测试使得思科和英特尔的工程团队能设计、发展并调整解决方案，从而优化其性能。

### 测试方法

在这个测试中，用作测试的笔记本电脑被安装在机器人的转盘上。跟着，机器人在办公环境中沿着设计好的路径移动，同时笔记本电脑在转盘上以1 RPM的转速缓慢转动。安装在机器人上的客户端的天线及其位置，经过精确的设定，具有可重复性。图1解释了测试的方法。

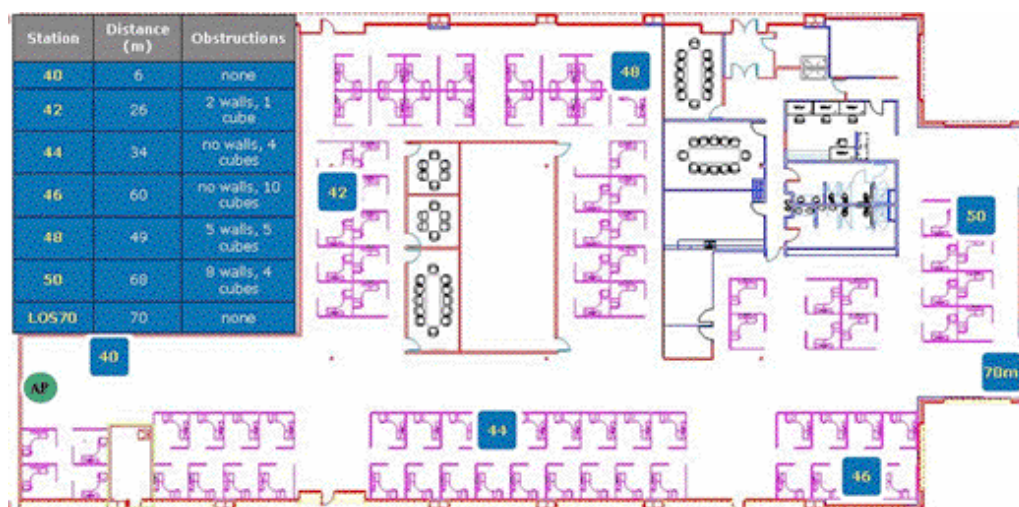
图 1. 测试方法



在整个路径中，运行吞吐量脚本收集客户端的关联数据速率、数据包重传以及其他属性。最终，这些数据被记录下来用作复查，重复测试数次并取均值以保持一致性。用作测试的区域是具有相同结构及布置的典型企业环境。在客户端进入测试区域或者在测试区域附近移动时，我们对其表现进行观察和分析。为保持必要的空间隔离及信号强度，以达到客户期望的表现，客户端和整体网络架构都面临不断变化的反射信号的挑战。

图2给出了测试中心中主要数据收集点的地图。请注意，每个数据收集点都代表了一个常用的现实场景。例如，在图右手边的采样点50距离左边用绿色圆圈表示的无线接入点68米。在无线接入点与采样点50的客户端之间的RF信号必须穿过8堵墙和4个标准办公室隔墙。

图 2. 数据收集点



### 测试结果

最终，从这些测试场景得到的结果反映了802.11n对吞吐量、可预测性和可靠性的改进。图3和图4给出了得益于多输入多输出（MIMO）模型以及因思科和英特尔的合作而优化性能的有力例证。

图3中深蓝色的数据表示采用思科Aironet 1252系列的接入点与英特尔5300客户端在5GHz的测试结果。浅蓝色的数据表示采用思科Aironet 1242系列的接入点（802.11ag）及英特尔3945ABG客户端在5GHz的测试结果。从测试结果我们可以看出802.11n客户端连接802.11n无线接入点获得吞吐量是802.11a客户端连接802.11a无线接入点获得吞吐量的9倍。在本次测试中吞吐量最高达到了195Mbps。

图4中深红色的数据表示采用思科Aironet 1252系列的接入点与英特尔5300客户端在2.4GHz的测试结果。浅红色的数据表示采用思科Aironet 1242系列的接入点（802.11ag）及英特尔3945ABG客户端在2.4GHz的测试结果。由于2.4GHz频段只能提供3个互相不重叠的频点，802.11n无法采用40MHz频宽的设置，即使如此，从测试结果我们可以看出802.11n客户端连接802.11n无线接入点获得吞吐量是802.11g客户端连接802.11g无线接入点获得吞吐量的5倍。

图3和图4中还有一些其它值得关注的的数据采集点，这些数据点清晰说明了802.11n MIMO技术如何显著改善了信号的可预测性与可靠性。留意第50号站点，在两次测试中，不论是802.11g客户端还是802.11a客户端在这里几乎不能连接到无线接入点。吞吐量测试结果只有2或3Mbps。但802.11n客户端却获得吞吐量的显著提升。由于MIMO技术采用天线多传输及多接收无线信号，802.11n客户端在这个位置就可以达到一个802.11a或802.11g客户端距离无线接入点很近时的吞吐量。即使在一个只有802.11a的网络架构中，客户端的。采用使用802.11abg客户端的802.11nAP将会得到相似的结果。MIMO客户端明显优于传统的SISO（单输入单输出）技术的客户端，例如802.11a或802.11g客户端。从思科和英特尔联合测试的这些数据点得到的测试结果，清楚地表明802.11n MIMO技术如何充分综合利用多个发射天线，多空间流，最大比合并以提供卓越的性能，可预测性和可靠性。

图 3. 5GHz 视距传播(LoS)和非视距传播 (NLoS) 吞吐量结果

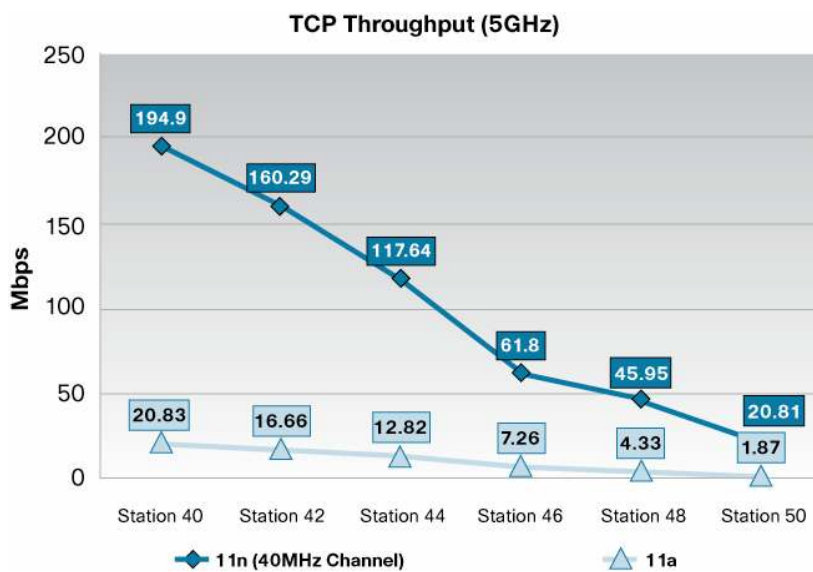
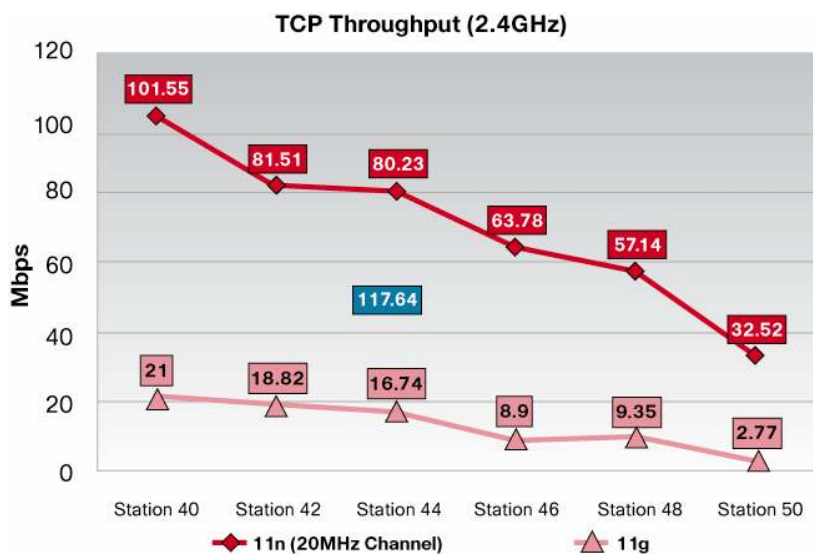


图 4. 2.4GHz 视距传播(LoS)和非视距传播 (NLoS) 吞吐量结果



## 高密度客户端测试

高密度客户端接入测试是为了帮助思科和英特尔了解不同客户端密度及蜂窝大小的影响而设计的，从而能够在这些环境中更好地开发及优化。高密度客户端环境在无线热点覆盖、教育及医疗环境中是非常普遍的场景。在企业中，高密度客户端环境在会议室和公共区域也很常见。思科及英特尔的客户将能在这些环境中享受到更高的吞吐量、可靠性和可预测性。

### 测试方法

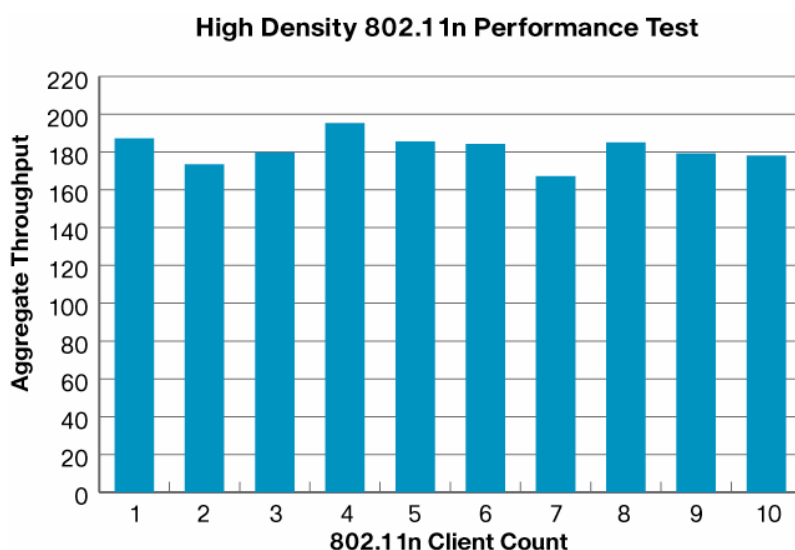
一个大企业的空间需要容纳众多的802.11n标准的笔记本电脑，测试中每个笔记本电脑都连接到无线网络中，并运行自动化测试脚本。从一个单独的笔记本电脑开始，使用具有业界标准的工具测试实际的吞吐量。然后，在随后的每个测试中加入额外的客户端。测试在上行流量和下行流量上运行。

由于无线电频率媒介是共享的，这个测试描述了英特尔客户端及思科网络架构管理介质竞争的能力。

### 测试结果

这个高容量的测试测量了介质竞争对总吞吐量的影响。图5中的图标表示了多达10台具有双向流量的客户端设备的高密度客户端测试数据。

图 5. 高密度客户端测试结果



这个测试场景显示系统如何能在网络中管理介质竞争并且不降低总吞吐量。测试结果显示了一贯的高性能，在测试运行过程中取得了182Mbps的平均吞吐量及195Mbps的峰值吞吐量。客户端设备能公平地取得对媒体的使用权，并在不同的测试中保持一贯的高性能。测试结果清晰的表明802.11n技术能够为对带宽有极高要求的应用程序提供足够的性能。此外，这些测试为思科和英特尔的工程师提供了可用作将来性能改进和优化的数据。

## 系统多802.11n 和 802.11abg 客户端容量测试

现实世界部署环境永远不会只有一个客户端，也不会全部只是802.11n的客户，即所谓的纯11n（Greenfield）部署。思科和英特尔帮助用户确认了一些部署的基础的问题：当客户在一个已经安装了802.11abg客户端的基础环境中部署802.11n接入点的时候，他们希望看到的是什么呢？802.11abg和802.11n混合的客户端将会怎样影响整个系统的性能呢？

### 测试方法

英特尔和思科精心设计了若干个测试场景，以观察及描述同时运行802.11n和802.11abg数据的客户端将会如何影响性能。对于这些测试场景，8台笔记本电脑在本地放置并运行一组采用具有业界标准工具的包含上下行流量及双向流量的测试。

测试从一个单独的802.11n客户端和7个运行802.11a数据的客户端开始。我们将连续地反复做测试，802.11n客户端的数目将会随着802.11a客户端数量的减少逐个增加。重复测试直到余下只有一个802.11a客户端，其他全为802.11n客户端。

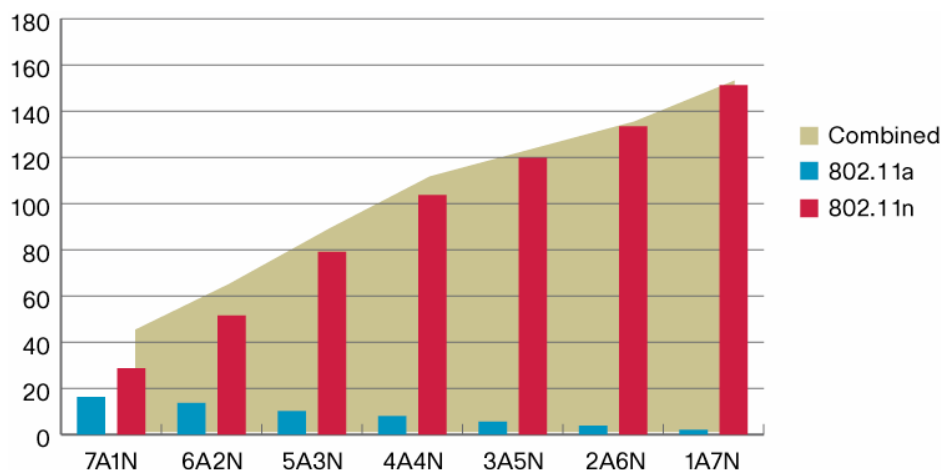
### 测试结果

这个测试是为帮助我们描述和了解当802.11n和802.11a客户端同时存在时的系统性能而设计的，并用以说明在具有大量802.11a客户端的环境中802.11n的性能。

鉴于用作管理介质竞争的802.11规则，预计802.11n客户端性能将会由于802.11a客户端的出现而减小吞吐量。这也意味着系统总性能将会由于更多的802.11a客户端的出现而降低更多。当然，随着802.11n客户端的增加，整个系统的性能也会随之提高。

如图6所示，多个802.11n客户端及802.11a客户端共存环境下的实验数据验证了我们上面的分析。

图 6. 802.11a 向 802.11n 迁移



图中最左边的测试数据是在7个802.11a客户端与一个802.11n客户端共存的环境下获得的，在X轴上表示为“7A1N”。从左往右的下一个数据都是在减少一个802.11a并增加一个802.11n客户端的环境下获得的。蓝色的数据表示802.11a客户端的总吞吐量，而红色的数据则代表802.11n客户端的吞吐量。作为背景的黄褐色区域则表示802.11a与802.11n客户端的总吞吐量。

当企业级用户刚开始采用802.11n设备的时候，大量现有的802.11a设备会与他们一起工作。上面的实验数据表明在这种混合模式的环境下，802.11n的基础设施会提高整个系统的性能。因此，即使在现有的802.11a的环境下，思科与英特尔的客户们还是能够享受到采用802.11n设备所带来的系统性能的提升。更重要的是，在客户把802.11a客户端升级到802.11n的时候，他们会感觉到总的系统性能有了显著提升。在测试中，采用1个802.11a和7个802.11n客户端的性能比采用7个802.11a和1个802.11n客户端的性能提高了340%。此外实验数据还显示，在这种混合环境下每个客户端的性能都是始终如一的。在整个实验中，当单个802.11a客户端的吞吐量达到2Mbps的时候，单个802.11n客户端的吞吐量已经达到了25Mbps。

## 企业级漫游

真正的漫游意味着用户在工作区域的任何地方都可以连接网络，不论那里是否存在有线连接。更重要的是，这意味着用户可以把自己的工作区域“漫游”到会议室，阳台或某个私密区域，与此同时，他还能够保持重要的商业应用程序的连接。

802.11标准中并没有规定漫游算法，这也迫使所有的厂商去实现自己的漫游算法。早期的用户通常只部署一个无线接入点，因此那时这样的算法是够用的。但随着802.11的无线网络进入企业，他们需要更先进的算法来支持企业环境中多个接入点之间的无缝漫游。

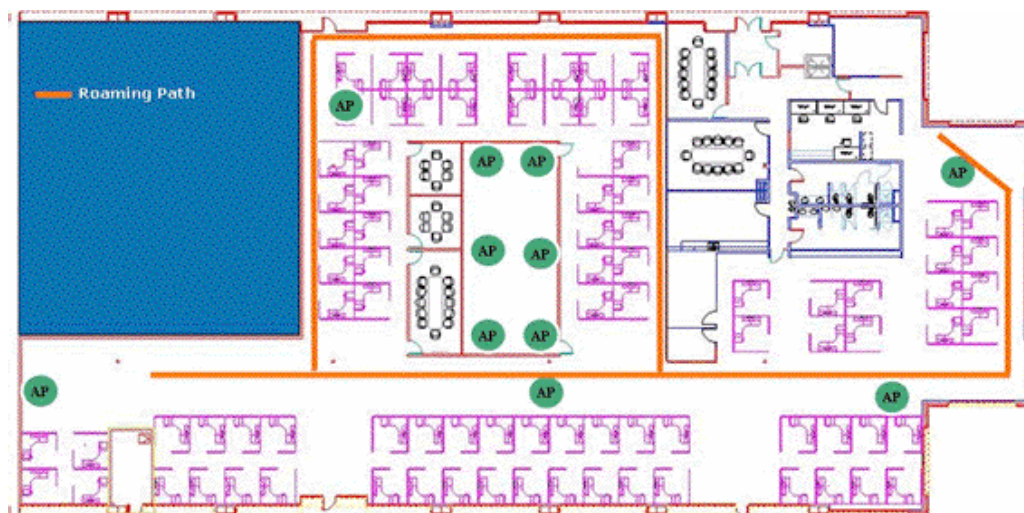
此外，802.11n的MIMO技术改变了无线客户端与无线接入点之间信号传递的方式。因此为802.11abg所设计的漫游算法并不适用于802.11n，需要重新修订。

我们设计了企业级的漫游测试套件来测试英特尔客户端与思科基础设施间的漫游。该测试套件也可以使思科与英特尔的工程师专注于为企业用户设计最优化的漫游算法。

## 测试方法

在这个全面的漫游测试中，测试笔记本被放置在一个可编程的机器人上。因此测试笔记本可以在特定的路由路线上移动，并同时运行业界标准级的性能测试套件。图7显示了机器人的漫游路线，用橙色的直线表示。

图 7. 漫游测试平面图

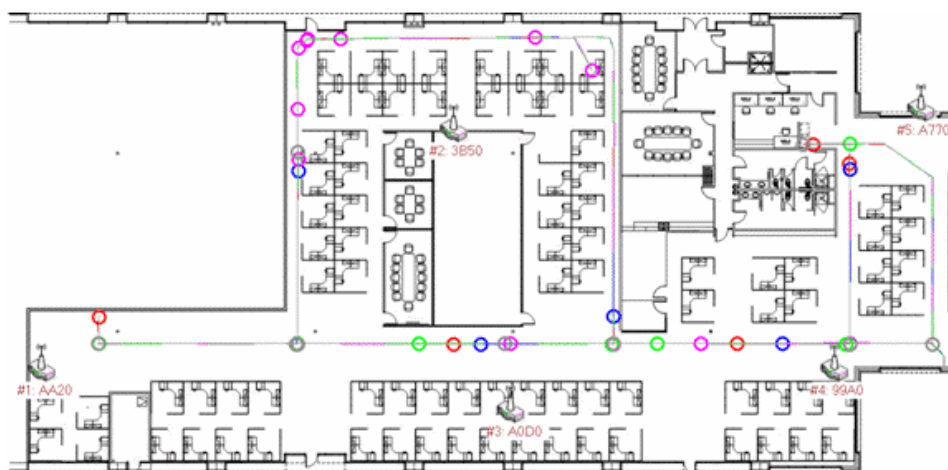


在机器人遍历整个路线的时候，测试数据也同时被收集。图中绿色的圆圈表示无线接入点的位置。机器人可以在一条路线上遍历多次，每次都与不同组合的接入点在一起工作，而且他们的输出功率也不同。这些测试是完全自动化的，一个完整的测试需要至少17个小时以上的时间。

## 测试结果

图8显示了最初的企业漫游测试结果。

图 8. 无效的客户端漫游



每个系列的彩色圆圈表示机器人多次遍历特定路线时客户端发生漫游的位置。因为我们希望该测试是可重复及可预期的，所以一个工作正常的客户端应该每次都在相同的位置发生漫游。图8显示了一个优化前的客户端的测试结果，从中我们可以看到漫游的位置变化很大，也完全不可预测。这种不一致和不可预测性会使终端客户感到非常糟糕的用户体验。

图9显示了使用优化算法后的测试数据。

图 9. 优化的客户端漫游



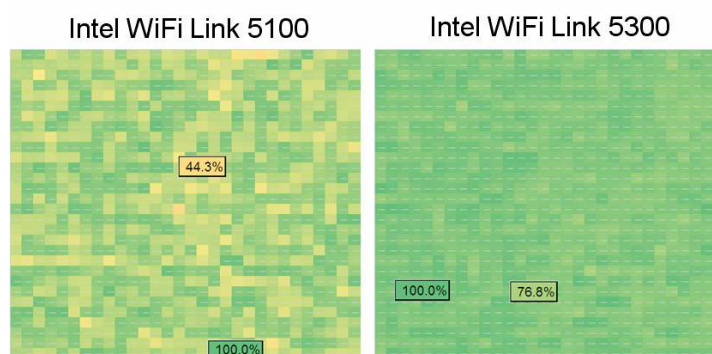
正如图中所示，现在发生漫游的位置非常有规律，这也说明现在客户端的漫游是可预测并且是一致的。对企业应用来说，好的漫游应该是优化过的、一致的以及可预测的。

## 信号稳定性测试

市场上存在着众多不同类型的 802.11n 客户端，它们各自在市场中扮演着自己的角色。由于客户端（例如智能手机、上网笔记本电脑等）自身外形尺寸和发射功率的限制，一些802.11n客户端只有一根天线，这和传统的802.11ag客户端相似，这种方式被称之为SISO（单输入单输出）。一些上网笔记本电脑，自身发射功率受到限制，虽然它们采用多天线接收的方式，但是发射无线信号还是通过一根天线完成，这种方式被称之为MISO（多输入单输出）。而企业级的笔记本电脑，采用多跟天线完成无线信号的收发，被称之为MIMO（多输入多输出）。所有上述这些客户端在市场上都被称之为“802.11n客户端”。X-Y 工作台测试被设计用来量化和定性的测试采用MIMO、MISO 和 SISO方式的不同类型的802.11n客户端的无线信号特性。

X-Y 工作台测试将无线客户端在1米乘1米的工作台上一英寸一英寸的移动，同时记录无线接入点和客户端之间的吞吐量测试结果。图10 显示了两种不同客户端的测试结果，英特尔5100 MISO客户端和5300 MIMO客户端。英特尔5300客户端采用 3x3 MIMO 设计。

图 10. X-Y 工作台信号稳定性测试结果



从图10可以看出，MIMO客户端比MISO客户端获得更加稳定的信号，也就获得更高的吞吐量。英特尔5300客户端可以实现较少的弱信号区域，如图10所表示的较大的绿色区域，无线信号更一致的。当客户在选择无线网络适配器时，应该考虑选用例如英特尔5300这样的MIMO的客户端，以实现最佳的无线性能。

## 总结

思科和英特尔在很多重要的领域相互合作，这其中就包括验证并优化下一代802.11n无线网络的互操作性及性能。如果企业部署了思科和英特尔的联合架构，就能够保证可以获得最高水准的吞吐量、可靠性及可预测性。这些测试也使得两家公司可以在产品交付客户之前就发现所有的问题。思科和英特尔的合作联盟可以优化现在和未来的移动解决方案的性能和可靠性。最终，在思科和英特尔这两个在企业级移动解决方案领域占有领导地位厂商的联合努力下，客户会对他们无线解决方案的成功部署非常有信心。

## 附录

### 测试环境配置

802.11n测试环境配置:

- Dell Latitude D830, Vista32 Ultimate (SP1), Intel(R) Core(TM)2 Duo 2.50GHz (T9300), RAM: 4 GB
- Intel® Ultimate-N WiFi Link 5300 (3x3 MIMO) 802.11a/g/n
- Intel® PROSet/Wireless Network Connection Software version 12.0
- Cisco Aironet 1250 Series Access Point
- Cisco 5508 Wireless LAN Controller with Unified Wireless Network Software Release 6.0
- Traffic Generator: Console IxChariot 6.0; Endpoint Ixia 6.1

802.11ag测试环境配置:

- Dell Precision M65, XP32 Pro (SP2), Intel(R) T2300 @ 1.66GHz, RAM: 1 GB
- Intel® PRO/Wireless 3945ABG Network Connection (802.11a/b/g)
- Intel® PROSet/Wireless Network Connection Software version: 12.04
- Cisco Aironet 1242 Series Access Point
- Cisco 5508 Wireless LAN Controller with Unified Wireless Network Software Release 6.0
- Traffic Generator: Console IxChariot 6.0; Endpoint Ixia 6.1



**Americas Headquarters**  
Cisco Systems, Inc.  
San Jose, CA

**Asia Pacific Headquarters**  
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.  
Singapore

**Europe Headquarters**  
Cisco Systems International BV  
Amsterdam, The Netherlands

Cisco has more than 200 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at [www.cisco.com/go/offices](http://www.cisco.com/go/offices).

CCDE, CCENT, CCSI, Cisco Ego, Cisco HealthPresence, Cisco IronPort, the Cisco logo, Cisco Lumina, Cisco Nexus, Cisco Nxtas Connect, Cisco Pulse, Cisco StackPower, Cisco StadiumVision, Cisco TelePresence, Cisco Unified Computing System, Cisco WebEx, DCE, Flip Channels, Flip for Good, Flip Mini, Flipshare (Design), Flip Ultra, Flip Video, Flip Video (Design), Instant Broadband, and Welcome to the Human Network are trademarks; Changing the Way We Work, Live, Play, and Learn, Cisco Capital, Cisco Capital (Design), CiscoFinanced (Stylized), Cisco Store, and Flip Gift Card are service marks; and Access Registrar, Aironet, AllTouch, AsyncOS, Bringing the Meeting To You, Catalyst, CCDA, CCDP, CCIE, CCIP, CCNA, CCNP, CCSP, CCVP, Cisco, the Cisco Certified Internetwork Expert logo, Cisco IOS, Cisco Press, Cisco Systems, Cisco Systems Capital, the Cisco Systems logo, Cisco Unity, Collaboration Without Limitation, Connum, EtherFast, EtherSwitch, Event Center, Explorer, Fast Step, Follow Me Browsing, FormShare, GetItFirst, GigaDrive, HomeLink, IONIX, Internet Quotient, IOS, IPPhone, iQuik, iStudy, IronPort, the IronPort logo, Laser Link, LightStream, Linksys, MediaTone, MeetingPlace, MeetingPlace Chime Sound, MGX, Networkers, Networking Academy, Network Registrar, PCNow, PIX, PowerKEY, PowerPanels, PowerTV, PowerTV (Design), PowerVu, Prime, ProConnect, ROSA, ScriptShare, SenderBase, SMARTnet, Spectrum Expert, StackWise, The Fastest Way to Increase Your Internet Quotient, TimePath, WebEx, and the WebEx logo are registered trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the United States and certain other countries.

All other trademarks mentioned in this document or website are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (0908R)