

# Hochverfügbarkeit im Industrial Wireless LAN durch Seamless Roaming

Heinrich Merz, ads-tec GmbH, Leinfelden-Echterdingen, Germany

## Fortschritt-Berichte VDI

VDI

### Reihe 10

Informatik/  
Kommunikation

Prof. Dr. Jörg F. Wollert,  
Bochum (Hrsg.)

Nr. 800

## Wireless Technologies 11. Kongress 29.-30. September 2009 Stuttgart

Von der Technologie  
zur Anwendung

ISBN 978-3-18-380010-0

© by ads-tec GmbH

# Hochverfügbarkeit im Industrial Wireless LAN durch Seamless Roaming

Heinrich Merz, ads-tec GmbH, Leinfelden-Echterdingen, Germany

## 1 Verfügbarkeit im Industrial Wireless LAN

Höchste Verfügbarkeit ist im Industrial Wireless LAN Voraussetzung, wenn sich ein Client schnell durch ein großflächig ausgedehntes WLAN bewegt und gleichzeitig seine eigenen Steuerungsdaten über dieses WLAN bezieht bzw. austauscht. So stellt die verschleißfreie, drahtlose Steuerung bewegter Komponenten in automatischen Regalbedienenanlagen, Transportsystemen oder Krananlagen höchste Anforderungen an die unterbrechungsfreie Datenübertragung. Weitere Einsatzgebiete sind Condition Monitoring von Maschinen und Fahrzeugen oder Datenübertragung von Fahrzeugen auf Teststrecken. Sogar VT-Emulationen auf Stapler-Terminals sind auf eine zuverlässige Funkverbindung angewiesen, da hier ein kurzzeitiger Funkabbruch einen dauerhaften Verbindungsabbruch zur Folge haben kann.

WLAN stellt dafür eine kostengünstige Plattform zur Verfügung, die in den von den nationalen Regulierungsbehörden freigegebenen Frequenzen gebührenfrei genutzt werden kann. Als IT Infrastructure WLAN Komponenten für den Einsatz in rauer Industrieumgebung kann ein Ruggedized Access Point (RAP) und Ruggedized Access Client (RAC) eingesetzt werden.

Verfügbarkeit und WLAN muss kein Widerspruch sein, wenn dafür ausgelegte Komponenten eingesetzt werden. Nachfolgend wird eine Roaming-Lösung vorgestellt, die sowohl bei einem ausgedehnten großflächigen WLAN mit vielen Access Points und schnell bewegten Clients eingesetzt werden kann, aber auch für die redundante Anbindung eines stationären Clients an zwei Access Points oder für redundante Point-to-Point-Verbindungen.

## 2 Grundlagen

Auswahl der WLAN-Frequenz

Zur Wahl stehen die Frequenzbänder 2,4 GHz und 5 GHz mit unterschiedlichen Eigenschaften, wie in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

WLAN-Protokoll	802.11b	802.11g	802.11a/h
Frequenzband	2,412 - 2,483 GHz	2,412 - 2,483 GHz	Indoor: 5,150 – 5,350 GHz In- & Outdoor: 5,470 – 5,725 GHz
Datenrate brutto	11 Mbit/s	54 Mbit/s	54 Mbit/s
Datenrate netto	4-5 Mbit/s	20-24 Mbit/s	25Mbit/s
Kanäle n. ü.	3	3	8 + 3 + 8
Sendeleistung max. (EiRP)	100 mW 20 dBm	100 mW 20 dBm	5,150 – 5,350 GHz: 200 mW / 23 dBm 5,470 – 5,725 GHz: 1.000 mW / 30 dBm

Tabelle 1: Eigenschaften der WLAN-Frequenzbänder

### 2,4 GHz Band

Hier stehen in Europa 13 Kanäle, jeweils 22 MHz breit, zur Verfügung. Überlappungsfrei können nur 3 Kanäle, bei günstig platzierten Komponenten evtl. auch 4 genutzt werden. Dieses Band ist häufig genutzt, u. a. auch für Bluetooth- und für Heim-Anwendungen. Oft befinden sich störenden Netze in der Nähe. Bei der Ausleuchtung großer Hallen können sich Access Points mit gleichem Kanal stören.

Vorteile im 2,4 GHz Band: Kanäle können fest eingestellt werden, der Standard 802.11b bietet bei niedriger Brutto-Datenrate eine stabile Funkverbindung, Wände können durchdrungen werden.

### 5 GHz Band

Im 5 GHz Band stehen 16 überlappungsfreie Kanäle zur Verfügung, so dass Access Points sehr dicht gesetzt werden können, ohne sich gegenseitig zu stören. Innerhalb von Hallen können alle 16 Kanäle genutzt werden, im Freien 8 Kanäle. Die unteren 4 Kanäle (nur indoor) können fest eingestellt werden, alle anderen unterliegen der DFS-Überwachung und werden vom System automatisch gewählt. Die Sendeleistung (EiRP) darf 200 mW und bei den Outdoor-Kanälen bis zu 1.000 mW betragen. Durch die vielen Kanäle bietet sich das 5 GHz Band für industrielle Applikationen an.

Das 5 GHz Band wird von WLAN-Anwendungen geteilt mit Radar-Anwendungen und unterliegt dadurch behördlichen Restriktionen.

Access-Points und -Clients müssen in Europa dem Standard 802.11h entsprechen, hierbei ist der Standard 802.11a erweitert um die Funktionen DFS (Dynamic Frequency Selection) und TPC (Transmission Power Control). DFS sorgt für die Erkennung von bevorrechtigten Radar-Systemen und einen Kanalwechsel auf einen Kanal, der nicht durch ein Radar-System belegt ist. TPC reduziert die Sendeleistung bei bestehenden Verbindungen auf den minimal möglichen Wert. In Europa darf der Standard 802.11a nur eingesetzt werden für Access-Clients mit stark reduzierter Sendeleistung.

Access Points und Access Clients, die in Europa betrieben werden, müssen zertifiziert sein nach den Prüfvorschriften ETSI EN 300 328 V1.6.1, ETSI EN 301 893 V1.4.1 und CEPT/ERC/REC 70-03.

ETSI EN 301 893 V1.4.1 ist seit 1. April 2009 verbindlich einzuhalten und hat wesentliche Änderungen gegenüber Vorgängerversionen gebracht, die starke Auswirkungen auf den zukünftigen Betrieb von 5 GHz-Netzen haben wird. Bereits in Vorbereitung ist die Norm ETSI EN 301 893 V1.5.1 mit weiteren Verschärfungen.

In dieser Norm tauchen folgende Begriffe auf, die alle für ein 5 GHz WLAN stehen: BRAN (Broadband Radio Access Networks), RLAN (Radio Local Area Network), 5 GHz high performance RLAN. Ebenso sind dort erwähnt: 5 GHz RLAN; 2 sub-bands: 5 150 MHz to 5 350 MHz & 5 470 MHz to 5 725 MHz.

Bei der V1.5.1 muss DFS (Dynamic Frequency Selection) Radar-Signale mit kürzerer Pulsweite und „Staggered PRF“ erkennen und verarbeiten. Wetter-Radar im 5,600 bis 5,650 GHz Band muss gesondert behandelt werden.

Für den Einsatz in der Praxis ergeben sich seit 1. April 2009 daraus folgende Punkte:

1. Ein zyklischer DFS-Scan alle 24 Stunden entfällt.
2. Wenn ein 5 GHz System in Betrieb genommen wird, muss der Access Point den ausgewählten Kanal auf konkurrierende Radarsysteme für 60 Sekunden abscannen (CAC) und darf dann erst Daten senden.
3. Werden die drei Wetter-Radar-Kanäle bei 5,6 bis 5,65 GHz nicht abgeschaltet, so ist dort eine Scan-Zeit von 10 Minuten einzuhalten, bevor Daten gesendet werden. Für industriellen Einsatz sind diese 3 Kanäle nicht mehr sinnvoll nutzbar.
4. Bestehende Verbindungen zwischen Access Point und Access Client müssen über das In-Service-Monitoring ständig auf Radar-Signale überwacht werden.
5. Wird bei einer bestehenden Verbindung ein Radarsignal erkannt, so ist der benutzte Kanal innerhalb 10 Sekunden zu schließen. Während dieser Zeit dürfen Daten nur noch für 1 Sekunde in Summe gesendet werden. Anschließend ist dieser Kanal für 30 Minuten gesperrt.
6. Wechselt der Access Point nach einer Radarerkennung den Sendekanal, dann muss sichergestellt sein, dass der neue Kanal nach dem Zufallsprinzip gewählt und auf dem neuen Kanal auch wieder die Radar-Scan-Zeit von 60 Sekunden eingehalten wird, bevor Daten gesendet werden dürfen.

7. Fest einstellbar sind nur die vier Kanäle 36 bis 48, die ohne DFS betrieben werden dürfen.
8. Ein kontinuierlicher, unterbrechungsfreier Datenstrom kann im 5 GHz Umfeld mit DFS nur durch Einsatz des Seamless Roaming Clients gewährleistet werden.

WLAN-Client-Module, die über DFS verfügen, dürfen mit den gleichen Sendestärken bis zu 1.000 mW wie die Access Points betrieben werden. Damit lassen sich sehr leistungsfähige Point-to-Point-Verbindungen über große Strecken aufbauen. Schnell bewegte Clients können damit auch größere Entfernungen zum Access Point sicher überbrücken.

Vorteile im 5 GHz Band: 16 überlappungsfreie Kanäle, 4 Kanäle können fest eingestellt werden, hohe Sendeleistungen, hohe Anzahl Access Points und ausgedehnte Netze sind möglich.

Kanal	Fre- quenz	CAC time	DFS	ERP	Sendestärke Access Point		Sendestärke Client mit DFS		Sendestärke Client ohne DFS		Indoor	Outdoor	Kanal fest einstellbar (nur AP)
					[mW]	[dBm]	[mW]	[dBm]	[mW]	[dBm]			
36	5,180	0		x	200	23	200	23	200	23	x		x
40	5,200	0		x	200	23	200	23	200	23	x		x
44	5,220	0		x	200	23	200	23	200	23	x		x
48	5,240	0		x	200	23	200	23	200	23	x		x
52	5,260	60	x	x	200	23	200	23	200	23	x		
56	5,280	60	x	x	200	23	200	23	200	23	x		
60	5,300	60	x	x	200	23	200	23	200	23	x		
64	5,320	60	x	x	200	23	200	23	200	23	x		
100	5,500	60	x	x	1.000	30	1.000	30	200	23	x	x	
104	5,520	60	x	x	1.000	30	1.000	30	200	23	x	x	
108	5,540	60	x	x	1.000	30	1.000	30	200	23	x	x	
112	5,560	60	x	x	1.000	30	1.000	30	200	23	x	x	
116	5,580	60	x	x	1.000	30	1.000	30	200	23	x	x	
120	5,600	<b>600</b>	x	x	1.000	30	1.000	30	200	23	x	x	
124	5,620	<b>600</b>	x	x	1.000	30	1.000	30	200	23	x	x	
128	5,640	<b>600</b>	x	x	1.000	30	1.000	30	200	23	x	x	
132	5,660	60	x	x	1.000	30	1.000	30	200	23	x	x	
136	5,680	60	x	x	1.000	30	1.000	30	200	23	x	x	
140	5,700	60	x	x	1.000	30	1.000	30	200	23	x	x	

Tabelle 2: 5 GHz Kanalliste ETSI (Sendestärken immer EiRP gemessen)

### 3 Datendurchsatz

#### Bandbreitenberechnung der Luftschnittstelle

Einen großen Einfluss auf die Verfügbarkeit eines WLAN hat die maximale Anzahl Clients an einem Access Point.

Der Zeitbedarf zur Übermittlung eines Datenpaketes setzt sich zusammen aus der Zeit für die Daten und für einen datenunabhängigen Anteil (Overhead). Der datenunabhängige Teil ergibt sich aus der Funktion CDMA (Collision Detection Multiple Access). Sie unterscheiden sich für die unterschiedlichen WLAN-Standards 802.11b und 802.11g/a/h. Zu berücksichtigen sind die Werte für die Daten und für ACK. Die Airtime gibt an, welche Zeit ein Datenpaket zwischen Access Point und Client benötigt.

#### Bandbreitenberechnung Funkschnittstelle

Zeitbedarf CDMA	802.11b		802.11g/a	
	Data [ $\mu$ s]	Ack [ $\mu$ s]	Data [ $\mu$ s]	Ack [ $\mu$ s]
DIFS/SIFS	50	10	28	10
Backoff Timer	100		100	
Preamble	96	96	20	20
Footer			6	6
Zeitbedarf gesamt	246	106	154	36
	+ Daten	+ Ack	+ Daten	+ Ack

Tabelle 3: Zeitbedarf CDMA

#### Berechnung der Anzahl möglicher Clients an einem AP

Beispiel-Vorgabe:

Paketgröße Steuerungsdaten: 100 Byte  
 Teilnehmer: 4, z. B. 2 Motoren, 2 Sensoren  
 Updatezyklus 25 ms -> 40 Pakete/s  
 Verbindung Half-Duplex (WLAN), bidirektional  
 Brutto-Datenrate: 802.11b 1 - 11 Mbit/s, 802.11g/a 6 - 54 Mbit/s

$$\text{Paketrate} = \text{bidirektional} * \text{Pakete} * \text{Teilnehmer} = 2 * 40 * 4 = 320 \text{ Pakete/s}$$

Formeln:

$T\{\text{Paket(Größe)}\} = \text{Paketgröße Steuerungsdaten} * 8 \text{ bit} / \text{Brutto-Datenrate}$   
 $T\{\text{Ack}(14)\} = 14 * 8 \text{ bit} / \text{Brutto-Datenrate}$   
 $\text{Airtime/Client} = 320 \text{ Pakete} * \text{Airtime } T\{\}$   
 $\text{Anzahl Clients} = 1.000 \text{ ms} / \text{Airtime}$

Datenrate x	802.11b		802.11g/a	
	11 Mbit/s	1 Mbit/s	54 Mbit/s	6 Mbit/s
T{Paket(100)}	73 $\mu$ s	800 $\mu$ s	15 $\mu$ s	134 $\mu$ s
T{Ack(14)}	11 $\mu$ s	112 $\mu$ s	3 $\mu$ s	19 $\mu$ s
T{CDMA Data}	246 $\mu$ s	246 $\mu$ s	154 $\mu$ s	154 $\mu$ s
T{CDMA ACK}	106 $\mu$ s	106 $\mu$ s	36 $\mu$ s	36 $\mu$ s
Airtime T{x}	436 $\mu$ s	1.264 $\mu$ s	208 $\mu$ s	343 $\mu$ s
Airtime/Client	140 ms	405 ms	67 ms	110 ms
Max. Clients/AP	7	2	14	9

Tabelle 4: Clientberechnung

Die berechneten Clients am Access Point sind theoretische Werte, Reserven sind einzuplanen! Bei zeitkritischen Applikationen muss in jedem Fall von der niedrigsten Datenrate ausgegangen werden, um im praktischen Betrieb ausreichend Reserven vorzuhalten. Um beispielsweise Sicherheitssteuerungen miteinander wireless zu vernetzen, kann es erforderlich sein, nur einen Client am Access Point zuzulassen.

#### 4 Roaming

Solange ein stationärer Access Client (AC) bei guter Sende- und Empfangsleistung fest an einem Access Point eingebucht ist, ist ein Verbindungsabbruch selten festzustellen. Mobile Clients, die sich durch Funkzellen mehrerer Access Points (AP) hindurchbewegen, müssen häufig einen Roamingvorgang durchführen, d. h. sich beim schwächer werdenden AP abmelden und einen neuen, stärkeren AP suchen und sich dort einbuchen.

Der Roamingvorgang zwischen zwei benachbarten Access Points wird vom Client ausgelöst. Für jede neue Anwendung ist die Analyse erforderlich, welche Timeouts ein System während des Roamings toleriert. Hieraus ergibt sich die Wahl der passenden Roaming-Variante. Vorgestellt werden Standard-, Tabellen- und Seamless-Roaming sowie Extended Background Scanning.

Beim Seamless-Roaming wird der Roamingvorgang ohne Paketverluste und ohne Unterbrechung der Datenübertragung durchgeführt. Die Ausfallzeit, in der keine Datenübertragung möglich ist, beträgt 0 msek.

## Roaming Voraussetzungen

Voraussetzung für ein Roaming ist eine ausreichende Dichte an Access Points, um ein stabiles WLAN-Funkfeld aufzubauen. Messgröße ist die Signalstärke des aktuell verbundenen Access Points. Der Roamingvorgang wird durch den Client ausgelöst, wenn die im Client einstellbaren Schwellwerte unterschritten werden. Um die passende Roaming Variante auswählen zu können, ist für die Applikation eine Analyse erforderlich, welche Timeouts das System während des Roamings toleriert.

## Standard Roaming

Standard Roaming wird unterstützt durch das IAPP (Inter Access Point Protokoll), das Informationen über die eingebuchten Clients und die aktiven Access Points systemintern übermittelt. Über eingeschränkte Kanallisten lässt sich der Scan nach einem AP verkürzen, da nur noch die angegebenen und tatsächlich vorhandenen Kanäle abgesucht werden.

Für ein konfigurierbares, aktives Scanning lassen sich alle wichtigen Roaming-Schwellwerte/Parameter im Access Client einstellen.

## Fast Roaming

Fast Roaming ist geeignet für Fahrzeuge auf einer vorgegebenen Bahn. Die Access Points haben eine feststehende Reihenfolge, die in einer Tabelle im Access Client abrufbar sind. Alle erforderlichen Roaming-Schwellwerte und -Parameter sind im Access Client einstellbar. Da beim Roaming nur die Einbuchungszeit ohne Scanning anfällt, ergeben sich sehr kurze Roamingzeiten.

Fahrzeuge auf einem freien Kurs, die die Position des Clients durch die Fahrzeugsteuerung ermitteln, können das Roaming über eine Modbus/TCP API-Schnittstelle von extern auslösen.

## Seamless Roaming

SeamlessRoaming ermöglicht den Roamingvorgang ohne Paketverluste und ohne Unterbrechung der Datenübertragung mit Hilfe von zwei WLAN Schnittstellen im Client-Modul. Alle wichtigen Roaming-Schwellwerte und Parameter sind einstellbar.

Funktionsweise des Seamless Roaming Clients:

1. Start: Schnittstelle 1 sucht sich einen passenden Access Point, bucht sich dort ein und beginnt mit der Datenübermittlung.
2. Datenübertragung: Während Schnittstelle 1 Daten überträgt, sucht Schnittstelle 2 einen weiteren Access Point

3. Einbuchen: Schnittstelle 2 kann sich komplett einbuchen inkl. aller Security Mechanismen
4. Halten & Analysieren: Während beide Schnittstellen eine aktive Verbindung halten, werden die Signalstärken permanent gegen die eingestellten Parameter geprüft
5. Umschalten: Ist die WLAN Schnittstelle 2 besser, wird der interne Datenpfad auf Schnittstelle 2 umgeschaltet, Schnittstelle 1 übernimmt nun die Suche nach einem neuen AP

### Extended Background-Scanning bei Fremd-Access Points

Wird der Seamless Roaming Client zusammen mit Access Points betrieben, die diese Technik nicht beherrschen, so kann in den Extended Background-Scanning Modus umgeschaltet werden. Dabei wird im Gegensatz zu einfachem Background Scanning der aktive Datenverkehr nicht beeinflusst und ist auch bei sehr hohen Zykluszeiten ohne Probleme zu verwenden.

Funktionsweise des Clients mit Extended Background Scanning:

Schnittstelle 1 ist für die Datenübertragung zuständig und bucht sich bei einem Access Point ein; Schnittstelle 2 sucht permanent nach weiteren Access Points. Wird ein besserer Access Point gefunden, bucht sich Schnittstelle 1 sofort auf diesen ein und Schnittstelle 2 sucht weiter nach Access Points.

<b>Ausfallzeit</b>	<b>[msek]</b>
Marktübliches WLAN Roaming	> 1.000
ads-tec Standard Roaming (mit beliebigem AP)	50 – 500
ads-tec Fast-Roaming (mit ads-tec AP)	10 – 50
ads-tec Seamless Roaming (mit ads-tec AP)	0
Die 'Ausfallzeit' gibt die Zeit an, in der keine Datenübertragung während des Roamingvorgangs möglich ist.	

Tabelle 5: Roaming Ausfallzeiten

### Kompatibilität

Alle Komponenten sind voll kompatibel zum Standard 802.11 b/g 2,4 GHz und 802.11 a/h 5 GHz. Seamless Roaming fähige Access Points bauen das WLAN auf. In diesem Netz können Seamless Roaming Clients und Standard Clients, z. B. Notebooks, gleichzeitig eingebucht sein.

Seamless Roaming Clients können sich auch in beliebige 802.11 b/g/a/h Netze einbuchen, verfügen dort aber anstelle von Seamless Roaming über die Extended Background Scanning Funktion.

## Protokolle

Eine Seamless Roaming Verbindung ist transparent für alle Ethernet-basierten Protokolle (nach IEEE 802.3), auch für Real-Time-Ethernet, soweit 802.3 eingehalten wird. Werden darüber Sicherheitssteuerungen verbunden, so sind der zulässige Timeout der Applikation, der erforderliche Datendurchsatz und die Paketgrößen zu berücksichtigen.

## Operational Mode

Der Access Client mit Seamless Roaming arbeitet im Fully-Transparent-Bridge-Mode, es können sich mehrere Teilnehmer bzw. ein ganzes Netzwerk hinter dem Access Client befinden und alle Teilnehmer sind transparent über WLAN erreichbar. Alternativ kann in den Router-Modus umgeschaltet werden.

## Forced Roaming

Meist stellt eine WLAN Verbindung nur einen Teil einer Strecke zwischen Client-System und einem Server dar. Der Access Point kann die Verbindung bis zum Server überwachen. Bei Verlust dieses Uplinks kann über die Funktion Forced Roaming eine Trennung des Clients von seinem AP ausgelöst werden, so dass der Client sich mit einem anderen AP verbinden kann. Seamless Roaming Clients halten in diesem Falle den unterbrechungsfreien Datenstrom aufrecht.

## Antennen

Seamless Roaming ist in Abhängigkeit der Applikation einsetzbar mit allen gängigen WLAN-Antennentechnologien, wie omnidirektionale Rundstrahl-Antennen, Antennen mit Richt-Charakteristik oder auch Leckwellenleiter-Antennen.

## **5 Einsatzbereiche**

Einsatzbereiche für das Seamless Roaming sind überall dort gegeben, wo der Datenstrom während der Umbuchung von einem Access Point zum anderen nicht unterbrochen werden darf, sondern „seamless“, also nahtlos, aufrecht erhalten bleiben muss. Häufig werden hierbei Sicherheits-Steuerungen eingesetzt, die das Kommunikationsmedium überwachen. Unterschiedliche Real-Time-Ethernet-Protokolle können dabei zum Einsatz kommen.

### Anwendungsbeispiel Krananlage

Die Krananlage befindet sich in einer freitragenden Halle von 100 x 200 m. Unter der Hallendecke befinden sich parallel drei Kranbahnen von jeweils 200 m Länge. Auf jeder Kranbahn sind mehrere Brücken im Einsatz. Für den Lastentransport sorgen

mehrere Katzen, die an definierten Überfahrten von einer Brücke zur nächsten wechseln können, um Lasten an jeden Punkt der Halle zu transportieren. Zur Vermeidung von Kollisionen wird jede Brücke und jede Katze über eine Sicherheitssteuerung kontrolliert. Diese Steuerungen sind untereinander über WLAN vernetzt. Clients sind als Seamless Roaming Clients ausgeführt, damit das im Hintergrund übertragene Sicherheitssignal der Steuerungen nicht abreißt, da dies einen NOTAUS der Gesamtanlage zur Folge hätte.

Weitere Einsatzbereiche für Seamless Roaming sind Videoüberwachungssysteme im Hochregallager, Maschinensteuerungen, Baumaschinen und Condition Monitoring

### Redundante Funkstrecken durch Seamless Roaming

Point-to-Point Verbindungen lassen sich redundant absichern durch einen Dual Access Point und einen Seamless Roaming Client auf der Gegenseite mit jeweils zwei Funkmodulen. Eine Funkschnittstelle wird mit 2,4 GHz betrieben, die andere mit 5 GHz. Der Seamless Roaming Client hält beide Verbindungen redundant aufrecht und nutzt die bessere von beiden für die Datenübertragung. Bei Störung des Kanals wird automatisch auf das zweite Funkmodul umgeschaltet.

Diese Lösung kann auch eingesetzt werden zur redundanten WLAN-Anbindung von Maschinen, bei denen Störungen auftreten können, wenn z. B. große Bauteile oder Lasten vorbeitransportiert werden.

### Faktor Geschwindigkeit

Seamless Roaming Clients verbinden mobile Systeme auch bei hohen Geschwindigkeiten. Die Geschwindigkeit hat Einfluss auf die Zahl der erforderlichen Access Points und auf die Dichte der Access Points. Funkzellen sind so zu planen, dass sie sich ausreichend überschneiden. Die Verweildauer des Clients in der Zelle ergibt sich aus der Geschwindigkeit und der Geländetopologie und ist vorher zu prüfen.

## **6 Zusammenfassung**

Seamless Roaming ermöglicht die verschleißfreie, drahtlose Steuerung bewegter Komponenten, erlaubt hohe Geschwindigkeit der Clients und sorgt für höchste Verfügbarkeit. Im 5 GHz Band lässt sich mit Seamless Roaming auch bei Radar-Erkennung durch DFS ein unterbrechungsfreier Datenstrom sicherstellen.

Seamless Roaming schafft die Grundlage für neue Anwendungen im industriellen Wireless LAN.

© by ads-tec GmbH