

Techpaper - Koexistenz WLAN und Wireless ePaper (Patent EP 2 993 950)

In diesem Dokument werden technische Hintergründe und implementierte Mechanismen der LANCOM Access Points der E-Serie beschrieben, die den störungsfreien, parallelen Betrieb von LANCOM Access Points und Wireless ePaper Displays sicherstellen.

Die Integration eines Wireless ePaper-Systems in einen WLAN Access Point bietet neben dem Vorteil geringerer Investitionskosten auch weniger Installationsaufwand. Die geringere Anzahl an benötigten Netzwerkkomponenten führt zu einer einfacheren Administration des gesamten Netzwerks.

Typische Anwendungsszenarien für Wireless ePaper-Systeme sind elektronische Raumbeschilderungssysteme oder elektronische Preisschilder (Electronic Shelf Label, ESL) in großen Einkaufszentren.

Grundlagen

Da WLAN nach IEEE 802.11b/g/n und Wireless ePaper-Systeme die gleichen Frequenzen im ISM-Band von 2,4 GHz benutzen, unterstützen LANCOM Access Points der E-Serie diverse in diesem Dokument beschriebene Funktionen, die eine Koexistenz beider Funktechnologien im 2,4-GHz-Frequenzband optimieren.

2,4-GHz-WLAN

IEEE 802.11b/g/n benutzt zur Übertragung von Daten den Frequenzbereich von 2,4 - 2,4835 GHz. Der Frequenzbereich ist in 14 Kanäle unterteilt. Die Anzahl der Kanäle ist abhängig von dem Land, in dem das Funknetz betrieben wird. In Europa stehen beispielsweise 13 Kanäle zur freien Verfügung. Um einen optimalen Betrieb mehrerer Access Points zu ermöglichen, müssen die einzelnen Access Points auf unterschiedlichen Kanälen senden, ohne dass es hierbei zu Überschneidungen im Frequenzbereich kommt. Müssen beispielsweise drei Access Points parallel im 2,4-GHz-Frequenzband betrieben werden, wird die Benutzung der Kanäle 1, 6 und 11 empfohlen. Bei einer Kanalbreite von 20 MHz kommt es somit nicht zu Überschneidungen. Im 2,4-GHz-Frequenzband schreibt die ETSI bei Verwendung des IEEE 802.11b/g/n-Standards eine maximale Sendeleistung von 100 mW in Europa vor. In anderen Ländern sind durchaus höhere Sendeleistungen erlaubt. Abbildung 1 veranschaulicht die beschriebenen Sachverhalte grafisch.

2,4-GHz-Wireless ePaper

Wireless ePaper benutzt, ebenfalls im Frequenzbereich von 2,4 - 2,480 GHz, einen von elf vordefinierten Kanälen. Im Gegensatz zu WLANs besteht hier die Problematik mit sich überschneidenden Kanälen nicht. Die einzelnen Kanäle

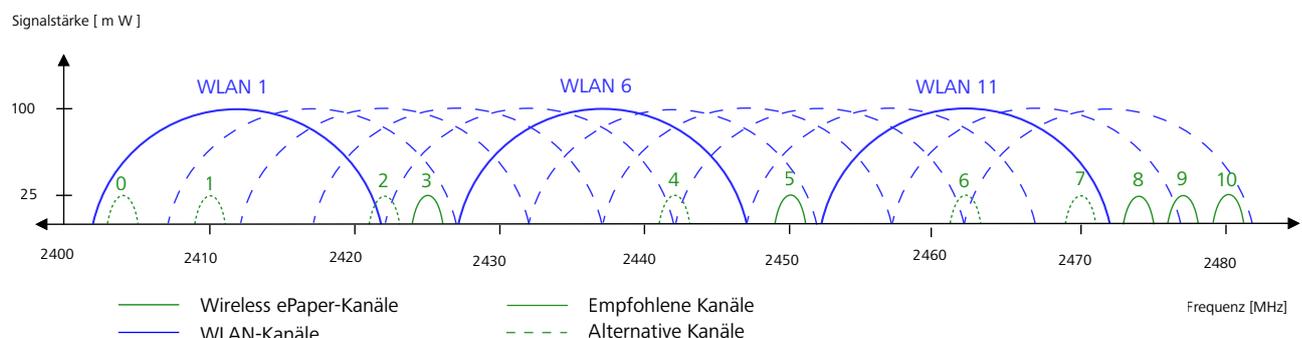


Abbildung 1: Koexistenz von WLAN und Wireless ePaper im 2,4 GHz-Frequenzband

sind in Abbildung 1 beschrieben. Durch das integrierte Kanalmanagement der LANCOM E-Serie Access Points können die Kanäle automatisch so vergeben werden, dass der Wireless ePaper-Kanal nicht mit einem WLAN-Kanal überlappt. Werden beispielsweise im WLAN die Kanäle 1, 6 und 11 benutzt, so liegen die Wireless ePaper-Kanäle 3, 5, 8, 9 und 10 in einem freien Frequenzbereich. Diese Wireless ePaper-Kanäle begünstigen ebenfalls einen schnelleren Verbindungsaufbau zwischen Wireless ePaper Display und Access Point.

Die maximale Sendeleistung des Wireless ePaper-Moduls liegt bei 25 mW. Sie ist somit deutlich geringer als die verwendete Sendeleistung im WLAN (100 mW). Für die Datenübertragung benutzt das Wireless ePaper-System das TDMA-Verfahren (Time Division Multiple Access). Jedes Wireless ePaper Display besitzt einen fest einprogrammierten Zeitschlitz. Der große Vorteil des TDMA-Verfahrens liegt in der Tatsache, dass sowohl der Access Point als auch das Wireless ePaper Display den exakten Zeitpunkt kennen, wann eine Kommunikation startet und wann sie endet. Das Wireless ePaper Display nutzt diese Information in der Form, dass es seine Empfangseinheit außerhalb des eigenen Zeitschlitzes ausschaltet, um damit seinen Energieverbrauch zu senken.

Während der Dauer eines Zeitfensters überträgt der Access Point die Daten an die Wireless ePaper Displays. Am Ende des eigenen Zeitschlitzes bestätigt das Wireless ePaper Display den Erhalt der Daten mit einer Bestätigungsnachricht. Geht diese Bestätigungsnachricht verloren, geht der Access Point davon aus, dass die Kommunikation nicht erfolgreich war und sendet die gleichen Daten noch einmal. Der Sender wird diese Nachricht erst aus seinem Sendepuffer entfernen, wenn die Bestätigungsnachricht empfangen wurde. Somit ist sichergestellt, dass keine Nachricht verloren geht. Um sicherzustellen, dass die Bestätigungsnachricht im Wireless ePaper-Modul des Access Points dekodiert werden kann, wird die Sendeeinheit im WLAN-Modul durch ein von LANCOM patentiertes

Verfahren (EP 2 993 950) für diesen kurzen Zeitabschnitt abgeschaltet. Dieses Verfahren führt zu keinem Datenverlust auf der WLAN-Schnittstelle. Das Deaktivieren der Sendeeinheit des WLAN-Moduls für diesen Zeitraum hat zudem einen nur sehr geringen und in der Praxis nicht spürbaren Effekt auf die Durchsatzrate im WLAN. Eine zuverlässige Kommunikation zwischen Access Point und Wireless ePaper Displays ist somit jederzeit gewährleistet.

Parallelbetrieb von WLAN- und Wireless ePaper-Modulen

Um einen optimalen Parallelbetrieb von WLAN- und Wireless ePaper-Modulen selbst in komplexen Netzwerktopologien zu gewährleisten, wird folgender mehrstufiger Lösungsansatz verfolgt:

- Automatische WLAN- und Wireless ePaper-Kanalwahl durch den LANCOM E-Serie Access Point (Optimierung im Frequenzbereich)
- Schutz der Wireless ePaper-Kommunikation vor WLAN durch den Access Point (Entzerrung im Zeitbereich)

Optimale Wahl des WLAN-Kanals

Mit Hilfe des Features LANCOM „Active Radio Control (ARC)“ wird eine optimale WLAN-Kanalverteilung selbst in komplexen Netzwerkszenarien erreicht. Die Funktionsweise ist im Techpaper Active Radio Control beschrieben, welches auf der LANCOM Website zu finden ist.

Optimale Wahl des Wireless ePaper-Kanals

Um eine optimale Kanalverteilung für die Wireless ePaper-Module zu gewährleisten, wird folgender mehrstufiger Ansatz durch das LCOS-Betriebssystem der LANCOM E-Serie Access Points verfolgt:

In einem ersten Schritt wird ein Access Point vom Netzwerk bestimmt, der für die Zuordnung der Wireless ePaper-Kanäle zuständig ist. Diese zentrale Instanz wird im Folgenden als Master Access Point bezeichnet. Alle anderen Access Points werden als Slave Access Points bezeichnet. Der verwendete

Algorithmus garantiert, dass immer genau einem Access Point die Masterrolle zugeteilt wird. Der Algorithmus garantiert ferner, dass bei Ausfall des Masters eine automatische Neuwahl des Masters stattfindet.

In einem zweiten Schritt werden von den Slave Access Points Listen mit Bewertungen aller Wireless ePaper-Kanäle erstellt. Den bevorzugten Kanälen (3, 5, 8, 9, 10) wird eine bessere Bewertung als den Kanälen (0, 1, 2, 4, 5, 6, 7) zugeordnet. Zusätzlich werden die verbleibenden Wireless ePaper-Kanäle in Bezug auf den verwendeten WLAN-Kanal bewertet. So werden beispielsweise Wireless ePaper-Kanäle, die näher an dem verwendeten WLAN-Kanal liegen schlechter bewertet als Wireless ePaper-Kanäle, die weiter vom verwendeten WLAN-Kanal entfernt sind.

Die bewerteten Listen von Wireless ePaper-Kanälen werden dann an den Master Access Point gesendet. Der Master Access Point erstellt für sich selbst ebenfalls eine Kanalliste basierend auf den gleichen Kriterien. Aus all diesen Listen errechnet ein Algorithmus im Master Access Point eine optimale Wireless ePaper-Kanalzuordnung.

In einem letzten Schritt verteilt der Master Access Point die berechneten Wireless ePaper-Kanäle an die Slave Access Points und weist sich den selbst berechneten Wireless ePaper-Kanal zu.

Somit ist gewährleistet, dass benachbarte Access Points nicht den gleichen Wireless ePaper-Kanal verwenden. Zusätzlich wird garantiert, dass WLAN-Kanal und Wireless ePaper-Kanal einen möglichst großen Abstand im Frequenzbereich besitzen.

Mit diesem Ansatz kann eine optimale Verteilung der Wireless ePaper-Kanäle bis zu einer Anzahl von elf Access Points garantiert werden. Um noch komplexere Netzwerkszenarien zu optimieren, muss der hier beschriebene automatische Lösungsansatz durch eine manuelle Wireless ePaper-Kanalverteilung dahingehend erweitert werden, dass zusätzlich die räumliche Verteilung der Access Points bzw. weitere mögliche Störquellen bei der Kanalwahl beachtet werden.

Quantifizierung der beschriebenen Lösungsansätze

Der folgende Versuchsaufbau verdeutlicht die beschriebenen Lösungsansätze:

- Ein Access Point sendet ein Update an 294 Wireless ePaper Displays (Typ G1 2.7 BW).
- Die WLAN-Schnittstelle wird mit einer iPerf-Messung vollständig ausgelastet. Das verwendete Transport-Layer-Protokoll ist TCP. Der iPerf-Server läuft auf einem Laptop, der iPerf-Client läuft auf einem anderen Laptop. Der iPerf-Client ist hierbei mit der LAN-Schnittstelle des Access Points verbunden. Der iPerf-Server wird über die WLAN-Schnittstelle verbunden. (iPerf-Client > LAN > Access Point > WLAN > iPerf-Server).
- Im Funkumfeld senden 50 fremde WLANs, die das eigene Netz zusätzlich belasten.
- Die räumliche Distanz zwischen dem Access Point und den Wireless ePaper Displays beträgt 4 m.

Folgende Daten werden erfasst:

- Übertragungsdauer für die Updates des Wireless ePaper Displays
- Fehlerrate auf den Wireless ePaper Displays
- Durchsatzrate auf der WLAN-Schnittstelle

Es wurden jeweils fünf Messreihen durchgeführt. Die Messwerte wurden gemittelt. Die Retry-Rate wurde bewusst auf 0 gesetzt, um Übertragungsfehler zu provozieren. Standardmäßig sind 5 Retries definiert. Die folgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen Szenarien, die getestet wurden und fasst die wichtigsten gemessenen Daten zusammen:

Ohne patentiertes Verfahren

	Übertragung [sec]	Fehlerrate [%] bei 0 Retries	Fehlerrate [%] bei 5 Retries	Durchsatzrate WLAN [MBit/sec]
Display-Update mit WLAN-Datenverkehr	1489	77	< 3	56

Mit patentiertem Verfahren

	Übertragung [sec]	Fehlerrate [%] bei 0 Retries	Fehlerrate [%] bei 5 Retries	Durchsatzrate WLAN [MBit/sec]
Geschütztes Display-Update mit WLAN-Datenverkehr	718	14	0	40

Auswertung der Szenarien

Durch die Benutzung des Schutzmechanismus für die Wireless ePaper-Kommunikation wird die Fehlerrate im hier betrachteten Fall einer vollständigen WLAN-Auslastung um den Faktor 5,5 verbessert. Zudem halbiert sich die Übertragungsdauer, so dass die Displays weniger Energie für die Übertragung benötigen.

Die relativ geringen WLAN-Datenraten sind der Tatsache geschuldet, dass das Frequenzband im Testfall zusätzlich mit 50 aktiven Fremdnetzen belastet ist. An dieser Stelle soll deutlich darauf hingewiesen werden, dass die iPerf-Messung ein synthetischer Test ist, der die Schnittstelle fast vollständig auslastet, um eine höhere Fehlerrate zu provozieren. In realen Szenarien werden solche Netzwerkauslastungen nur sehr selten erreicht. Man kann also davon ausgehen, dass hier der Verlust an Datendurchsatz deutlich geringer ist. Das WLAN-Nutzererlebnis wird durch den minimal geringeren Datendurchsatz nicht negativ beeinflusst. Dieses Messergebnis deckt sich mit den bislang gewonnenen Praxiserfahrungen, in denen keine Beeinträchtigung der WLAN-Übertragung wahrgenommen werden konnte.

Zusammenfassung

Durch die Verwendung der automatischen Schutzmechanismen der LANCOM Access Points der E-Serie zur automatischen Kanalwahl und zur Entzerrung im Zeit- und Frequenzbereich wird der parallele Betrieb von WLAN und Wireless ePaper signifikant optimiert. Während eines Wireless ePaper Display-Updates zeigen die beschriebenen Mechanismen eine erhebliche Verbesserung der Fehlerrate und eine stark verkürzte Übertragungszeit. Die verkürzte Übertragungszeit führt zu einer Verlängerung der Batterielebensdauer der Wireless ePaper Displays.

In komplexen Installationen mit vielen tausend Wireless ePaper Displays führt die Verwendung des Schutzmechanismus somit zu einer deutlichen Senkung der Betriebskosten.

Bei einer getrennten Installation aus WLAN Access Points und separaten Wireless ePaper Access Points stehen demgegenüber nicht nur doppelte Hardware-Kosten sowie doppelte Verkabelungs- und Ausleuchtungskosten zu Buche, sondern es fehlt gänzlich die Möglichkeit des Einsatzes der hier beschriebenen Schutzmechanismen zwischen WLAN und Wireless ePaper.