

# Technischer Bericht

**B 202/2010** | **Powerline Communication (PLC)**  
**Powerline Telecommunication (PLT)**  
Leistungsfähigkeit und Störproblematik einer stark aufstrebenden Technik

Lipfert, Schramm, Wiegel – Netzwerktechnologien / Funkübertragungstechnik

**Bericht**  
**Nr. B 202/2010**

# Powerline Communication (PLC) Powerline Telecommunication (PLT)

Leistungsfähigkeit und Störproblematik einer stark aufstrebenden Technik

## **Inhaltsangabe**

Die Entwicklung der Breitbandnetze hat zum Ziel, dem Nutzer immer höhere Bitraten zur Verfügung stellen zu können. Zudem ist im Bereich der Hausnetzwerke (Home-Networks) der Trend zu beobachten, den privat genutzten PC mehr und mehr als hausinterne Multimedia-Zentrale einzusetzen. Über ein Hausnetzwerk lassen sich die auf dem PC verwalteten Bild-, Musik- und Filmdaten ohne Umweg über einen Datenträger in jedem beliebigen Raum eines Hauses wiedergeben. Um ein Hausnetzwerk einrichten zu können stehen dem Nutzer verschiedene Technologien zur Verfügung. Meistens werden dazu Kabelnetzwerke (LAN) verlegt oder Funknetzwerke (Wireless LAN) aufgebaut. Bei diesen Systemen ist es häufig sehr kompliziert, entlegene Räume zu erreichen.

Die Powerline-Technologie ist dagegen eine kostengünstige und flexible Alternative, wenn Wireless LAN dicke Wände oder mehrere Stockwerke nicht überwinden kann und das Verlegen von Kabeln nicht erwünscht ist. Wie sieht es aber mit einer einheitlichen Standardisierung aus, wie mit Koexistenz und Kompatibilität derzeit verfügbarer Powerline-Techniken? Für den Rundfunk von höchster Bedeutung ist die Frage, ob diese Technik möglicherweise UKW- und DAB-Empfang zu Hause stört und wenn ja, unter welchen Bedingungen und in welcher Weise. Zu all diesen Fragen hat das IRT vielfältige Datendurchsatz- sowie Störmessungen durchgeführt, die in diesem Bericht dargelegt sind.

München, Oktober 2010

## **Urheberrechtsvermerk**

Dieses Dokument und alle Inhalte sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung, Übersetzung, Verteilung, Mikroverfilmung, Übertragung, Darstellen, Veröffentlichung sowie Einspeicherung in und/oder Verarbeitung auf elektronischen Systemen darf nur mit vorheriger schriftlicher Erlaubnis des Instituts für Rundfunktechnik erfolgen. Urheberrecht, Warenzeichen oder andere Hinweise dürfen weder verändert noch entfernt werden.

## Inhaltsverzeichnis

1	Powerline-Technologie .....	1
1.1	Standardisierung .....	1
1.2	Notching .....	2
2	Performance Tests.....	3
2.1	TCP Performance-Test .....	3
2.2	RTP Performance-Test.....	5
2.3	VLC Streaming-Test.....	5
3	Koexistenz/ Kompatibilität.....	7
3.1	Ergebnisse Koexistenzmessungen .....	7
3.2	Ergebnisse Kompatibilitätsmessungen.....	7
4	Messung der Frequenzspektren .....	8
4.1	Sendeleistung auf der Stromleitung .....	8
4.2	Störstrahlung des Belkin PLT-Modems "Powerline Gigabit" F5D4076 S v1.....	10
5	Reale Störungen des UKW- und DAB-Empfangs .....	11
6	Fazit.....	13
7	Anhang-PLT Adapter .....	13
8	Literatur.....	15

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Frequenzspektrum ohne (links) und mit (rechts) Notching [Quelle: <a href="http://www.tomsnetworking.de">http://www.tomsnetworking.de</a> ] ..	3
Abbildung 2: Gemittelter maximaler TCP Durchsatz; Leitungslänge 2,3m .....	3
Abbildung 3: Vergleich gemittelter maximaler TCP Durchsatz - mediastream zu UPA; Leitungslänge 2,3m .....	4
Abbildung 4: Gemittelter maximaler TCP Durchsatz; Leitungslänge 22m .....	4
Abbildung 5: (a) fehlerfreies Videobild; (b) leichte Videobildfehler; (c) mittelstarke Videobildfehler; (d) starke Videobildfehler .....	6
Abbildung 6: Aufbau zur Messung der Frequenzspektren .....	8
Abbildung 7: Grundstörpegel am Messort (sichtbar sind: UKW, DAB) .....	9
Abbildung 8: AcBel UPA bei maximalem Datendurchsatz .....	9
Abbildung 9: Devolo dLAN Homeplug AV bei maximalem Datendurchsatz.....	9
Abbildung 10: Belkin Adapter im Ruhezustand.....	9
Abbildung 11: Belkin Adapter bei Vollast (400 MHz-Ansicht).....	9
Abbildung 12: Belkin Adapter bei Vollast (300 MHz-Ansicht).....	9
Abbildung 13: Aufbau zur Messung der Störstrahlung.....	10
Abbildung 14: Spitzenwerte der horizontal-polarisierten Feldstärke in dB $\mu$ V/m .....	11
Abbildung 15: RMS-Werte (RMS root mean square) der horizontal-polarisierten Feldstärke in dB $\mu$ V/m.....	11
Abbildung 16: Spitzenwerte der vertikal-polarisierten Feldstärke in dB $\mu$ V/m .....	12
Abbildung 17: RMS-Werte (RMS) der vertikal-polarisierten Feldstärke in dB $\mu$ V/m.....	12
Abbildung 18: Aufbau zur Messung realer Störungen des UKW- und DAB-Empfangs .....	13

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durch Notchfilter geschützte Frequenzbänder.....	2
Tabelle 2: Anzahl möglicher paralleler MPEG2-Streams .....	5
Tabelle 3: Videodaten – VLC Streaming-Test.....	5
Tabelle 4: Auftreten von Bitfehlern.....	6
Tabelle 5: Kompatibilität unterschiedlicher Powerline-Standards .....	7
Tabelle 6: Spezifikationen getesteter Powerline-Adapter .....	14

## 1 Powerline-Technologie

Der Wunsch nach höheren Datenraten im Teilnehmerzugangsnetz zum Internet sowie die Entwicklung hin zum „Connected Home“ stellen immer höhere Anforderungen an die Datenübertragung innerhalb des Heimnetzes. Service Provider wollen Triple-Play-Dienste, also Breitbandinternet, Festnetztelefonie und IP-Fernsehen aus einer Hand anbieten.

Der Nutzer möchte Audio- und Videostreams verteilen sowie die Heimautomation bewerkstelligen. Gleichzeitig soll noch eine ausreichende Reserve für das Kopieren und Verschieben von Daten verbleiben. In Europa, Nordamerika sowie im Asien-Pazifik-Raum soll sich der maximale Datendurchsatz im Heimnetz bis 2013 durch Applikationen wie HD-Streaming sowie Filetransfer auf bis zu 200 Mbit/s erhöhen. Die Vielzahl der Dienste stellt dabei enorme Ansprüche an das Heimnetz, auch in Bezug auf die Quality of Service (QoS). Wireless LANs nach dem Standard IEEE 802.11 sind eine mögliche Lösung, es ist aber schwierig damit Betonwände und Decken zu durchdringen. Die zunehmende Nutzungsdichte in Verbindung mit Frequenzknappheit führt außerdem zu erheblichen Problemen bei der Übertragung hoher Bitraten mit garantierter QoS [1]. Für die Anbindung mobiler Endgeräte innerhalb von Räumen werden weiterhin drahtlose Übertragungsverfahren an Bedeutung gewinnen, für die strukturierte Verteilung der Daten innerhalb des gesamten Gebäudes allerdings wird wie bisher auf leitungsgebundene Techniken zurückgegriffen werden (Ethernet, Glass/Plastic Optical Fiber).

Große Geschwindigkeitszuwächse in der Datenübertragung und die vergleichsweise hohe Reichweite machen die Powerline-Technolo-

gie inzwischen Triple-Play-tauglich und damit zu einer echten Alternative zu Wireless-LAN.

Powerline, auch PLC (PowerLine Communication) oder PLT (PowerLine Telecommunication) genannt, nutzt für die Übertragung der Datenpakete die vorhandenen Stromleitungen im Haus. Um beispielsweise eine Powerline-Verbindung vom Keller bis unters Dach einzurichten, genügen bereits zwei handliche Adapter.

### 1.1 Standardisierung

Mangelnde Kompatibilität und das Fehlen eines gemeinsamen Standards haben die Entwicklung der Powerline-Technologie für Heimnetzwerke stark gebremst. Viele Hersteller von Unterhaltungselektronik würden ihre Produkte mit Powerline-Netzwerkfähigkeit ausstatten, warten aber mit Implementierungen noch auf die Einigung der Chiphersteller auf einen einheitlichen Standard. Das Warten hat berechtigte Gründe, denn die vier zurzeit angebotenen Powerline-Techniken sind weitestgehend miteinander unverträglich.

Gleichzeitiger Betrieb von UPA (Universal Powerline Association), auch unter der Herstellerbezeichnung DS2 bekannt, sowie Homeplug AV und HD PLC auf der gleichen Strom-Phase, was in Wohnhäusern jederzeit passieren kann, macht eine Datenübertragung faktisch unmöglich. Hinzu kommt nun als neuestes Produkt der nach der ITU-Empfehlung G.9960 entwickelte „mediastream“-Chipset des Herstellers Giga-Byte. Es gilt anzumerken, dass die Markteinführung von HD PLC (Panasonic) bis jetzt nur in Japan erfolgte, somit hat diese Powerline-Technik in Europa und speziell in Deutschland keine nennenswerte Relevanz.

Erschwerend kommt hinzu, dass drei verschiedene Datenraten-Varianten der Homeplug-Technik (14, 85 und 200 Mbit/s) existieren.

Zwei von ihnen können nur auf dem kleinsten gemeinsamen Nenner miteinander kommunizieren, die dritte kann mit den anderen beiden nur koexistieren, nicht aber Daten austauschen.

Jeder Powerline-Hersteller versuchte seine Technik durch aggressive Preispolitik auf dem Markt zu etablieren, um größere Marktanteile zu erzielen. Auf die Interoperabilität und den detailkundigen Kunden wurde dabei keine Rücksicht genommen. Alle hielten den Standard IEEE P1901 für eine mögliche Lösung des Problems. IEEE-Standards werden gewöhnlich gut ausgearbeitet und erfolgreich implementiert.

Doch drei Interessensgruppen stellten P1901 vor ein gravierendes Problem: zwei inkompatible Modulationsverfahren wie die von Homeplug AV und DS2 genutzte Fast Fourier Transformation und dem von Panasonic verwendeten Wavelet OFDM sollten zusammengeführt werden. Diese Art eines Doppelstandards der physikalischen Schicht (PHY) würde auch Probleme für die Gerätehersteller und Halbleiterfirmen verursachen. Das Gremium P1910 scheiterte nach mehreren Anläufen und Abstimmungen, da es sich nicht auf eine physikalische Schicht einigen konnte. Aus diesem Grunde hat ein ganzes Firmenkonsortium, darunter auch Branchengrößen wie Infineon, Panasonic und Texas Instruments, die Internationale Telekommunikations-Union (ITU) mit der Entwicklung eines neuen Datenübertragungs-Standards beauftragt.

Darüber hinaus wurde mit dem HomeGrid Forum ein alternativer Interessenverband zu Homeplug Powerline Alliance geschaffen. Das HomeGrid Forum will der ITU Spezifikationen für Chips vorlegen, welche die Datenübertragung auf der physikalischen und Media-Access-Ebene steuern. Die ITU-Empfehlung G.9960, rangie-