

CLDPS – Verbindungslose Datenübertragung über DECT

Dr. Andreas Müller, Höft & Wessel AG



Abstract – CLDPS (Connectionless DECT Packet Service) ist ein neues Verfahren zur paketorientierten Datenübertragung im DECT-System. CLDPS erzielt höheren Datendurchsatz als konventionelle DECT-Datenübertragung und ist geeignet für Mehrzellen-Funknetze mit vielen Teilnehmern. Der Artikel beschreibt die Architektur und Funktionalität des Systems.

DECT – Stand der Technik

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) ist die führende Technologie für schnurlose digitale Telefonie. *DECT besitzt eine Reihe technischer Vorteile:*

- Das EU-weit harmonisierte Frequenzband 1,88 – 1,90 GHz steht exklusiv für DECT zur Verfügung und ist deshalb frei von Störungen.
- Die bei DECT eingesetzte GFSK Modulation erlaubt einen hohen Sender-Wirkungsgrad. Der Strombedarf ist also geringer als bei WLAN.
- DECT-Komponenten sind aufgrund der großen Stückzahlen im Telefonmarkt hochintegriert und damit kostengünstig.
- Der DECT-Standard beinhaltet leistungsfähige Verschlüsselungsstrategien und gilt als abhörsicher.

Trotz dieser Vorteile und der starken Verbreitung im Telefoniebereich, hat sich DECT als Technologie für drahtlose Datenübertragung bislang nicht durchsetzen können. Woran liegt das? *DECT wird bisher in einer für Datenübertragung unvorteilhaften Form genutzt.* Diese These wird im folgenden eingehender untersucht.

Telefonie und Datenübertragung

Telefonie ist verbindungsorientiert. Eine Verbindung ist ein Punkt-zu-Punkt Link zwischen zwei Teilnehmern. Es gibt üblicherweise eine Verbindungsaufbauphase. Solange die Verbindung besteht, verfügen die Teilnehmer dauernd über die dazugehörigen Systemressourcen.

Daten sind von Natur aus paketorientiert. Das ergibt sich schon aus der Tatsache, dass Daten immer in irgendeiner Form strukturiert sein müssen.

Historisch erfolgte auch die Datenübertragung ausschließlich über verbindungsorientierte Leitungen (das Prinzip des Modems). Im Zuge der fortschreitenden Vernetzung von Rechnern und der wachsenden Bedeutung des Internets zeigten sich aber zwei *gravierende Nachteile der verbindungsorientierten Datenübertragung:*

- Datenübertragung vollzieht sich sehr burstartig. Entweder muss man die Datenverbindung so großzügig mit Kanalkapazität ausstatten, dass sie die Bursts verarbeiten kann – sie wird dann allerdings die meiste Zeit nicht effizient genutzt – oder man gleicht die Bursts durch Pufferung aus, erkaufte dies aber mit Verzögerungen bei der Übertragung.
- Datenübertragung geschieht häufig zwischen mehr als zwei Teilnehmern.

Speziell im Bereich der Netzwerktechnik haben sich daher in den letzten Jahren weitgehend paketorientierte Übertragungssysteme durchgesetzt. Hierbei wird Kanalkapazität auf Paketbasis zugeteilt. Wenn ein Teilnehmer gerade kein Paket überträgt, blockiert er auch keine Kanalkapazität. Sie steht dann anderen Netzteilnehmern zur Verfügung.

Verbindungsorientiertes DECT

DECT ist verbindungsorientiert. Das ist bei Sprachtelefonie optimal, für Datenübertragung aber nur in bestimmten Anwendungen. Die verbindungsorientierte Betriebsart verursacht nämlich folgende Einschränkungen:

- Die Zahl der gleichzeitig aktiven Netzteilnehmer ist durch die Zahl der Zeitschlitz im DECT-Zeitmultiplex auf maximal 12 beschränkt. Da in der Praxis überwiegend kostengünstige „Blind Slot“ HF-Frontends zum Einsatz kommen, die bauartbedingt nur jeden zweiten Zeitschlitz bedienen, reduziert sich die Zahl sogar auf 6 Teilnehmer.
- Die Datenrate pro Zeitschlitz ist mit 32 kbit/s recht gering. Es lassen sich zwar durch Bündelung mehrerer Zeitschlitz höhere Datenraten realisieren, aber nur zu Lasten der Zahl an gleichzeitigen Verbindungen.
- Auch dann, wenn ein Endpunkt gerade keine Daten zu verschicken hat, muß er eine bestehende Verbindung weiter bedienen, d.h. Dummy-Daten versenden. Das kostet wertvolle Kanalkapazität und Energie zum Erzeugen des Sendesignals.

Und deswegen belegt DECT trotz anderer technischer Vorteile im Datenfunk bislang nur eine Außenseiterrolle.

DPRS – im Ansatz falsch

Ein wenig erstaunlich ist es schon, dass das Thema „paketorientiertes DECT“ bislang nicht ernsthaft adressiert wurde. Schließlich unternahm die ETSI vor ein paar Jahren verstärkt Aktivitäten, um DECT für Datenanwendungen attraktiver zu gestalten. Dabei entstand DPRS.

Das Acronym DPRS steht für DECT Packet Radio Service. Das Verfahren ist auch unter der Bezeichnung DMAP bekannt. Der Name verheißt zwar paketorientierte Übertragung, aber *DPRS ist in der Tat verbindungsorientiert* mit den damit einher gehenden Problemen.

DPRS versucht das Problem der Daten-Bursts durch eine dynamische, bedarfsgerechte Anpassung der Verbindungskapazität zu lösen. Das ist bereits im Ansatz falsch, denn es entstehen auch bei DPRS wegen der Verbindungsorientiertheit wesentliche Probleme:

- Die Anzahl der gleichzeitigen Verbindungen und damit die Anzahl der aktiven Endpunkte bleibt genauso beschränkt wie zuvor.
- DPRS benötigt ein aufwendiges Ressourcenmanagement. Um die Kapazität einer Verbindung zu ändern, ist ein Handshake zwischen den Endpunkten nötig. Das dauert im 100 ms – Bereich und ist leider viel zu langsam für schnelle Datenbursts.
- Das Ressourcenmanagement basiert auf Zeitschlitz. Es kann mit den kostengünstigen Bind Slot HF-Frontends nicht zufriedenstellend arbeiten, weil dann das Reservoir an Zeitschlitz zu beschränkt für ein wirksames Ressourcenmanagement ist.

So stehen den hohen Kosten eines DPRS-Systems im allgemeinen nur sehr beschränkt Vorteile gegenüber, weshalb sich DPRS im Markt auch nicht wirklich entwickelt hat.

CLDPS – Paketorientiertes DECT

Der DECT-Standard umfasst neben dem verbindungsorientierten Modus bereits eine verbindungslose, paketorientierte Betriebsart. Allerdings wurde der Paketmodus bislang in der Praxis nicht genutzt. Warum ist das so?

1. Die Anbieter von DECT-Technologie kommen überwiegend aus dem Anwendungsfeld Sprachtelefonie und benötigen dafür den verbindungslosen Modus nicht.
2. Datenprodukte auf DECT-Basis wurden erst entwickelt, als DECT für Sprache schon sehr verbreitet war. Man orientierte sich daher stark an der vorhandenen Lösung.

3. Der verbindungslose Modus wird auch schon im Standard etwas stiefmütterlich behandelt. So ist zwar die unterste Schicht der Paketübertragung standardisiert, weiter geht der Standard aber nicht.

Dabei ist ein paketorientiertes DECT-System ideal für Datenfunk in vielfältigen Anwendungen. Es profitiert von allen Vorteilen des DECT-Standards – hohe Reichweite, geringe Leistungsaufnahme, sichere Verschlüsselung usw. – beseitigt aber die Nachteile.

Deshalb hat Höft & Wessel CLDPS entwickelt, Connectionless DECT Packet Service.

CLDPS verwendet den verbindungslosen Modus des DECT-Standards und definiert darauf aufbauend Verfahren zum Kanalzugriff (cIMAC – connectionless medium access) und zur Datensicherung (cIDL – connectionless data link). Bei CLDPS handelt sich also um eine *Erweiterung des DECT-Standards* für paketorientierte Datenübertragung.

Designkriterien

- CLDPS ist eine Erweiterung von DECT und mit DECT kompatibel.
- CLDPS ist paketorientiert. Es unterstützt Unicast und Multicast Pakete.
- CLDPS liefert gute Performance mit kostengünstigen Blind Slot HF-Frontends.
- Mehr als 200 Netzknoten pro Funkzelle sind vom System her möglich.
- CLDPS erlaubt ein sehr einfaches Interworking zu Ethernet und ist damit optimal in heutige Netzwerke integrierbar.

Architektur

Die Architektur eines CLDPS-Systems entspricht der üblichen DECT-Architektur. Das System setzt sich aus einer oder mehrerer Funkzellen zusammen. Jede Funkzelle wird von einer Basisstation (Fixed Termination, FT) versorgt, in deren Reichweite sich eine Anzahl Mobilteile (Portable Termination, PT) befindet.

Innerhalb der Funkzelle vollzieht sich die Kommunikation immer zwischen PT und FT. Diese sehr einfache Architektur ist ein Punkt-zu-Multipunkt Netzwerk, im Unterschied zu einer vollständigen Vernetzung.

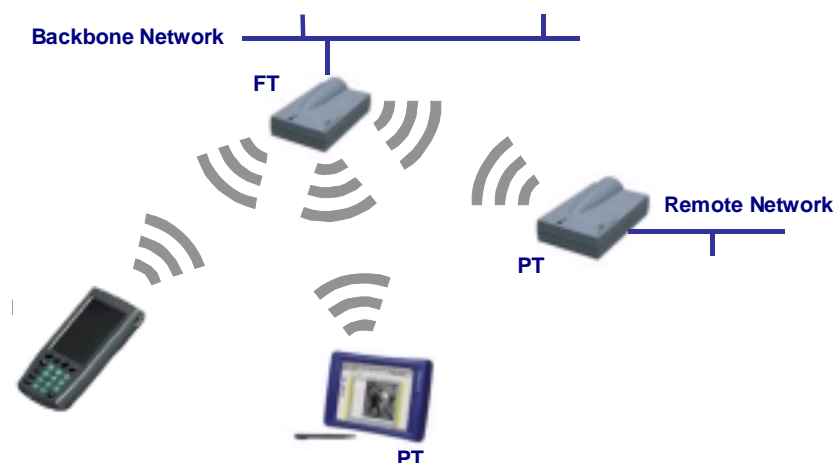


Abb. 1: CLDPS-Funkzelle, Punkt-zu-Multipunkt Netzwerk

CLDPS spezifiziert nur die Funktionen *innerhalb* einer Funkzelle. Dazu gehört neben dem Pakettransfer über die Funkschnittstelle auch das Management der Netzknoten. Es umfasst z.B. das dynamische Ein- und Ausbuchen von PTs, deren Autorisierung und einen Sleep Mode, wobei ein PT in einem Zustand sehr geringer Energieaufnahme trotzdem in der Funkzelle eingebucht und erreichbar bleibt.

Wenn das System aus mehreren Funkzellen besteht, so sind diese mittels eines Backbone-Netzwerks untereinander vernetzt. CLDPS trifft genauso wenig wie DECT eine Festlegung des Backbone-Netzwerks. Typischerweise wird man aber bei CLDPS-Systemen auf eine Ethernet-Vernetzung treffen.

Die Struktur der übertragenen Pakete ist für CLDPS unbedeutend. So kann sich auf der PT Seite nicht nur ein einzelnes Endgerät, sondern ein ganzes Netzwerksegment befinden.

Multiplex

Betrachten wir zunächst das Multiplex bei verbindungsorientiertem DECT. Ein 10 ms langer Rahmen ist in 24 Zeitschlitz (Full Slots) unterteilt. Eine Verbindung belegt in jedem Rahmen zwei fest positionierte Slots im Abstand von 5 ms.

Darüber hinaus gibt es 10 Frequenzkanäle. Im Multiplex gibt es also insgesamt 240 Zeit-Frequenz-Zellen. Über die Summe der Verbindungen ergibt sich eine stationäre Belegung. In aufeinanderfolgenden Rahmen sind – abgesehen von vereinzelt Änderungen aufgrund des Auf- und Abbaus von Verbindungen – dieselben Zeit-Frequenz-Zellen belegt. Die Stationarität ist Voraussetzung für einen störungsfreien Betrieb mehrerer DECT-Systeme an einem Ort. Jedes System bestimmt durch regelmäßiges Abscannen aller Zeit-Frequenz-Zellen die Belegung und berücksichtigt diese Information bei der Allokation neuer Verbindungen.

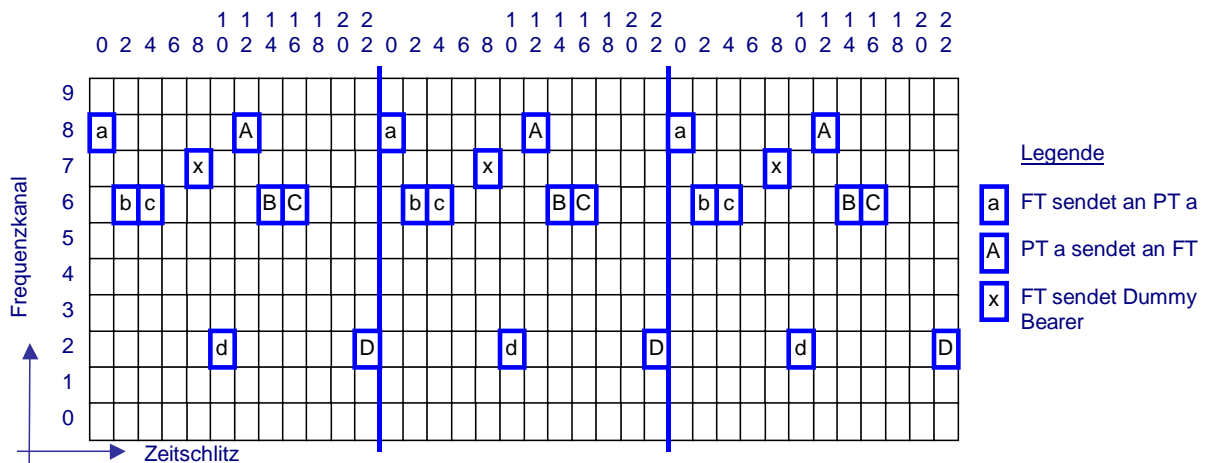


Abb. 2: Zeit-Frequenz-Belegung bei DECT (Beispiel)

Die CLDPS Multiplex-Struktur ist mit der von DECT kompatibel. Auch bei CLDPS müssen deshalb Zeit-Frequenz-Zellen stationär belegt werden. Allerdings gibt es einen zusätzlichen Freiheitsgrad:

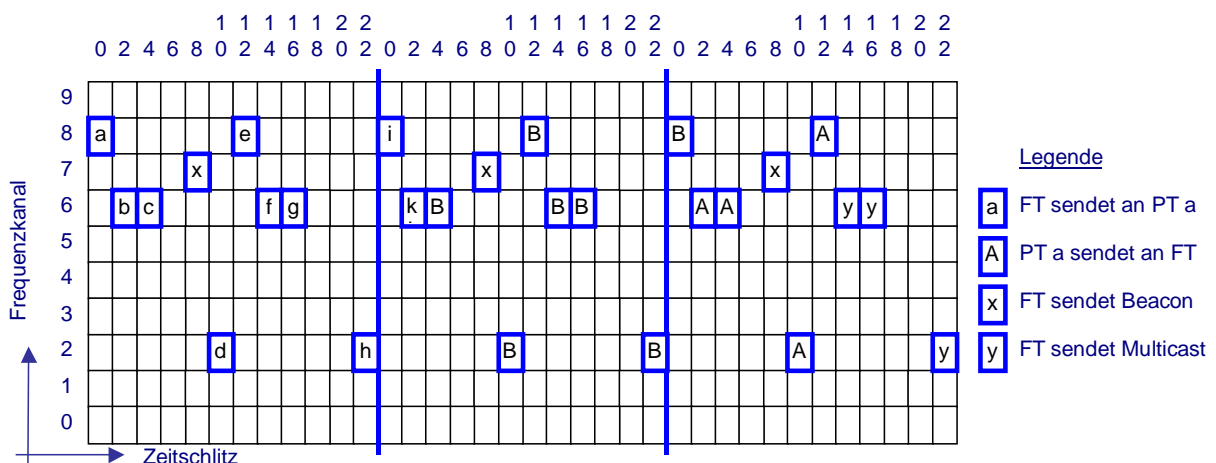


Abb. 3: Zeit-Frequenz-Belegung bei CLDPS (Beispiel)

Die bei verbindungsorientiertem DECT herrschende Regel „Wenn eine Zelle im Rahmen n vom Sender A belegt ist, so ist sie in der Regel auch im Rahmen $n+1$ vom Sender A belegt“ wird bei CLDPS ersetzt durch die allgemeinere Regel „Wenn eine Zelle im Rahmen n von irgend einem zum System gehörenden Sender belegt ist, so ist sie in der Regel auch im Rahmen $n+1$ von irgend einem zum System gehörenden Sender belegt“.

Diese Verallgemeinerung bringt drei Vorteile, wie unmittelbar aus Abb. 3 ersichtlich.

- Die Zahl der gleichzeitig aktiven PTs ist nicht länger durch die Zahl der Zeitschlitzte im Multiplex-Rahmen beschränkt.
- Bei Bedarf kann ein PT zeitweilig eine hohe Anzahl Slots, d.h. eine entsprechend hohe Datenrate, zugeteilt bekommen.
- CLDPS unterstützt auch die Übertragung von Multicast bzw. Broadcast Paketen durch das FT.

Für ein nicht zum CLDPS-System gehörendes DECT-PT sieht die Zeit-Frequenz-Belegung von CLDPS genauso aus wie die eines normalen DECT-Systems. Dadurch ist die störungsfreie Interoperabilität gewährleistet.

Arbitrierung – Management des Multiplexes

Die Organisation des Kanalzugriffs ist Hauptaufgabe der cIMAC Protokollschicht. Pro DECT-Rahmen wird unter Berücksichtigung des aktuellen Bedarfs festgelegt, welcher CLDPS-Netzteilnehmer in welchen Slots senden darf.

Ein CSMA-Verfahren, wie es z.B. bei Systemen nach IEEE 802.11b eingesetzt wird, kommt für DECT nicht in Frage. Das liegt an den vergleichsweise langsamen Umschaltzeiten zwischen Empfangen und Senden. Bei CSMA hört der Sender in den Kanal und prüft so die Belegung, bevor er zu senden beginnt. Während der technisch bedingten Umschaltzeit kriegt er nicht mit, wenn ein anderer Sender den Kanal belegt.

Bei CLDPS wird das Multiplex arbitriert. Das FT als Master legt fest, welcher Sender welchen Slot belegt. *Arbitrierung ist bereits im Grundsatz ein kollisionsfreies Verfahren*, d.h. die Kanalkapazität kann nahezu vollständig genutzt und belegt werden. Dabei verringert die Arbitrierung erheblich die Anforderungen an die Empfangs-Sende-Umschaltzeit.

Die Arbitrierung besteht aus drei Teilaufgaben.

- Das FT benötigt Kenntnis darüber, welche PTs aktuell Daten zu versenden haben. Hierzu dient der nachfolgend beschriebene Multicast-PT Kanal
- Aus der Summe der vorliegenden Anforderungen muss das FT in seinem Arbitrier-Algorithmus eine effiziente und faire Verteilung der Multiplexkapazität vornehmen.
- Das Ergebnis der Arbitrierung muss an die PTs übermittelt werden. Dies geschieht über einen Beacon, eine Erweiterung des DECT Dummy-Bearers.

Multicast-PT Kanal

Um das Multiplex zu arbitrieren, braucht das FT Kenntnis darüber, welche PTs Sendekapazität benötigen. Wenn ein PT bereits arbitriert wird – d.h. einen oder mehrere Slots im Multiplex zum Senden zugewiesen bekommt – teilt es dem FT im Hintergrund die Anzahl der weiteren zur Sendung anstehenden Pakete mit. Das FT verwendet diese Information für die Arbitrierung der nachfolgenden Rahmen.

Um diesen Kreislauf zu starten, muss das PT die Möglichkeit haben, ohne Arbitrierung dem FT *erstmalig bzw. nach einer Sendepause* die Sendeeabsicht mitzuteilen.

Der Multicast-PT (MPT) Kanal bietet PTs die Möglichkeit spontan, d.h. ohne Arbitrierung durch das FT, zu senden. Er wird auch für die Einbuchung von PTs in eine Funkzelle verwendet.

Das FT legt ein Slotpaar fest, das für den MPT Kanal verwendet wird. Auf diesem Slotpaar hört das FT in den Funkkanal hinein. Dabei folgt der in der zweiten Rahmehälfte liegende MPT Slot der DECT Primary Scan Sequenz. Der MPT Slot in der ersten Rahmehälfte eilt der Primary Scan Sequenz um 5 Frequenzkanäle voraus.

Die PTs in der Funkzelle greifen konkurrierend auf den MPT Kanal zu. Hierbei kommt das nachfolgend beschriebene CSMA-CA Verfahren zum Einsatz.

PTs hören zunächst in beiden MPT-Slots auf einer Frequenzfolge, die dem FT um 3 Kanäle voreilt. Wenn ein PT auf den MPT-Kanal zugreifen will, wählt es zufällig eines aus 24 definierten Codewörtern aus. Eine Kollision mit einem weiteren PT, das gleichzeitig auf den MPT zugreifen möchte, tritt nur dann auf, wenn es sich für dasselbe Codewort entscheidet. Sobald das PT beim Hören einen freien MPT-Slot vorfindet (Zeitpunkt: K-6), behält es die Frequenz bei und verwendet diese im folgenden auch auf dem zweiten, gegenüberliegenden MPT-Slot. Das PT benutzt jetzt beide Slots zusammen als MPT-Kanal.

In den MPT-Slots K-5 bis einschließlich K-1 verhält sich das PT entsprechend dem zufällig ausgewählten Codewort. Entweder sendet es in dem Slot (Bit des Codeworts: 1) oder es hört in den Slot hinein (Bit des Codeworts: 0). Findet es beim Hören ein Signal vor, so würfelt es ein neues Codewort und beginnt von vorne. Im MPT-Slot K sendet das PT.

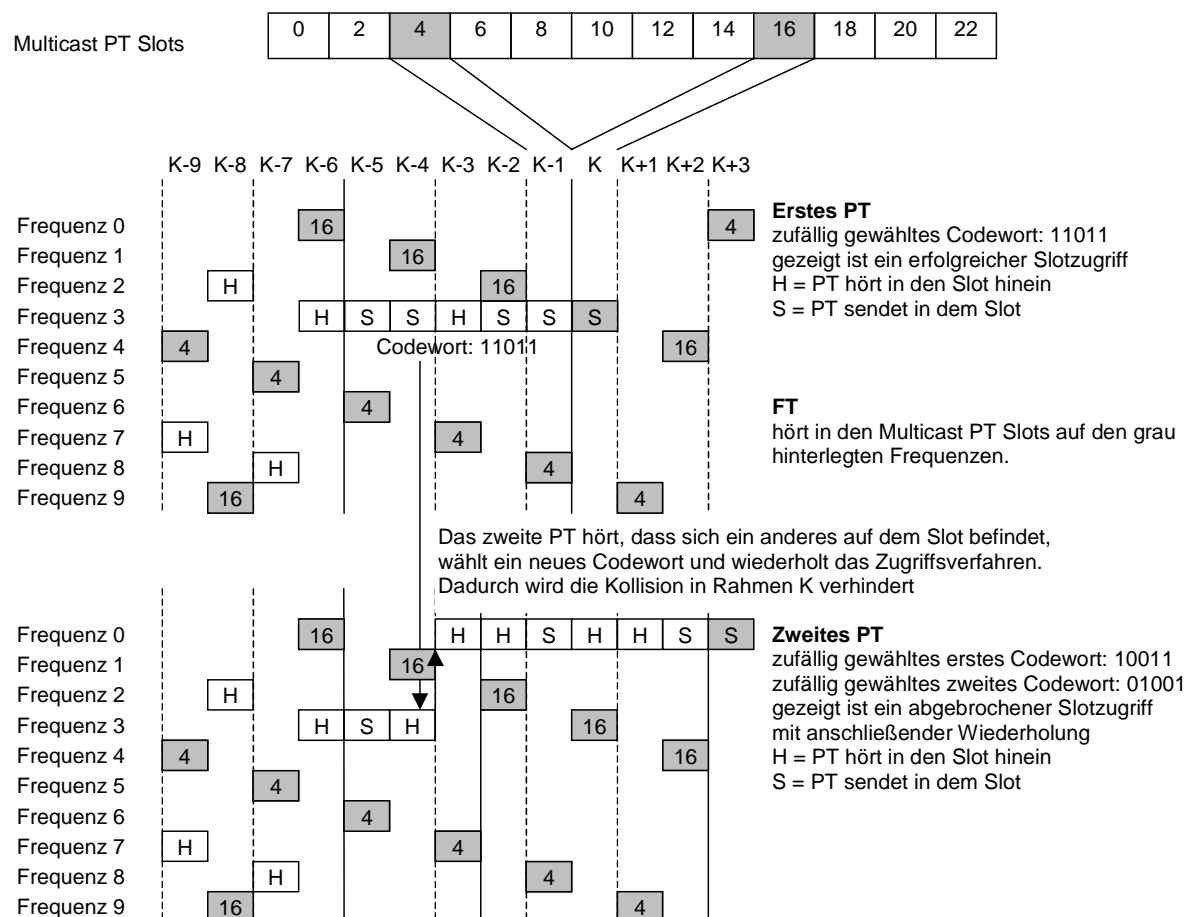


Abb. 4: Funktionsweise des CSMA-CA Verfahrens im Multicast-PT Kanal

Arbitrier-Algorithmus

CLDPS legt die Arbitrierstrategie nicht fest. Hersteller können eigene Optimierungsstrategien verfolgen. Ein einfacher Ansatz ist, die Anfragen in der Reihenfolge ihres Eintreffens zu bearbeiten.

Beacon

Der Beacon übernimmt bei CLDPS die Rolle des Dummy-Bearers von DECT und ist mit diesem kompatibel. Der Beacon ermöglicht PTs, sich auf ein FT zu synchronisieren. Über den Beacon teilt das FT den eingebuchten PTs die Arbitrierung für den kommenden Rahmen mit.

Auch ein normales DECT PT kann sich über den Beacon auf ein FT synchronisieren. Auch hier ist CLDPS also kompatibel mit verbindungsorientiertem DECT.

Slotformate

Verbindungsorientiertes DECT definiert das sogenannte Full Slot Format. Der Multiplex-Rahmen ist in 24 Full Slots unterteilt, die jeweils einen 370µs langen Sendeburst und 47µs Guard Time bis zum nächsten Slot enthalten. Diese kurze Guard Time erfordert teure Oszillatoren, die genügend schnell die Frequenz umschalten können.

Der DECT-Standard definiert deshalb das sog. Blind Slot Radio, das nur jeden zweiten Slot unterstützt. Die Guard Time verlängert sich dadurch auf etwa 463µs.

CLDPS ist auf den Einsatz mit kostengünstigen Blind Slot Radios optimiert. Allerdings benötigt ein typisches Blind Slot Radio in der Praxis nur eine Guard Time von etwa 150µs. Im normalen Full Slot (blind slot) Format wird also viel zu viel der kostbaren Kanalkapazität nutzlos als Guard Time verwendet.

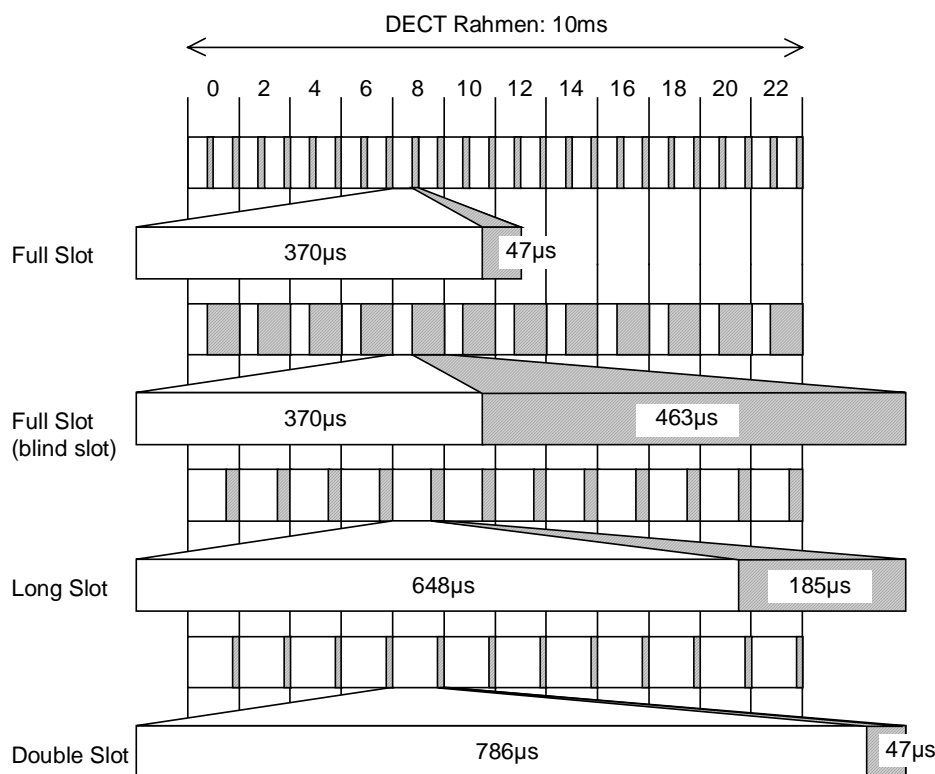


Abb. 5 Slotformate bei DECT und CLDPS

Deswegen definiert CLDPS zusätzlich das sogenannte Long Slot Datenformat. Der Long slot ist deutlich länger als ein Full Slot, aber etwas kürzer als ein üblicher DECT Double Slot. Er bietet mit 185µs Guard Time gute Voraussetzungen für den Einsatz kostengünstiger Radios und hat dabei die *doppelte Nutzkapazität* des Full Slots.

CLDPS unterstützt Full Slot (blind slot) und optional Long und Double Slots. Die Formate können auch gemischt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

CLDPS bietet eine Reihe wichtiger technischer Vorteile:

- Es arbeitet verbindungslos, d.h. paketorientiert. Die Anzahl der gleichzeitig aktiven PTs in der Funkzelle ist nicht mehr durch das Zeitmultiplex beschränkt. Mehr als 200 aktive PTs in einer Funkzelle sind bei CLDPS praktisch möglich.
- Es arbeitet arbitriert und somit kollisionsfrei. Anders als bei IEEE 802.11b-Systemen kann die physikalische Kanalkapazität deshalb vollständig ausgenutzt werden.
- Dank des neuen Long Slot Formats erreichen CLDPS-Systeme trotz kostengünstigem Blind Slot Radio eine Übertragungskapazität von ca. 500 kbit/s.
- CLDPS ist an der Luftschnittstelle interoperabel mit dem herkömmlichen, verbindungsorientierten DECT. Hybridsysteme sind möglich.

Zusammen mit den bekannten Vorteilen von DECT – kostengünstige Technologie, optimale Unterstützung von Sprachübertragung, gute Reichweite dank des in vielen Ländern reservierten Frequenzbandes, hervorragende Sicherheit – entsteht in CLDPS ein System, das besonders für die drahtlose Vernetzung von Embedded Systemen optimal geeignet ist.

CLDPS ist eine Erfindung von Höft & Wessel. Die dort erhältlichen DataUnwired Produkte unterstützen bereits heute CLDPS. Höft & Wessel möchte CLDPS der Industrie allgemein zugänglich machen und wird das System der internationalen Standardisierung zuführen.

Informationen zum Autor

Dr.-Ing. Andreas Müller studierte Elektrotechnik an der Universität Karlsruhe. Von 1989 bis 1994 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter bei Daimler-Benz für digitalen Rundfunk verantwortlich und arbeitete aktiv in der ETSI-Standardisierung von DAB und Hiperlan. Anschließend war er als Geschäftsführer eines Consulting-Unternehmens mit der Leitung von IT-Projekten betraut, überwiegend im Bereich GSM und DECT.

Seit 1996 arbeitet Dr. Müller bei Höft & Wessel, seit 2000 ist er Leiter des neu geschaffenen Geschäftsbereichs Kommunikationssysteme. Unter seiner Leitung wurde die DataUnwired Produktlinie und die neue CLDPS-Technologie entwickelt. Er ist Autor zahlreicher internationaler Publikationen und hält mehrere Patente.

Anfragen zum vorstehenden Artikel bitte per Email an am@hoeft-wessel.de senden.