

# Häufig gestellte Fragen

Version 1.00

NA-07-0108-0408-1.00



## Document Information

Document Title:	Häufig gestellte Fragen
Document Version:	1.00
Published (yyyy-mm-dd):	2007-03-07
Current Printing:	2007-3-7, 3:42 pm
Document ID:	NA-07-0108-0408-1.00
Document Status:	Preliminary

### Disclaimer

Nanotron Technologies GmbH believes the information contained herein is correct and accurate at the time of release. Nanotron Technologies GmbH reserves the right to make changes without further notice to the product to improve reliability, function or design. Nanotron Technologies GmbH does not assume any liability or responsibility arising out of this product, as well as any application or circuits described herein, neither does it convey any license under its patent rights.

As far as possible, significant changes to product specifications and functionality will be provided in product specific Errata sheets, or in new versions of this document. Customers are encouraged to check the Nanotron website for the most recent updates on products.

### Trademarks

nanoNET<sup>®</sup> is a registered trademark of Nanotron Technologies GmbH. All other trademarks, registered trademarks, and product names are the sole property of their respective owners.

This document and the information contained herein is the subject of copyright and intellectual property rights under international convention. All rights reserved. No part of this document may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical or optical, in whole or in part, without the prior written permission of Nanotron Technologies GmbH.

Copyright © 2007 *Nanotron Technologies GmbH*.

## Table of Contents

1	Was sind Chirpsignale und welche Vorteile weisen sie auf? . . . . .	1
2	Warum haben die Nanotron Systeme bei relativ kleiner Sendeleistung eine so hohe Reichweite? . . . . .	2
3	Sie werben mit der hohen Robustheit Ihrer Systeme, mit dem "drahtlosen Draht". Wieso sollte die Störunanfälligkeit in Ihren Systemen besser als bei anderen Verfahren sein? . . . . .	3
4	Chirpsignale sollen eine vergleichsweise extrem geringe menschliche Strahlenbelastung aufweisen. Wie kann man das nachvollziehen? . . . . .	5
5	Sie verwenden in Ihrem neuen Chip nanoLOC Chirpsignale zur Entfernungsmessung. Welche Vorteile bieten sie? Wie hoch ist aktuell die Genauigkeit der Entfernungsmessung zwischen Knoten? . . . . .	6
6	Sie haben das Mehrfach-Zugriffs-System "MDMA" entwickelt. Was bedeutet das und welches sind seine Vorzüge? . . . . .	7
7	Wie verhalten sich diese Systeme, wenn Sender und Empfänger - sehr eng beieinander stehen, sagen wir 30 cm von einander entfernt sind; das führt bei heutigen Systemen zu Ausfällen, besonders wenn andere Empfänger sehr weit entfernt (>100m) sind? . . . . .	8
8	Wie verhalten sich Chirpsignalsysteme bei Reflektionen? . . . . .	9
9	Nanotron hat im Herbst 2006 den nanoLOC Chip auf den Markt gebracht, wodurch unterscheidet sich nanoLOC von nanoNET? . . . . .	10
10	Es heißt, dass Sie im Vergleich zu anderen Systemen die Übertragungs kanalparameter (das sind Bandbreite, Sendeleistung und die Zeit) optimal nutzen können. Wie kann man eine solch anspruchsvolle Behauptung verstehen? . . . . .	12
11	Kann man das Systemkonzept von Nanotron auch auf andere Frequenzbänder übertragen, z. B. auf 868 M Hz? . . . . .	13
12	Wie sehen Sie die Weiterentwicklung der Technologie in den nächsten 3-10 Jahren hinsichtlich Reichweite, Übertragungsr ate, Empfindlichkeit Empfänger, Immunität gegen zunehmenden Funkverkehr im 2,4 GHz Bereich, Genauigkeit der Entfernungsmessung zwischen Knoten und Kosten je Knoten? . . . . .	14
13	Was passiert, wenn mehrere unabhängige CSS Systeme (z.B. unterschiedlicher Hersteller) mit ggf. unterschiedlichen Übertragungsraten im gleichen Funkraum betrieben werden? . . . . .	15
14	Koexistenz mit DSM Technologie von Spektrum? . . . . .	16
15	Anwendungen, die mit den Nanotron Technologien ermöglicht werden? . . . . .	17

Intentionally Left Blank

## 1 Was sind Chirpsignale und welche Vorteile weisen sie auf?

Chirpsignale sind winkelmodulierte<sup>1</sup> Wobbelsignale, die das genutzte Band der Bandbreite  $B$  [Hz] von einer Frequenzgrenze zur anderen Grenze mit einer sich ändernden Sinusschwingung konstanter Amplitude innerhalb einer bestimmten Zeit  $T$  [s] linear oder nichtlinear durchfahren. Wird diese Frequenzfolge von der untersten zur obersten Frequenz durchquert, spricht man von einem Aufwärtsschirp (Up Chirp), bei umgekehrter Richtung von einem Abwärtsschirp (Down Chirp).

Chirpsignale bieten eine erstaunlich eindrucksvolle Anzahl von systemtheoretischen Vorteilen, die für die Nachrichtentechnik von grundsätzlicher Natur sind und sich physikalisch als ideal erweisen:

- 1 Sie haben zur Nutzung der Kanalkapazität ein fast ideales rechteckiges Spektrum und weisen die optimal kleinste spektrale Leistungsdichte aller üblichen Sendesignale auf,
- 2 sie sind bezüglich des Systemgewinns programmierbar und damit zur Erzielung unterschiedlicher Reichweiten und zur Unterdrückung von Störern adaptiv einstellbar,
- 3 sie erlauben es, alle drei Haupt - Modulationsarten der Übertragungsfunktion gleichzeitig gezielt zur Erreichung bestimmter physikalisch vorteilhafter Eigenschaften einzusetzen:
  - Frequenzmodulation, um eine störteste Übertragung durch ein großes BT Produkt<sup>2</sup> zu gewährleisten und ein ideales Frequenzspektrum zu erreichen,
  - Amplitudenmodulation, die durch Transformation aus dem Chirpsignal entsteht und die wiederum das ideale Spektrum und eine zeitlich ideal kurze Hüllkurve, die  $\sin x / x$  - Funktion aufweist, und damit die Zeitachse optimal nutzen kann,
  - Phasenmodulation<sup>3</sup>, um die einzelnen Bits zur Nachrichtenübertragung in BPSK, Quadratur- oder einer höherwertigen Mehrphasenmodulation zu übertragen, oder auch durch Kombination unterschiedlicher Chirparten die Nachrichten zu übermitteln,
- 4 sie erlauben eine hoch auflösende Zeitmessung und sind dadurch zur Entfernungsmessung ideal geeignet,
- 5 sie erlauben es Systeme aufzubauen, die eine sehr kurze Reaktionszeit (Latency<sup>4</sup>) aufweisen,
- 6 sie sind superpositionsfähig und erlauben Datenrate und Bitenergie adaptiv zu variieren, und darüber hinaus können Mehrfachchirps und Multichirps oder deren Kombinationen generiert werden, um weitere Vorteile systemtechnischer Art zu erzeugen,
- 7 sie können weitgehend analog prozessiert werden und erlauben es auf diese Weise stromarme Schaltungen aufzubauen,
- 8 Chirp Spread Spektrum (CSS) Signale sind übersteuerungsfest, wenn die Chirps sich nicht überlagern, weil sie auf dem Übertragungsweg frequenzmodulierte Signale darstellen,
- 9 Chirp Spread Spektrum (CSS) Signale sind bei der Übertragung von Daten annähernd immun gegenüber Reflektionen,
- 10 Chirp Spread Spektrum (CSS) Signale werden vom Dopplereffekt nicht beeinflusst,
- 11 Chirp Spread Spektrum (CSS) Systeme können als asynchrone Systeme aufgebaut werden. Das hat erhebliche Vorteile gegenüber anderen Systemen, die synchronisiert werden müssen, weil dieser Umstand die Reaktionszeit erniedrigt und die Koexistenzfähigkeit erhöht.

- 
1. Winkelmodulation ist der Überbegriff für Frequenz- und Phasenmodulation.
  2. Je größer das Produkt aus Bandbreite und Bitdauer umso höher die Störunanfälligkeit eines Send - Empfangsystems.
  3. Bei Chirpsignalen kann die Phasenmodulation neben der Frequenzmodulation gleichzeitig eingesetzt werden, Phasenmodulation zur Übertragung der Bits, Frequenzmodulation z. B. zur Erzielung des Systemgewinns.
  4. Latency ist die Verzögerungszeit, die zwischen Anfrage des einen Transceivers und des antwortenden Sendeempfängers vergeht

## **2 Warum haben die Nanotron Systeme bei relativ kleiner Sendeleistung eine so hohe Reichweite?**

Die Reichweite eines Funksystems hängt im Gegensatz zur landläufigen Meinung nicht von seiner Sendeleistung, sondern von der Sendeenergie jedes digitalen Bits ab.

Die Auffassung, dass die Sendeleistung eines Senders seine Reichweite bestimmt, hat historische Gründe. Früher als die Modulationsarten noch analoger Natur waren, musste die Echtzeitbedingung eingehalten werden; d. h. die Symboldauer war frequenzabhängig und dadurch unabänderlich, wollte man die Gleichzeitigkeitsbedingung einhalten. Da deren Dauer nicht verändert werden konnte, bestimmte also die Sendeleistung die Symbolenergie und damit war die Reichweite festgelegt. Heute jedoch werden Symbole durch digitale Bits dargestellt.

Da Energie aus dem Produkt von Leistung [W] mal Zeit [s] besteht, kann man bei sehr kleiner Sendeleistung und zeitlich sehr lang andauernden Impulsen hohe Bitenergien und damit Reichweiten erzielen.

Darüber hinaus resultiert aus diesen Überlegungen eine andere Betrachtungsweise eines drahtlosen Netzwerkes:

Aus physikalischen und aus ökonomischen Gründen sollte die Steuerung der "Bitenergie" abhängig von der Distanz und den Störverhältnissen zwischen der Basisstation und den einzelnen Teilnehmern erfolgen (siehe auch *Frage 10*).

### 3 Sie werben mit der hohen Robustheit Ihrer Systeme, mit dem "drahtlosen Draht". Wieso sollte die Störunanfälligkeit in Ihren Systemen besser als bei anderen Verfahren sein?

Chirpsignale weisen neben dem idealen Spektrum noch eine zweite ideale Eigenschaft auf. Durch frequenzabhängige Laufzeitfilter (Gruppenlaufzeitfilter), die nicht synchron arbeiten müssen, lassen sie sich auf digitale oder analoge Weise in die so genannte Spaltfunktion transformieren, deren Hüllkurve des amplitudenmodulierten HF Impulses, den  $\frac{\sin(\pi \cdot B \cdot t)}{\pi \cdot B \cdot t}$  - Impuls darstellt.

Das aber ist eine in der Nachrichtentechnik als ideal bekannte Impulsform, die die Eigenschaft aufweist, Impulse verwenden zu können, die bei vorgegebener Bandbreite im Zeitverlauf die kürzest mögliche Form aufweisen und damit die Leistung PC des relativ lang andauernden Chirp Impulses, relativ kleiner Leistung in eine hohe Momentanleistung wandeln zu können (Figure 1).

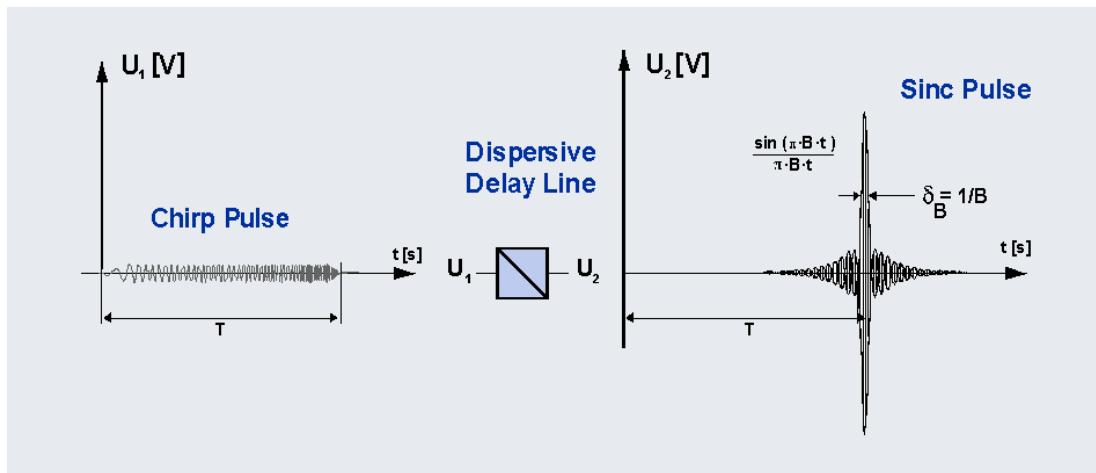


Figure 1: Die Transformation des Chirpimpulses in einen Spaltimpuls durch ein frequenzabhängiges Verzögerungsfilter

Der lang andauernde Chirpimpuls der Dauer  $T$  [s] hat eine vorteilhaft geringe konstante Dauerleistung  $P_C$  [W]. Der aus ihm entstehende Spaltimpuls mit der hohen Leistungs-Amplitude  $P_S$  [W] hat eine entsprechend kurze Dauer, die Zeitdauer  $\delta_B$  [s] des durch die gegebenen Bandbreite  $B$  [Hz] beschränkten Quasi - Dirac Pulses, die durch dessen Kehrwert gegeben ist.

Zum einfachen Verständnis der Zusammenhänge und der Ableitung des Systemgewinns (Prozessgewinns)  $G$  [dB] benutzen wir den Energieerhaltungssatz:

Danach muss die Energie, also das Produkt aus Leistung mal Zeit, beider Pulse gleich sein, oder:

$$P_C \cdot T = P_S \cdot \delta_B \text{ [Ws]}$$

oder hieraus folgt:  $P_S = P_C \cdot T / \delta_B$  [s]

Das heißt, das Zeitspreizverhältnis der Zeiten  $T / \delta_B$  führt zu einem in der Leistung  $P_S$  entsprechend überhöhten Puls mit einem Systemgewinn  $G$ , da  $T \gg \delta_B$  [s]. Nach dem Nyquist - Shannon -Theorem ist der Kehrwert der Bandbreite gleich der mittleren Pulsdauer auf der Zeitachse oder die Dauer  $\delta_B$  [s] des Spaltimpulses wird:

$$\delta_B = 1/B \text{ [s]}$$

in die obige Gleichung eingesetzt, folgt:  $P_S / P_C = B \cdot T$  [-]

oder der Systemgewinn  $G$  ergibt sich zu:  $G = 10 \cdot \log (P_S / P_C) = 10 \cdot \log (T \cdot B)$  [dB]

Je länger also die Dauer  $T$  (Zeitspreizung) des Chirpimpulses und je größer die von ihm umfasste Bandbreite  $B$  (Frequenzspreizung) sind, desto höher wird der Systemgewinn, also die Überhöhung des verdichteten Spaltimpulses gegenüber den unkorrelierten Signalen und damit die Fähigkeit, Störsignale oder Rauschen

adaptiv zu unterdrücken. Somit also lassen sich auf nachweisbar ideale Weise Funkssysteme mit anpassungsfähigem Systemgewinn bauen, um Störer jedweder Art gezielt zu unterdrücken und/oder die Impulsdauer und damit die Bitenergie der zu überbrückenden Entfernung anpassen zu können.



#### 4 Chirpsignale sollen eine vergleichsweise extrem geringe menschliche Strahlenbelastung aufweisen. Wie kann man das nachvollziehen?

Die menschliche Belastung mit dem so genannten Elektrosmog wird heute nach der amerikanischen FCC Regelung in W/kg gemessen. Andere sind der Auffassung, dass auch eine kleine spektrale Leistungsdichte vorteilhaft für die Strahlenbelastung des Menschen ist. Chirpsignale erfüllen nun beide Bedingungen.

Die Zeitspreizung der Chirpsignale und der daraus resultierende Systemgewinn erlauben bei bestimmter Reichweite eine erhebliche Reduktion dieser Sendeleistung. Darüber hinaus haben Chirpsignale nachweislich auf Grund des rechteckförmigen Spektrums eine extrem geringe spektrale Leistungsdichte (*Figure 2*).

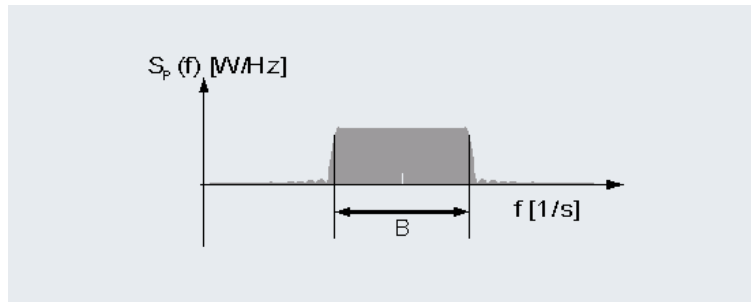


Figure 2: Das fast ideale Rechteck - Spektrum von Chirp- und Spaltimpuls

Chirpsignale lassen sich in ihrer Bitlänge modulieren, können also bei relativ kleiner Sendeleistung hohe Reichweiten erzielen; d. h. man kann mit einem winzigen Bruchteil von Leistung gegenüber üblichen drahtlosen Übertragungsverfahren relativ große Reichweiten überbrücken:

Ein Beispiel:

Mit einer Sendeleistung von  $1 \mu\text{W}$  und  $1 \text{ Mbit/s}$ , das ist  $1/10000$  der Leistung von Bluetooth, lassen sich sicher  $15 \text{ m}$  Reichweite in geschlossenen Räumen erreichen, und dabei ist die spektrale Leistungsdichte noch um ein vielfaches kleiner. Ein Mobilfunkgerät hier in Europa hat demgegenüber die millionenfache Leistung, nämlich  $1 \text{ W}$ .

## **5 Sie verwenden in Ihrem neuen Chip nanoLOC Chirpsignale zur Entfernungsmessung. Welche Vorteile bieten sie? Wie hoch ist aktuell die Genauigkeit der Entfernungsmessung zwischen Knoten?**

Ein weiterer Vorteil der Chirpsignaltechnik liegt in der Eigenschaft, dass bei vorgegebener Bandbreite  $B$  der transformierte und damit komprimierte Impuls, der Spaltimpuls, physikalisch die größtmögliche Auflösung auf der Zeitachse aufweist.

Deswegen ist die Chirpsignaltechnik auch optimal geeignet, wenn man die Laufzeit der elektromagnetischen Welle zur Messung von Wegstrecken ermitteln will. In der Radartechnik wird diese Methodik mit Chirpsignalen seit 1962 zur Entfernungsmessung verwendet.

Die Spaltsignaldauer liegt bei einer Bandbreite von  $64 \text{ MHz}$  bei

$$1/(64 \cdot 10^6) = 15.6 \text{ ns}$$

Die Anstiegsflanke dieses Impulses ist etwa  $0.3 / (64 \cdot 10^6)$

das sind  $4,7 \text{ ns}$ . Nehmen wir an, das Signal zu Rausch Verhältnis würde bei  $20 \text{ dB}$  liegen, dann bedeutet dies bei Spannungen das Verhältnis  $10$ . Unter der Annahme die Zeit von  $4,7 \text{ ns}$  in zehn Schritten aufzulösen, bedeutet dies also auf  $0,5 \text{ ns}$  genau. Das entspricht bei einer Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Welle von  $3 \cdot 10^8 [\text{m/s}]$  einer Auflösung von  $0,15 \text{ m}$ .

Nimmt man Störer, Rauschen und Reflektionen als Unsicherheitsfaktoren hinzu, dann kann man von einer Genauigkeit ausgehen, die unter  $0,5 \text{ m}$  bei Entfernungen von  $50 \text{ m}$  liegt.

Bei starken Reflektionen jedoch oder gar ohne direkte Sichtverbindung" ( Non Line of Sight ) kann es, physikalisch unvermeidbar, zu Fehlmessungen führen. In diesem Fall empfiehlt es sich, eine Mehrwegemessung mit mehreren Transceivern durchzuführen.

## 6 Sie haben das Mehrfach-Zugriffs-System "MDMA" entwickelt. Was bedeutet das und welches sind seine Vorzüge?

MDMA bedeutet "Multi Dimensional Multiple Access", also ein mehrdimensionales Zugriffssystem, das gleichzeitig ein flexibles Zeitmultiplex, ein adaptives Datenraten und Bitenergievariationssystem und ein Übertragungsverfahren darstellt, das die Kanalkapazität und Energiekapazität eines Netzwerkes optimal nutzen kann, also in mehreren Dimensionen gleichzeitig adaptiv widerspruchsfrei parametrisiert werden kann.

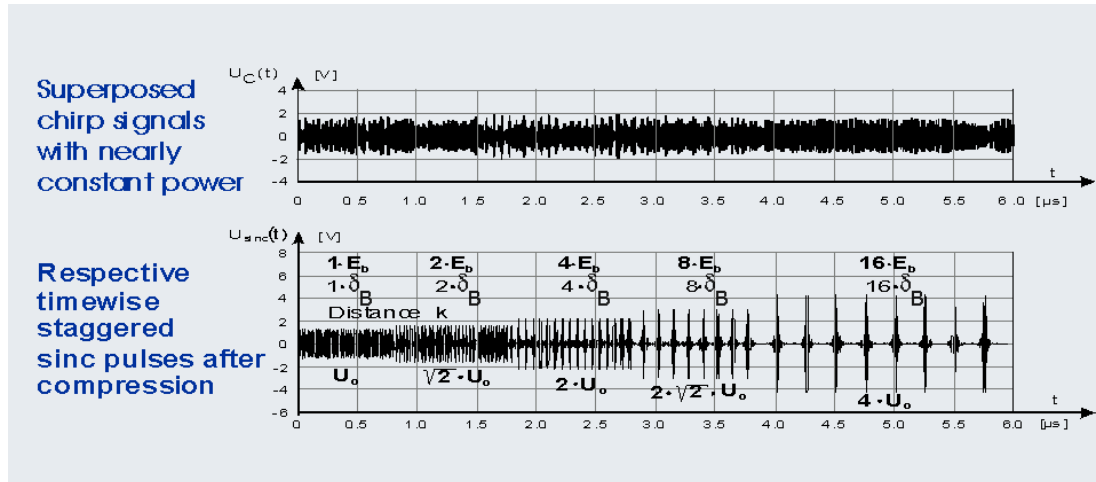


Figure 3: Zeitlich versetzte und superponierte Chirpsignale mit angepasster Leistung führen beim Empfänger zu Spaltsignalen mit höherer Bitenergie und reduzierter Datenrate

Chirpsignale sind als winkelmodulierte oder frequenzmodulierte Signale superpositionsfähig und können trotzdem durch Transformation auch wieder auf der Zeitachse getrennt werden. Dabei müssen die Chirpsignale vorteilhafterweise zeitlich versetzt werden. Bei dieser Staffelung ist darauf zu achten, dass die Abstände der nacheinander überlagerten Chirps ganzzahlige Vielfache des Mindestabstandes  $\delta$  betragen, also  $1 \cdot \delta_B$ ,  $2 \cdot \delta_B$ ,  $3 \cdot \delta_B$ , ...  $n \cdot \delta_B$ , um Verzerrungen durch die Überlagerung der An- und Ausschwingvorgänge der  $\sin x / x$  Funktionen nach der Kompression zu vermeiden. Durch solche Vorgehensweise kann man bei unterschiedlichen Datenraten unterschiedliche Bitenergien pro Pulsfolge gesteuert erzielen und dies bei stets gleicher Sendeleistung bewirken (MDMA). Das heißt also, während die Sendeleistung annähernd gleich bleibt, kann man durch zeitliches Versetzen der gestaffelt überlagerten Chirps beim Empfänger Bits unterschiedlicher Energie erhalten (Figure 3).

**7 Wie verhalten sich diese Systeme, wenn Sender und Empfänger - sehr eng beieinander stehen, sagen wir 30 cm von einander entfernt sind; das führt bei heutigen Systemen zu Ausfällen, besonders wenn andere Empfänger sehr weit entfernt (>100m) sind?**

Diese Ausfälle werden durch Übersteuerung der Eingangsverstärker bewirkt. Hier jedoch verhalten sich die frequenzmodulierten Chirpsignale ähnlich wie in einem FM Empfänger, dessen Signale begrenzt werden können. FM Signale sind aber immun gegenüber nichtlinearen Verzerrungen.

Das hat große Vorteile für die Empfängerschaltung, insbesondere die Verstärkungsregelung, und verhindert die Unzulänglichkeit vieler Systeme, wie bei den CDMA Verfahren das "Near - far" Problem, um bei allzu nahem Abstand von Sender zu Empfänger Fehlfunktionen durch Übersteuerung vermeiden zu können. Selbst wenn einzelne Teilnehmer des Netzwerkes sehr weit entfernt sind, würde eine Übersteuerung in der Leistung bei den nah gelegenen Empfängern zu keinerlei Verzerrung der Nachricht führen. Insofern gibt es hier nicht wie bei anderen Systemen einen Mindestabstand.

## 8 Wie verhalten sich Chirpsignalsysteme bei Reflektionen?

Chirp Spread Spektrum (CSS) Signale<sup>5</sup> sind in gewissem Umfang reflektionsimmun. Nicht überlagerte Chirpsignale sind relativ lang andauernde Signale mit großer Zeitspreizung und werden durch die Transformation mittels frequenzabhängigen Gruppenlaufzeitfiltern in frequenzgespreizte Spaltsignale sehr kurzer Dauer verwandelt (*Figure 1*). Überlagern sich nun bei der Empfängerantenne Signale der direkten Sichtlinie mit reflektierten Signalen, dann kann man bei den z. B. 1000 ns währenden Chirpsignalen davon ausgehen, dass sich innerhalb geschlossener Räume Verzögerungen für die reflektierten von 10 bis 200 ns ergeben. Das komprimierte überhöhte Spaltsignal hat etwa eine Dauer von 16 ns, dauert also nur wenige Prozent der Repetitionsdauer und wird im Regelfall auch unabhängig von den Reflektionen erkannt.

Theoretisch könnte das reflektierte Signal aber auch aus dem vorherigen Signalzyklus stammen; dann aber wäre in unserem Beispiel die Laufzeit mehr als 1000 ns oder die Wegstrecke mehr als 300 m. Aber das indirekte Signal wäre jetzt im Vergleich zum direkten stark abgeschwächt und die schwellenabhängige Detektion würde das reflektierte Signal dem Rauschpegel zuordnen.

---

5. das sind Chirpsignale, die sich gegenseitig zeitlich nicht überlappen

## **9 Nanotron hat im Herbst 2006 den nanoLOC Chip auf den Markt gebracht, wodurch unterscheidet sich nanoLOC von nanoNET?**

Beide Chips sind CSS Systeme und weisen alle Vorteile der Chirpsignaltechnik, wie unter Frage 1 dargestellt, auf. Grundsätzlich gilt dies für das *nanoNET* Chip und das *nanoLOC* Chip, weil sie beide das hocheffiziente Chirpspektrum nutzen, mit Systemgewinn arbeiten und im Zeitmultiplex eine hohe Flexibilität bieten.

Der wesentliche Unterschied gegenüber dem *nanoNET* besteht bei *nanoLOC* in dem implementierten dispersiven Gruppenlaufzeitfilter. Während bei *nanoNET* ein externes SAW Filter benötigt wird, ist dies bei *nanoLOC* in die digitale Struktur einbezogen. Dadurch wird ein für den Kunden relativ teures Bauteil eingespart.

Mehr noch: Dieses digitale Korrelationsfilter ist programmierbar und kann auf Chirplängen von 0,5; 1; 2; und 4  $\mu\text{s}$  Dauer, also in 4 logarithmisch gestaffelten Stufen per Software eingestellt werden. Das heißt, die Bitenergie kann schrittweise jeweils um das doppelte erhöht werden und die erzielbare Reichweite steigt dabei jeweils um das um das  $\sqrt{2}$  - fache höher.

Diese Varianz der Chirpdauer schafft zusätzliche Kapazitätsreserven, die Energie- und Zeitnutzung eines Netzwerkes betreffend. Da in einem Netzwerk die einzelnen Teilnehmer typischerweise unterschiedlich weit von der Basisstation entfernt sind, müsste ein ökonomisch arbeitendes Netzwerk auch bei kurzen Wegstrecken auch mit kürzeren Chirpsignalen auskommen, da es hier weniger Bitenergie bedarf als bei größeren Entfernungen.

Da in einem Funknetzwerk bei kugelförmiger Abstrahlung im freien Raum die Energie mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, benötigt man zur doppelten Entfernung die vierfache Energie oder umgekehrt zur halben Entfernung  $\frac{1}{4}$  der Energie. Da aber bei gleicher Sendeleistung die Zeitdauer der Signale die Energie bestimmt, kann man bei der halben Entfernung viermal so schnell senden.

Aus diesen einfachen Überlegungen resultiert, dass das ganze Netzwerk eine sehr viel höhere Summendatenrate verwalten kann, wenn man es nicht mit gleichen Datenraten für alle Teilnehmer betreibt, die sich nach dem am weitesten entfernten Teilnehmer richtet, sondern bei den geringer weit entfernten die Datenrate bei jeweils halber Entfernung um das vierfache erhöht. Man kommt dann zu einer logarithmischen Erhöhung der Datenrate je geringer die Distanzen zur Basisstation werden. Damit spart man Zeit und kann umso mehr Teilnehmer versorgen oder auch eine höhere Summendatenrate anbieten.

Ferner arbeitet der *nanoLOC* Chip nicht mit nur einer effektiven Bandbreite von 64 MHz wie der *nanoNET* Chip, sondern bietet außerdem die Wahlmöglichkeit mit 3 unterschiedlichen Frequenzkanälen zu arbeiten. Diese haben dann eine effektive Bandbreite von jeweils nur 22 MHz (*Figure 4*). Damit lassen sie in nicht lizenzierten Bändern wie im ISM Band, die immer mehr Nachrichtenkanäle gleichzeitig aufnehmen müssen, Koexistenzprobleme leichter lösen.

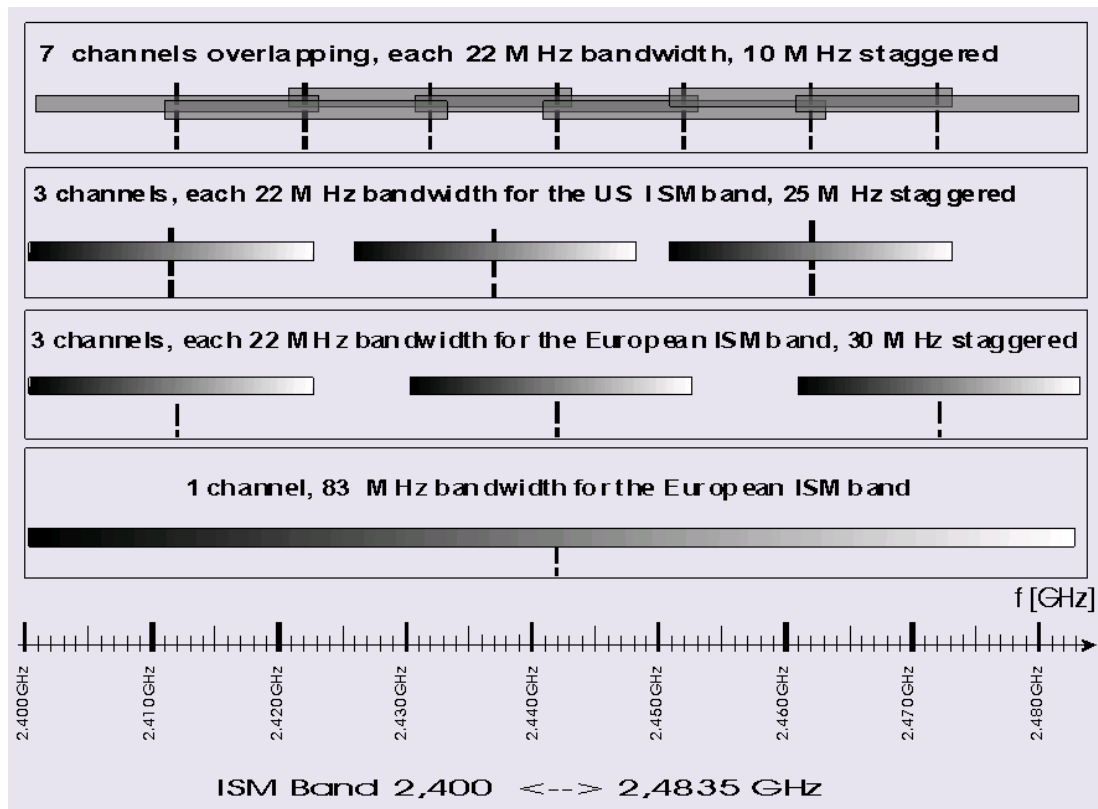


Figure 4: Übersicht über die einstellbaren Frequenzbänder beim nanoLOC Chip und deren Staffelung im ISM Band in Europa und den USA

Ferner kann dieser Chip auch mit überlappenden Kanälen einer Bandbreite von 22 MHz Bandbreite, aber in einem Frequenzraster von 10 MHz, also 7 Kanälen arbeiten. Chirpsignale erlauben einen solchermaßen überlappenden Frequenzbetrieb, weil der zeitliche Versatz der frequenzmodulierten Signale auch zu einem zeitlichen Versatz der amplitudenmodulierten Spaltsignale führt und diese durch synchronisierte Zeitfenster getrennt werden können.

Nanotron fährt also konsequenterweise fort, auf dem Weg zeitgemäßer intelligenter Funktechnik voranzugehen, um die raren Ressourcen eines Funknetzes in überlasteten Bändern ökonomischer und stör-sicherer zu nutzen zu können.

**10 Es heißt, dass Sie im Vergleich zu anderen Systemen die Übertragungskanalparameter (das sind Bandbreite, Sendeleistung und die Zeit) optimal nutzen können. Wie kann man eine solch anspruchsvolle Behauptung verstehen?**

Die Nanotron Systeme können im Gegensatz zu anderen Übertragungsverfahren Funknetzwerke betreiben,

- die durch den idealen Formfaktor des Chirpsignalspektrums das gegebene Spektrum über die gesamte Bandbreite voll und gleichmäßig nutzen,
- die durch ständige Nutzung der zulässigen Maximalleistung des Senders die Kanalkapazität voll und dauernd ausbeuten und
- die durch gestaffelte Datenraten pro Teilnehmer die entfernungspezifische Bitenergie variieren können und dadurch die Zeitachse in einem Netzwerk derart nutzen, dass die limitierte Zeit für ein Up - und Down - link im Zeitmultiplexverteilerbetrieb ökonomisch optimal betrieben werden kann,
- die im asynchronen Betrieb arbeiten und
- die selbst bei mehrfacher Schallgeschwindigkeit der bewegten Transceiver immun gegen den Dopplereffekt sind.

Diese systemtheoretischen Vorteile sind im Vergleich zu Systemen des Wettbewerbes, die mit gleichen Datenraten oder auch mit Powermanagement arbeiten, und darüber hinaus das Spektrum nicht gleichmäßig nutzen, bis heute einzigartig und sind der tiefere Grund für die überlegenen Parameter der Nanotron Chips (Siehe auch Antworten auf *Figure 1*).



## **11 Kann man das Systemkonzept von Nanotron auch auf andere Frequenzbänder übertragen, z. B. auf 868 MHz?**

Technisch lässt sich das Konzept auf alle Frequenzen bzw. Bänder übertragen, so z. B. auch auf 868 MHz. Es ist nur vorteilhafterweise darauf zu achten, dass eine genügend hohe Bandbreite zur Verfügung steht, z. B. mindestens 10 MHz. Bestens geeignet jedoch ist dieses Verfahren bei höheren Frequenzen im 2, 4 und im 5,6 GHz Bereich, wo genügend Bandbreite und Zeitdauer des Chirpsignales für ein großes BT Produkt zur Verfügung stehen.

Aber nicht nur in lizenzierten Bändern, sondern auch in lizenzfreien Bändern kann dieses Verfahren ohne weiteres angewendet werden und ist damit auch für Anwendungen wie "Wireless Local Loop", also für WLL Systeme für das "Last Mile Problem" bestens geeignet. Die technische Realisierbarkeit und die Beachtung funktechnischer Limitationen sind keine Probleme, wie in der Vergangenheit schon durch existierende Chips bewiesen.

---

**12 Wie sehen Sie die Weiterentwicklung der Technologie in den nächsten 3-10 Jahren hinsichtlich Reichweite, Übertragungsrate, Empfindlichkeit Empfänger, Immunität gegen zunehmenden Funkverkehr im 2,4 GHz Bereich, Genauigkeit der Entfernungsmessung zwischen Knoten und Kosten je Knoten?**

Die Reichweite wird sich auf Grund der adaptiven Bitlängenvariation mehr als verdoppeln, gleiches gilt für die Summendatenrate eines Netzes, Die Empfindlichkeit der Empfänger wird mit der adaptiven Erhöhung des Systemgewinns steigen.

Die Immunität gegen einen steigenden Funkverkehr ist zwar begrenzt; da aber Nanotronsysteme bei Störern künftig adaptiv die Bitenergie abhängig vom Ort des Teilnehmers variieren und auch teilnehmerspezifisch steigern können, wird die Immunität im Vergleich zum Wettbewerb ebenfalls überlegen sein. Die Genauigkeit der Entfernungsmessung ist heute schon vergleichsweise mehr doppelt so hoch wie in WLAN Systemen.

Die Kosten werden in Lauf der Zeit und mit dem Steigen der Stückzahl noch weiter sinken. Wenn die Stückzahlen mehrere Millionen pro Jahr erreicht haben, wird der Abnahmepreis der Chips je nach Abnahmemenge unter 4 Euro pro Stück sinken und Systeme mit Außenkomponenten, Batterie und Gehäuse bei Stückzahlen von über 100 k pro Jahr bei Herstellkosten unter die 10 Euro Grenze sinken.

**13 Was passiert, wenn mehrere unabhängige CSS Systeme (z.B. unterschiedlicher Hersteller) mit ggf. unterschiedlichen Übertragungsraten im gleichen Funkraum betrieben werden?**

Sofern die Systeme sich nicht auf der Zeitachse durch intelligente Synchronisationsverfahren koordinieren lassen, kann man auf der Frequenzachse ausweichen und unterschiedliche Kanäle nutzen oder eine Kombination beider verwenden. Auf der anderen Seite gibt es physikalische Grenzen für den Parallelbetrieb auf der Zeit- und/oder Frequenzachse (Siehe auch *Frage 9*).

## 14 Koexistenz mit DSM Technologie von Spektrum?

DSM ist nach unseren Informationen ein schmalbandiges Direct Spread Spectrum Verfahren. Die Datenrate liegt bei  $15.6 \text{ kbps}$  und der Kanalabstand beträgt  $1 \text{ MHz}$ . Es wird ein freier Kanal gesucht und dieser wird dann dauerhaft belegt. Die Ausgangsleistung beträgt beachtliche  $20 \text{ mW}$ . Trotzdem wird es auf Grund der Schmalbandigkeit keine Kollisionen mit dem Nanotronssystem geben, weil bei unseren breitbandigen Systemen schmalbandige Sender - wie Versuche dies belegen - kaum stören können.

Ähnliches ergibt sich aus Versuchsmessungen mit Bluetooth, wonach Bluetooth Empfänger keine signifikanten Störungen aufweisen, wenn sie mehr als  $25 \text{ cm}$  von Nanotron Sendern entfernt sind und umgekehrt, ein Bluetooth Sender mehr als  $38 \text{ cm}$  von einem *nanoNET* Empfänger entfernt ist ( beide mit einer Sendeleistung von  $10 \text{ mW}$  ). Anders dürfte es mit DSM Empfängern auch nicht sein.

## 15 Anwendungen, die mit den Nanotron Technologien ermöglicht werden?

Unglaublich, eigentlich alle Anwendungen für das drahtlose Zeitalter. Weil die vielen physikalischen Vorteile der Chirpsignaltechnik, wie sie gemäß den Antworten auf Frage 1 aufgelistet wurden, die mehr als hundert Möglichkeiten eröffnen. Diese Technologien gründen auf sehr klaren und grundsätzlichen physikalischen Prinzipien, deshalb sind sie für jede drahtlose Übertragung anwendbar, da gibt es keine Restriktionen. Nachfolgend sind nur Gruppen von Applikationen aufgeführt, innerhalb derer es noch eine Fülle von Varianten gibt.

Das sind in alphabetischer Reihenfolge zum Beispiel:

Automobiltechnik:	Drahtlose Überwachung von Fahrzeug-, Motor- und Bewegungsdaten, usw.
Audio und Video Übertragung:	Videübertragung in und außer Haus mit oder ohne Datenkompression
Fernsteuer Systeme	für Türen, Jalousien, Fernsehgeräte, Garagentore, Automodelle, Flugmodelle, Spielzeugsteuerungen usw.
Klimasteuerung:	Heizung und Lüftung.
Medizintechnik:	Messen am menschlichen Körper, z.B. Puls, Temperatur, Sauerstoffsättigung, Bewegung, EEG und EKG, Infektionsindikatoren, Gesundheitsprotokolle, usw.
Private Kommunikationssysteme:	Audio- und Bildübertragung über Datenkompressionsverfahren, Türklingeln, Baby phone, Hausinterne mobile Videoübertragung, Datennetze usw.
Qualitätskontrolle:	Schichtdickenkontrolle, Geschwindigkeitskontrolle, pH - Wertüberwachung, Längenmessung, usw.
RFID Systeme:	Aktives RFID, Personenüberwachung, Containerkontrolle, Logistik, Automatische Eintrittskontrolle, Personenbedingte Bewegungskontrolle.
Sensor- und Aktor-Systeme	Für die Fertigung, die Qualitätskontrolle, Haustechnik, Sicherheitstechnik, für Heizungssysteme usw.
Sicherheitstechnik:	für Gebäude, Automobile, Wohnwagen, Garagen, Diebstahlmeldeanlagen, Videoüberwachung, usw.
Telefon:	Mobilfunk, Drahtloser Telefonhörer, Drahtloses Festnetztelefon, WLL, Mobilfunk , usw.
Verkehrsüberwachung:	Maut Systeme, Verkehrsüberwachung, Diebstahlüberwachung, Verkehrslenkung,
Warnsysteme:	Brandmelder, Regenfühler, Luftfeuchte, Erdbeben, Radioaktivität, Dehnungsmeßstreifen an Brückenelementen, usw.
Zählerablesung:	Zu- und Abwasserzähler, Wärmemengenzähler, Warmwasserzähler, Zähler für elektrische Energie usw.

Intentionally Left Blank

## Revision History

Version	Date	Description/Changes
1.00	2007-03-07	Initial Version.

---

## About Nanotron Technologies GmbH

Nanotron Technologies GmbH develops world-class wireless products for demanding applications based on its patented Chirp transmission system - an innovation that guarantees high robustness, optimal use of the available bandwidth, and low energy consumption. Since the beginning of 2005, Nanotron's Chirp technology has been a part of the IEEE 802.15.4a draft standard for wireless PANs which require extremely robust communication and low power consumption.

ICs and RF modules include the nanoNET TRX, the nanoLOC TRX, and ready-to-use or custom wireless solutions. These include, but are not limited to, industrial monitoring and control applications, medical applications (Active RFID), security applications, and Real Time Location Systems (RTLS). nanoNET is certified in Europe, United States, and Japan and supplied to customers worldwide.

Headquartered in Berlin, Germany, Nanotron Technologies GmbH was founded in 1991 and is an active member of IEEE and the ZigBee alliance.

### Further Information

For more information about this product and other products from Nanotron Technologies, contact a sales representative at the following address:

Nanotron Technologies GmbH  
Alt-Moabit 60  
10555 Berlin, Germany  
Phone: +49 30 399 954 - 0  
Fax: +49 30 399 954 - 188  
Email: [sales@nanotron.com](mailto:sales@nanotron.com)  
Internet: [www.nanotron.com](http://www.nanotron.com)