

(Direct Sequence) Spread Spectrum ist ein Verfahren zur Verbreiterung des Spektrums eines Signals. Das zu übertragende Datensignal wird dabei sendeseitig mit einem Spreizsignal gespreizt/moduliert.

Ein **Spreizsignal** ist eine pseudozufällige Binärfolge ("Pseudo Noise"), welche z.B. durch ein rückgekoppeltes Schieberegister realisiert werden kann.

Der Demodulator muss das übertragene Signal mit demselben, synchronen Spreizsignal demodulieren/entspreizen, um das zu übertragende Signal zu bekommen.

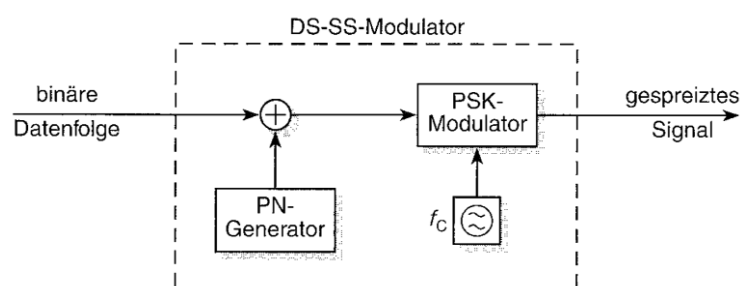
Die Bandbreite des gespreizten Signals ist zu jedem Zeitpunkt gleich der Bandbreite des Spreizsignals, d.h. zu jedem Zeitpunkt wird die spektrale Leistungsdichte des Signals über eine große Bandbreite verteilt. Die Bandbreite des Spreizsignals ist im Allgemeinen mindestens zwei Zehnerpotenzen größer als die Basisbandbreite des ursprünglichen Signals.

Eigenschaften:

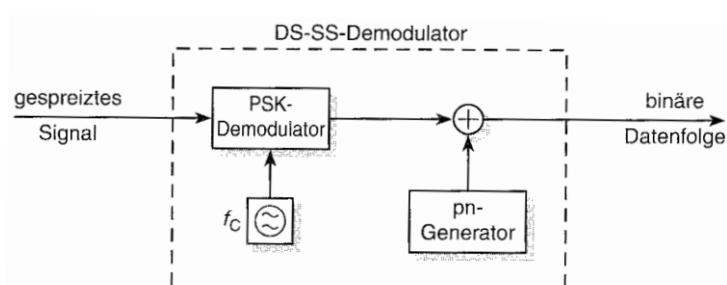
- Die Leistungsdichte wird verringert (gleiche Fläche im Spektrum bei größerer Bandbreite -> kleinere Amplituden)
- Störunterdrückung: Die Übertragung ist gegen schmalbandige Störquellen unbeeinflussbar
- Geringere Empfindlichkeit gegenüber Mehrwegeausbreitung

Anwendungen:

- Kommunikation: Vielzugriffverfahren, ein Frequenzband kann von mehreren Teilnehmern benutzt werden.
- Navigation, Entfernungs- und Zeitmessung (z.B. GPS)
- WLAN, schnurlose Telefone, ISM-Bänder
- Militär: Sicherung gegen Stören und Abhören:
 - Signal kann im Rauschen „versteckt werden“ (Amplitude des Signals im Rauschbereich)
 - Signal kann nur durch das exakte frequenzgleiche, synchronisierte Spreizsignal demoduliert werden, diese Folge kann nicht aus dem gesendeten Signal erfasst werden



Direct Sequence Spread Spectrum Modulator

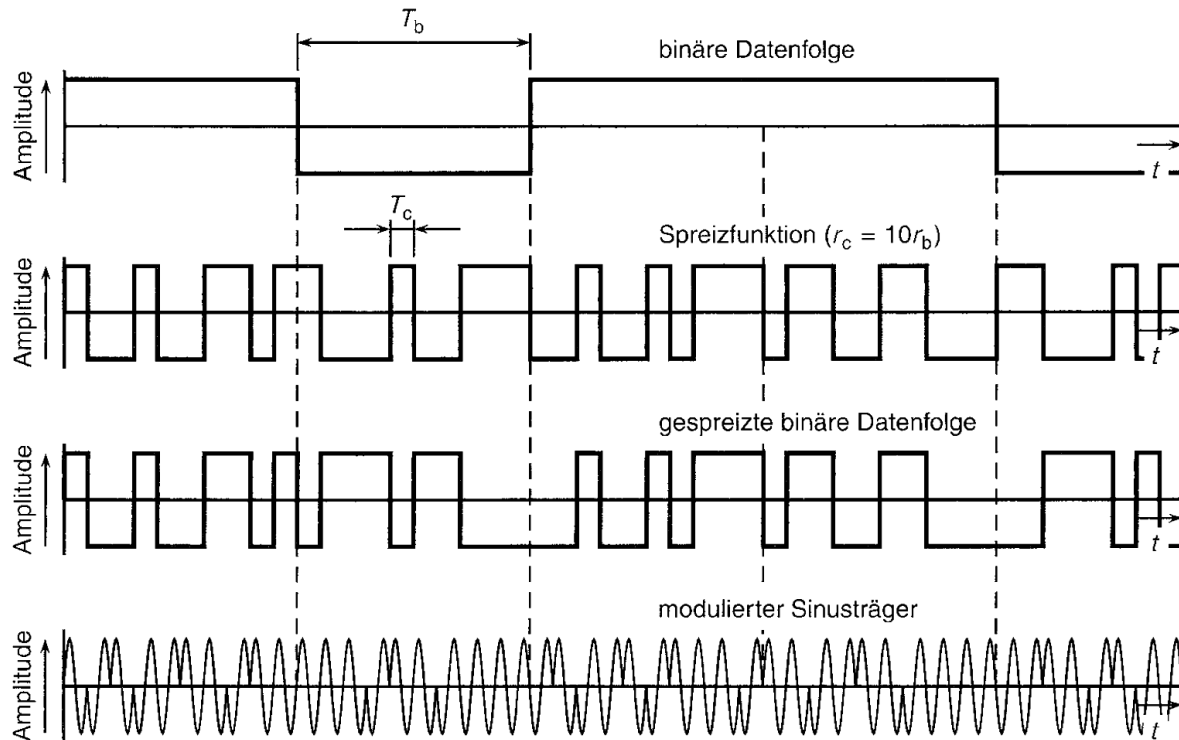


Direct Sequence Spread Spectrum Demodulator

Aus dem Verhältnis der Bandbreiten erhält man den so genannten Prozessgewinn:

$$g_B = \frac{B_{\text{SpreadSpectrum}}}{B_{\text{BasisBand}}} = \frac{B_{SS}}{B_{BB}}$$

Die Signalveränderung durch das Spreizen lässt sich im folgenden Zeitdiagramm darstellen. Dabei ist zur besseren Darstellung die Frequenz der Spreizsignals nur um den Faktor 10 größer als die Frequenz des Nutzsignals, in Wirklichkeit ist dieser Faktor um einiges höher.



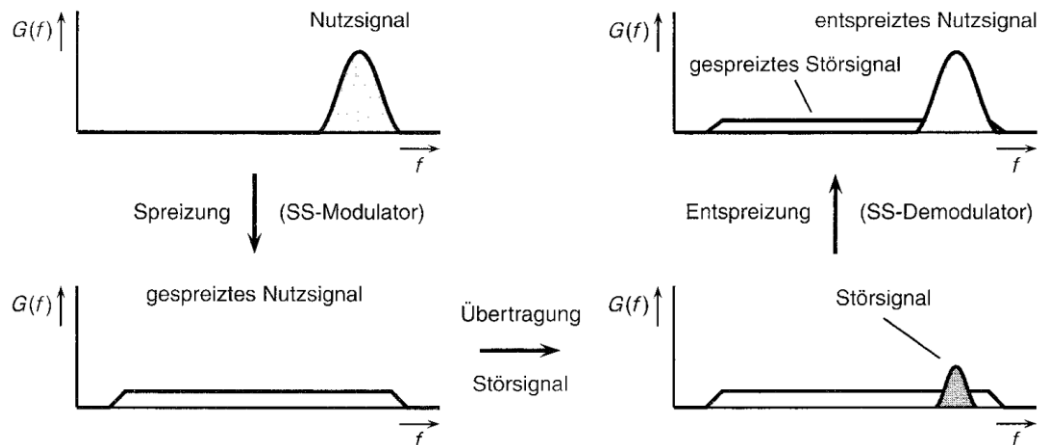
Zeitsignale des Spread Spectrum Modulators mit anschließender BPSK

Eine Demodulation mit einem „falschen“ Spreizsignal führt zu einem ähnlich „verrauschten“ Signal wie das empfangene Signal, mit einer ähnlichen Frequenz. Nur durch das richtige, synchronisierte Signal wird das originale Signal (mit entsprechend niedrigerer Frequenz) wiedergegeben.

Begriffe:

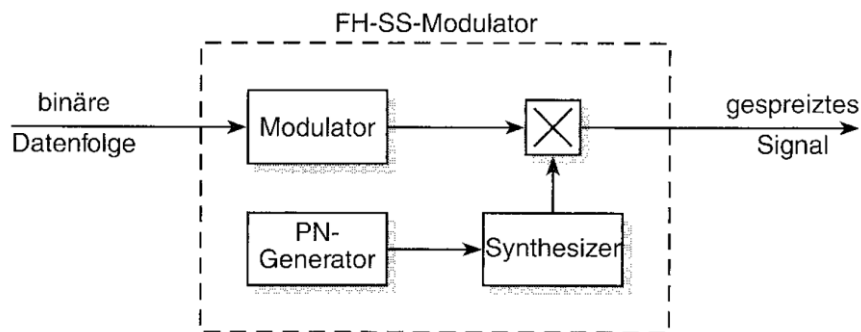
- Chips: Die Elemente der Spreizfolge
- Chiprate: Frequenz des Spreizsignals
- Chipdauer: Dauer eines Chips (1/Chiprate)
- Bitdauer: Dauer eines Datenbits (1/Datenfrequenz)

Im Frequenzbereich kann man die Verbreiterung des Signals und die Reduktion der Leistungsdichte erkennen. Weiters sieht man, dass durch die Verwendung der gleichen mathematischen Funktion im Modulator wie auch im Demodulator das schmalbandige Signal im Modulator zu einem Breitbandigen Signal wird. Im Demodulator wird eine schmalbandige Störung im Übertragungskanal eine Breitbandige, jedoch Amplitudenschwache Störung im Nutzsignal.



FH-SS

Beim **Frequency Hopping Spread Spectrum** wird nicht das Signal gespreizt, sondern die Frequenz, mit der das Signal „hochgemischt“ wird, ist abhängig von einer Spreizfunktion.



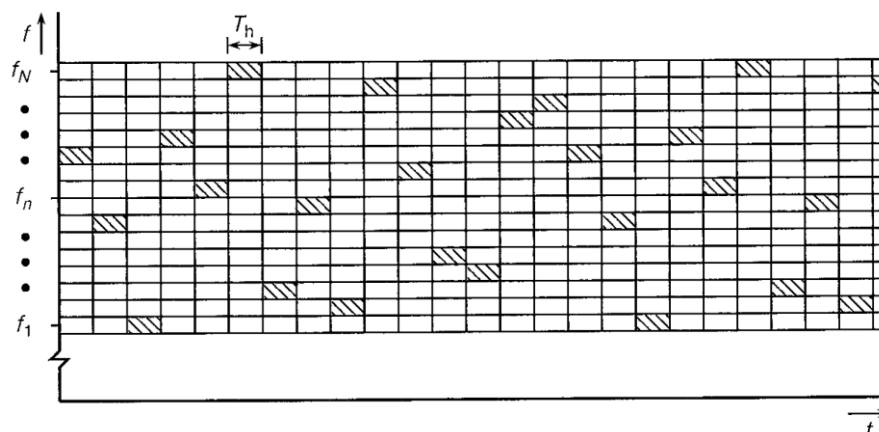
Dabei entsteht im Spektrum nicht ein breitbandiges Signal, sondern ein schmalbandiges Signal (entsprechend dem Originalsignal), welches in einem bestimmten Frequenzband „herumspringt“.

Unterschieden wird dabei zwischen dem **Fast Frequency Hopping (FFH)** und dem **Slow Frequency Hopping (SFH)**:

Fast: Pro Symbol wird mindestens 1x die Frequenz gewechselt ($f_{\text{Spreiz}} > f_{\text{Signal}}$)

Slow: Die wird erst nach einem oder mehreren Symbolen gewechselt ($f_{\text{Spreiz}} \leq f_{\text{Signal}}$)

Im folgenden Diagramm kann man das „springen“ der Frequenz auf der Zeitachse erkennen:



Wenn ein gewisser Frequenzbereich gestört wird, kann dieser Datenverlust bei entsprechender Vorwärtskodierung ausgeglichen werden. Außerdem wird bei der FFH ein Symbol in mehreren Frequenzbereichen gesendet, wodurch das Symbol auf jeden Fall erfolgreich übertragen werden sollte.

Der Synthesizer, welcher das Spreizsignal in verschiedene Frequenzen umwandelt, kann dabei in mehreren Arten realisiert werden:

- Direkte Synthese: Mehrere Oszillatoren, welche je nach Spreizsignal ausgewählt werden
- PLL Synthese: Mehrere PLLs, wobei immer eine aktuell ein Signal liefert und die anderen für ihre kommende Frequenz vorbereitet werden (einschwingen)
- Direkte digitale Synthese: Tabellenwerte des Signals werden ausgelesen, die Geschwindigkeit, mit der die Tabellenwerte ausgelesen werden, bestimmt die Frequenz

AKF

Die **Autokorrelationsfunktion** bezeichnet die Korrelation eines Signals mit demselben, zeitlich verschobenen Signal. Dieses Verfahren wird beim Spread Spectrum Verfahren zur Synchronisation des empfangenen Signals mit der lokal gespeicherten Pseudo-Noise Funktion verwendet.

Die AKF sollte bei einem idealen, zufälligen Signal nur in einem Punkt ein Maximum über 0 haben, alle anderen Punkte der Funktion sollten unter der Nulllinie liegen.

KKF

Die **Kreuzkorrelationsfunktion** ist dieselbe Funktion wie die AKF, mit dem Unterschied dass nicht ein Signal mit demselben Signal zeitlich versetzt verglichen wird, sondern 2 Signal, welche zeitlich versetzt werden.