

Verfahren zur Dekodierung von Biphase-Signalen

pdfulltext Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Dekodierung spezieller Biphase-Signale mit denen digitale Informationen übertragen werden. Dabei werden die Bits der ursprünglichen digitalen Information vor der Übertragung codiert und dann mittels "Symbolen" übertragen. Die Übertragungsverfahren mit Biphase-Signalen sind auch unter der Kurzbezeichnung BPSK (= Binary Phase Shift Keying) bekannt. Damit der Bandbreitebedarf bei der Übertragung dieser digitalen Signale möglichst klein bleibt, werden auf der Sender- und Empfängerseite Nyquist-Filter zur Impulsformung und Signalarückgewinnung verwendet. Die steilen Impulsflanken werden dabei durch flache und mit Überschwingern versehene Übergangskurven ersetzt, wodurch störende Oberwellen weitgehend unterdrückt werden. Im Grenzfall wird anstatt eines impulsförmigen Signals, ein glockenförmiges Signal mit Überschwingern, deren Nulldurchgänge exakt durch konstante Symbolintervalle T definiert sind, übertragen. Der Frequenzbedarf bei dieser Übertragung ist etwa doppelt so groß wie die zu übermittelnde Datenrate. Trotzdem ist zu den Abtastzeitpunkten eine sichere Unterscheidung zwischen "1"- und "0"- Zuständen gewährleistet, weil die einzelnen Symbole um ganzzahlige Vielfache von T zeitlich gegeneinander versetzt sind und die Nulldurchgänge alle zusammenfallen. In EP-A 0 912 010 (intern: C-1751) ist beispielsweise ein typischer Empfänger für digital übertragene Signale beschrieben, der derartige Nyquist-Filter aufweist. Zur sicheren Unterscheidung der logischen Zustände der einzelnen Symbole ist ein Abtastregelkreis vorgesehen, der den Abtastzeitpunkt (=timing recovery) für die einzelnen Symbole optimiert. Eine Eigenschaft digitaler Signale kann sein, daß die digitalen Zustände des zu übertragenden Signals nicht gleichmäßig verteilt sind. Das kann sich auf der Sender- und Empfängerseite wie ein überlagerter Gleichpegel auswirken, der in vielen Fällen unerwünscht ist. Mittels geeigneter Codierungsverfahren kann hier Abhilfe gefunden werden. Dabei wird jedes zu übertragende Bit durch eine in sich ausgeglichene Bitkombination übertragen, wobei über die Reihenfolge der zusammengehörigen Stellen der ursprüngliche Zustandswert kodiert wird. Derartige Codierungsverfahren lassen sich auch verschachtelt anwenden oder mit anderen Codierungsverfahren kombinieren. Die Biphase-Codierung wird beispielsweise zur Übertragung von digitalen Zusatzinformationen bei einem Rundfunksignal verwendet. Diese Zusatzinformation ist unter der Bezeichnung "RDS-Signal" (= Radio Data Service) bekannt, mit der in vielen Ländern innerhalb vorgegebener FM-Stereo-Radiokanäle eine spezielle Autofahrerinformation übertragen wird. Mit dem digitalen RDS-Signal wird ein bei 57 kHz liegender Hilfsträger, der mit einem Pilotsignal bei 19 kHz verkoppelt ist, durch eine zweistufige, Modulation moduliert. Die Biphase-Codierung ersetzt eine logische "0" durch die Kombination "0,1" und eine logische "1" durch die Kombination "1,0". Jeder logische Zustand der ursprünglichen Datenfolge erzeugt somit zwei aufeinanderfolgende Bits, die als Bitkombination oder auch als Symbolpaar bezeichnet werden. Durch diese Art der Biphase-Codierung ist sichergestellt, daß innerhalb jedes Symbolpaares immer ein Symbolwechsel stattfindet und sich deshalb auch der Datentakt relativ leicht aus der empfangenen Datenfolge zurückgewinnen läßt. Im Empfänger wird das bei 57 kHz liegende Biphase-Signal mittels digitaler Signalverarbeitung synchron und komplex ins

Basisband heruntergemischt und bandbegrenzt. Da es sich bei dem Biphase-Signal grundsätzlich um eine Phasenmodulation des bei 57 kHz liegenden Trägers handelt, kann man auch eine komplexe Zeigerbetrachtung anwenden. Theoretisch ergibt sich dabei ein rotierender Zeiger, der nach dem Mischen mit 57 kHz zum Stillstand kommt. Ein Träger- und Phasenregelkreis (=carrier/phaserecovery) dreht ferner den komplexen Zeiger auf die reelle Achse, so daß keine imaginären Anteile mehr vorhanden sind. Anschließend wird z.B. ein Cordic-Algorithmus zur Ermittlung der Phase und des Betrags verwendet. Zu den Abtastzeitpunkten auf der Symbolrate ist nun idealerweise die Phase durch zwei Zustände bestimmt, , wohingegen der Betrag jedes konstant sein sollte. In der Realität werden diese theoretischen Zustände lediglich angenähert erreicht und durch Störsignale zusätzlich verfälscht. Aus den dabei erhaltenen Phasenwerten werden die beiden logischen Zustände "0" oder "1" entschieden und eine entsprechende Bitfolge gebildet. Aus dieser Bitfolge werden zusammengehörige Zweiergruppen gebildet, die entsprechend der senderseitigen Codierung immer einen Bitwechsel aufweisen müssen. Die Bildung der Zweiergruppen kann auf der Erkenntnis beruhen, daß bei der Gruppenbildung die Anzahl der nicht erlaubten Symbolpaare "0,0"- und "1,1"-Gruppen minimal wird. Im letzten Schritt wird jeder Zweiergruppe entweder eine logische "0" oder "1" zugeordnet, wodurch die ursprüngliche Datenfolge auf der Empfängerseite wiederhergestellt ist. Durch Übertragungsfehler gibt es jedoch fehlerhafte Gruppen mit "0,0"- und "1,1"-Zuständen. Es ist Aufgabe der im Anspruch 1 gekennzeichneten Erfindung, für ein bei der digitalen Übertragung von Daten verwendetes Biphase-Signal ein verbessertes Dekodierungsverfahren anzugeben, das Übertragungsfehler erkennt und korrigiert, wodurch auch bei größeren Signalstörungen noch eine zufriedenstellende Datenübertragung sichergestellt wird. Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 genannten Verfahrensschritte. Vorteilhaft ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert. Die Lösung der Aufgabe besteht darin, die bei der Dekodierung entstehende Bitfolge daraufhin zu prüfen, wie groß die Zuverlässigkeiten der einzelnen Bits sind oder wie groß die Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Bits sind, daß ihr logischer Zustand richtig oder falsch ist. Die Bildung eines Zuverlässigkeits- oder Wahrscheinlichkeitswertes wird aus den zur Verfügung stehenden Betragswerten des Biphase-Signals gebildet. Die Übertragungsfehler als solche sind aufgrund des fehlenden Bitwechsels innerhalb der Zweierkombination sofort erkennbar. Ein Vergleich der momentanen Zeigerlängen bei der fraglichen Bitkombination erlaubt eine Aussage über die Zuverlässigkeit oder Wahrscheinlichkeit der erkannten Zustände. Bei einer Überlagerung des Biphase-Signals mit einem Störsignal können die momentanen Betrags- und/oder Phasenwerte gegenüber den theoretischen Werten teils vergrößert, teils verkleinert werden. Unsicher wird die Auswertung natürlich vor allen Dingen dort, wo die Signalwerte und das Störsignal gegensinnig wirken, weil die resultierenden Differenzsignale eventuell sehr klein werden oder gar zu einem Vorzeichenwechsel führen. Zuverlässigere Aussagen und Auswertungen sind demnach mit relativ großen Signalen möglich, während relativ kleine Signale stets Unsicherheiten mit sich bringen. Wenn eine vorliegende Bitkombination einen Fehler enthält, dann ist die Wahrscheinlichkeit groß, daß die größeren Betragswerte den richtigen und die kleineren den falschen Signalzustand bezeichnen. Der Vergleich erfolgt beispielsweise über eine Differenzbildung der digitalisierten Zeigerlängen, wenn diese als Betragswerte vorliegen. Statt der Betragsbildung, die bei dem üblicherweise in der

Signalverarbeitung verwendeten Zweierkomplementsystem einfach ist, können gegebenenfalls auch quadrierte Zeigerlängen zur Differenzbildung verwendet werden. Als Eingangswerte für das Dekodierungsverfahren können auch die Ausgangssignale eines Cordic-Demodulators dienen. Derartige Cordic-Demodulatoren werden zunehmend zur Demodulation von phasen- und/oder amplitudenmodulierten Signalen verwendet. An einem Ausgang des Cordic-Demodulators ist der momentane Phasenwert und an einem andern Ausgang der momentane Betrag des resultierenden Zeigers abgreifbar. Bei reelwertigen Modulationsverfahren, wie beispielsweise beim Biphase-Signal, liefert der Amplitudenausgang den Betrag des Abtastwertes und der Phasenausgang das positive oder negative Vorzeichen. Ob die einzelnen Funktionseinheiten zur Durchföhrung der Wahrscheinlichkeitsprüfung und zur Dekodierung mittels Programmablaufs, mittels Schaltungstechnik oder in gemischter Form ausgeföhrt sind oder auch für andere Aufgaben mitverwendet werden, ist für die Erfindung unerheblich. Die Erfindung und vorteilhafte Weiterbildungen werden nun anhand der Figuren der Zeichnung näher erläutert: Fig. 1 zeigt schematisch im Zeitdiagramm das Dekodierungsverfahren nach der Erfindung, Fig. 2 zeigt schematisch das Dekodierungsverfahren als Flußdiagramm und Fig. 3 zeigt eine Tabelle zur Bildung einer korrigierten Bitkombination. Im Zeitdiagramm von Fig. 1 sind untereinander die zusammengehöhrigen Daten-, Signal- und Abtastfolgen eines Signalabschnittes von D1 bis D4 dargestellt. Durch Übertragungsfehler wird die Bitfolge auf der Empfängerseite teilweise fehlerhaft empfangen. An einem Beispiel wird gezeigt, wie nach der Erfindung dieser Fehler auf der Empfängerseite korrigiert werden kann, wodurch die ursprüngliche Datenfolge wieder hergestellt wird. Die erste Zeile zeigt das ursprüngliche digitale Signal d0 mit den ursprünglichen Daten D1, D2, D3 und D4, denen die logischen Zustandswerte "1", "0", "0" und schließlich "1" zugeordnet sind. Damit der Übertragungsweg auch bei unterschiedlichsten digitalen Signalfolgen d0 im zeitlichen Mittel gleichpegelfrei bleibt, wird aus der ursprünglichen Datenfolge d0 eine neue Datenfolge S0 gebildet, bei der diese Gleichpegelfreiheit für jedes ursprüngliche Bit erzwungen wird. In der zweiten Zeile wird jedem der ursprünglichen Bits dabei eine Bitkombination Stp zugeordnet, die in sich gleichpegelfrei ist. Im einfachsten Fall wird jedes ursprüngliche Bit durch sein komplementäres Bit ergänzt. Der ursprüngliche Zustand "1" wird so durch die Zustände "1,0" ersetzt. Entsprechend wird der ursprüngliche Zustand "0" durch die Bitkombination "0,1" ersetzt. Eine bekannte Anwendung für die Biphase-Codierung findet sich wie bereits angegeben innerhalb spezieller Rundfunk-Stereo-Signale. Auf der Empfängerseite kann eindeutig aus der Erkennung einer "1,0" - oder "0,1"-Bitfolge wieder auf die ursprünglichen Daten "1" oder "0" zurückgeschlossen werden. Der Übergang zwischen den einzelnen Zuständen erfolgt natürlich nicht abrupt, sondern kontinuierlich. Der zeitliche Verlauf auf der Empfängerseite entspricht dabei etwa dem Phasensignal $p(t)$ und dem Betragssignal $b(t)$ der dritten bzw. vierten Zeile. Um die Übertragung der digitalen Signale mit möglichst wenig Bandbreite durchzuführen, sind die Datenflanken sehr abgerundet und enthalten dadurch wenig Oberwellen. Vorzugsweise werden auf der Sender- und Empfängerseite Nyquist-Filter verwendet, mit denen der Bandbreitenbedarf erheblich eingeschränkt werden kann. Wenn der richtige Abtastzeitpunkt getroffen wird, reicht ein einziger Abtastwert p_s des Phasensignals $p(t)$ aus, um den logischen Zustand des zugehörigen Bits oder Symbols zu erfassen. Auf diese Weise erhält man die Phasenabtastwerte p_0 bis p_7 . Entsprechend der Zeigerdarstellung sollten diese Abtastwerte bei 0 (=360) Grad und +/-180 Grad

liegen.. Im Bogenmaß sind das die Werte 0 ($=2$) und \pm . Welcher dieser Phasenwerte der logischen "1" und logischen "0" zugeordnet wird ist beliebig. In Zeile 3 sind an der Ordinate die mit normierten Phasenlagen des Phasensignals $p(t)$ mit -1 und +1 angegeben, wobei der Ordinatenwert 0 einer mittleren Phasenlage entspricht. Der Phasenbereich von -1 bis 0 ist im Ausführungsbeispiel dem logischen Zustand "1" zugeordnet und der Phasenbereich von 0 bis +1 dem logischen Zustand "0". Die vierte Zeile zeigt den zeitlichen Verlauf des Betragssignals $b(t)$ des resultierenden Zeigers beim Biphase-Signal vor der Dezimation auf die Symbolrate. Da es sich beim Biphase-Signal theoretisch um ein reelwertiges Signal handelt, das nur die diskreten Werte +1 und -1 auf der reellen Achse annimmt, müßte der Betrag zwischen den Werten 0 und 1 hin und herwandern. Zur Ermittlung der Zuverlässigkeit oder der Wahrscheinlichkeit der einzelnen Teile einer fehlerhaften Bitkombination wird das Betragssignal $b(t)$ nach der Erfindung abgetastet und bildet so die Betragsabtwerte b_0, b_1, b_2 bis b_7 . Die Abtastung erfolgt dabei synchron zur Bildung der Phasenabtwerte p_s . Die Phasenabtwerte p_s zeigen, daß innerhalb der ersten, zweiten und vierten Bitkombination ein Vorzeichenwechsel der Phasenabtwerte stattfindet, nicht jedoch in der dritten Bitkombination mit den Abtwerten p_4 und p_5 . Durch Überlagerung von Störsignalen sind diese beiden Abtwerte positiv, entsprechen also jeweils dem logischen Zustand "0". Die fünfte Zeile zeigt ein erstes digitales Signal d_1 , das den Vorzeichen der einzelnen Phasenabtwerte p_0 bis p_7 entspricht. War der Abtwert p_s negativ, dann steht dafür "1", war der Abtwert positiv, dann steht dafür "0". Die zusammengehörigen Bitkombinationen S_{tp} sind mittels Klammern kenntlich gemacht. Die dritte Bitkombination zeigt eine fehlerhafte Bitkombination S_{fp} ; sie ist zusätzlich durch Schraffur hervorgehoben. Die sechste Zeile Diff zeigt die Größenvergleiche der Betragsabtwerte b_s innerhalb der aufeinanderfolgenden Bitkombinationen S_{tp} . Der Größenvergleich erfolgt über die Abtwerte b_0 bis b_7 . Das Ergebnis zeigt das mathematische Vergleichssymbol ">" oder "<" an. In einem Ausführungsbeispiel wird später gezeigt, daß der Vergleich zweckmäßigerweise über eine Subtraktion gebildet wird, deren resultierendes Vorzeichen dann als positives oder negatives Vergleichsergebnis weiterverarbeitet wird. Solange es sich bei den erhaltenen Bitkombinationen um erlaubte Symbolpaare handelt, hat die Vergleichsbildung keine weitere Bedeutung. Anders ist es jedoch bei der fehlerhaften Bitkombination S_{fp} , bei der beide Phasenabtwerte p_4, p_5 positiv sind und somit jeweils einen logischen Zustand "0" signalisieren. Gemäß der Erfindung ist anzunehmen, daß mittels der Auswertung der Betragsabtwerte b_4, b_5 eine Unterscheidung möglich wird. Der größere der beiden Betragsabtwerte zeigt wahrscheinlich die richtige Information und der kleinere Betragsabtwert wahrscheinlich die falsche Information an. Die Wahrscheinlichkeitsbewertung der fehlerhaften Bitkombination S_{fp} zeigt schematisch die Bitfolge S_w der siebten Zeile. In dieser Wahrscheinlichkeitsfolge S_w ist lediglich die dritte Bitkombination S_{wp} von Interesse, weil deren Aussage für die fehlerhafte Bitkombination S_{fp} von Bedeutung ist. Von dieser Bitkombination S_{fp} ist der erste Zustand "0" wahrscheinlich gültig und der zweite Zustand "0" wahrscheinlich falsch. Damit läßt sich sofort eine korrigierte Bitkombination S_{kp} mit "0,1" finden. Dies zeigt die achte Zeile mit der korrigierten Bitfolge S_k . Der Inhalt der ersten, zweiten und vierten Bitkombination in der korrigierten Bitfolge S_k ist dabei ohne Bedeutung. Für die Auswertung kann es jedoch zweckmäßig sein, daß die als gültig erkannten Bitkombinationen S_{tp} vom ersten digitalen Signal d_1 in der korrigierten Bitfolge S_k vorhanden und damit für die Auswerteeinrichtung einfach

zugänglich sind. Die neunte Zeile zeigt schließlich als Ergebnis der Dekodierung ein zweites digitales Signal d_2 , das aus den gültigen und korrigierten Bitkombinationen S_{gp} bzw. S_{kp} wieder die zugeordneten Daten D_1 , D_2 , D_3 und D_4 mit "1", "0", "0" und schließlich "1" bildet, die mit den Daten des ursprünglichen digitalen Signals d_0 wieder identisch sind. Der Übertragungsfehler bei der dritten Bitkombination ist somit korrigiert. In Fig. 2 ist schematisch das Dekodierungsverfahren nach der Erfindung als Flußdiagramm dargestellt. Die Bezugszeichen entsprechen dabei dem Zeitdiagramm nach Fig. 1. In einem ersten Schritt werden Phasen- und Betragsabtastwerte p_s bzw. b_s des Biphas-Signals bzw. aus seinen entsprechenden Komponenten $p(t)$, $b(t)$ gebildet. Da die einzelnen Verfahrensschritte zweckmäßigerweise als digitale Verfahrensschritte ausgebildet sind, werden die Phasen- und Betragsabtastwerte aus bereits digitalisierten Abtastwerten gebildet oder spätestens in diesem ersten Schritt digitalisiert. Falls die ursprüngliche Abtastung und Digitalisierung mit einer Überabtastung erfolgte, enthält der erste Schritt eine Dezimierung zur Bildung der gewünschten Phasen- und Betragsabtastwerte. Für die digitale Signalverarbeitung wird in der Regel ein normierter Skalenbereich von -1 bis +1 verwendet, wobei die einzelnen Werte im Zweierkomplement-Zahlenstandard angegeben werden. Die Digitalisierung der Phasenabtastwerte p_s vereinfacht sich, wenn lediglich das Vorzeichen der Phasenabtastwerte für die weitere Verarbeitung verwendet wird. In einem zweiten Schritt wird aus den digitalisierten Phasensabtastwerten p_s eine Datenfolge gebildet, die ein erstes digitales Signal d_1 darstellt. Entsprechend den beiden Zuständen im Biphas-Signal enthält das digitale Signal d_1 in seiner Bitfolge zwei logische Zustände. Die Entscheidung fällt durch das Vorzeichen der abgetasteten Phasenwerte p_s . In einem dritten Schritt werden aus der Bitfolge des digitalen Signals d_1 zusammengehörige Bitkombinationen S_{tp} gebildet. Jede zusammengehörige Bitkombination ist dabei einem ursprünglichen Datenwert entsprechend der senderseitigen Codierung zugeordnet. Bei dem gleichpegelfreien Codierungsverfahren des Anwendungsbeispiels muß jede Bitkombination S_{tp} einen Bitwechsel aufweisen. Bei den Bits benachbarter Bitkombinationen muß diese Bedingung nicht erfüllt sein. In einem vierten Schritt wird entschieden, ob es sich bei der zusammengehörigen Bitkombination S_{tp} um eine gültige Bitkombination S_{gp} oder um eine fehlerhafte Bitkombination S_{fp} handelt. Zu dieser Entscheidung dient beispielsweise der eben angesprochene Bitwechsel innerhalb der zusammengehörigen Bitkombination S_{tp} . In einem fünften Schritt wird die fehlerhafte Bitkombination S_{fp} einer Wahrscheinlichkeitsprüfung unterzogen. Hierbei werden aus den Betragsabtastwerten b_s Wahrscheinlichkeitswerte gebildet, die entscheiden, welche Teile der fehlerhaften Bitkombination S_{fp} wahrscheinlich richtig und/oder welche wahrscheinlich falsch sind. Wie bereits mehrfach erwähnt, liefert ein Größenvergleich der einzelnen Betragsabtastwerte b_s das Kriterium für die Aussage, welche Teile St_1 , St_2 der Bitkombination S_{fp} wahrscheinlich richtig und/oder welche wahrscheinlich falsch sind. An die Wahrscheinlichkeitsprüfung schließt sich ein sechster Schritt an, in dem eine korrigierte Bitkombination S_{kp} gebildet wird. Die Korrektur ist sehr einfach, weil beispielsweise lediglich das falsche Bit invertiert werden muß. In einem siebten Schritt wird schließlich mittels eines Ausgangsdekoders ein zweites digitales Signal d_2 gebildet, dessen Datenzustände entweder aus der als gültig angesehenen Bitkombination S_{gp} oder beim Vorliegen der fehlerhaften Bitkombination S_{fp} aus der korrigierten Bitkombination S_{kp} gebildet werden. Die Verarbeitungsweise bei der Korrektur läßt sich auch anhand der Tabelle in Fig. 3 am Beispiel von

vier fehlerhaften Bitkombinationen darstellen. Die fünf Spalten zeigen die anfallenden Verarbeitungen und die vier Zeilen geben die Beispiele für die vier möglichen fehlerhaften Bitkombinationen an. Die erste Spalte enthält Zahlenbeispiele für die Betragsabtastwerte bs_0 und bs_{-1} einer Bitkombination Stp . Die zweite Spalte zeigt die logischen Zustände "0" oder "1" des ersten und zweiten Teils St_0 , St_{-1} der Bitkombination Stp , die sich aus den abgetasteten Phasenwerten ps_0 und ps_{-1} ergeben. In keiner der vier Zeilen findet dabei ein Bitwechsel statt. Die dritte Spalte gibt die Differenz $Diff$ an, die sich aus der Differenz der Beträge des momentanen und verzögerten Betragsabtastwertes bs_0 bzw. bs_{-1} der ersten Spalte ergibt. Zusätzlich zeigt diese Spalte das Vergleichsergebnis auch als "<0" oder ">0". Die vierte Spalte zeigt die Wahrscheinlichkeitsbewertungen der beiden Teile Sw_0 bzw. Sw_{-1} der zu untersuchenden Bitkombination Swp . Die durchstrichenen logischen Zustände symbolisieren den vermutlich fehlerhaften Teil. Die nicht durchstrichenen Zustände symbolisieren den vermutlich gültigen Teil. Die letzte Spalte Skp zeigt die einzelnen Teile Sk_0 bzw. Sk_{-1} der korrigierten Bitkombination Skp , aus der wieder der ursprüngliche Zustand "0" oder "1" wie bei einer gültig empfangenen Bitkombination Sgp dekodiert werden kann.

Bezugszeichenliste
 $b(t)$ Betragssignal
 bs ; b_0 ... b_7 Betragsabtastwerte
 bs_0 momentaner Betragsabtastwert
 bs_{-1} um ein Symbolintervall T verzögerter Betragsabtastwert
 c_1 Takt, Systemtakt
 d ursprüngliche Datenfolge
 d_1 , d_2 ... d_{21} / 2. digitales Signal
 D_1 , D_2 , D_3 , D_4 ursprüngliche Daten
 $Diff$ Vergleichsergebnis / Vergleichssignal
 $p(t)$ Phasensignal
 ps ; p_0 ... p_7 Phasenabtastwerte
 ps_0 momentaner Phasenabtastwert
 ps_{-1} um ein Symbolintervall T verzögerter Phasenabtastwert
 S_0 ursprüngliche Bitfolge (Symbolfolge)
 Sf_1 , Sf_2 fehlerhafte Bitkombination
 Sf_2 fehlerhafter Teil der Bitkombination.
 Sfp / Swp / Skp fehlerhafte / w.-bewertete / korrigierte Bitkombination
 Sg_1 gültiger Teil der Bitkombination.
 Sg_1 , Sg_2 gültige Bitkombination
 Sk_1 , Sk_2 / Sk_0 , Sk_{-1} / Skp korrigierte Bitkombination
 St_1 , St_2 / Stp zusammengehörige Bitkombination
 St_0 / St_{-1} momentanes / um ein Symbolintervall T verzögertes Bit
 Sk korrigierte Bitfolge
 Sw Wahrscheinlichkeitsbewertete Bitfolge
 Sw_1 , Sw_2 / Sw_0 , Sw_{-1} Wahrscheinlichkeitswert
 T Symbolintervall

简体中文网页