(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. Februar 2016 (04.02.2016)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/016247 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H04L 12/40 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/067283

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Juli 2015 (28.07.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 214 894.4 30. Juli 2014 (30.07.2014) DE

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: **SILJAK, Nedzad**; Maria-Rekker-Gasse 1/8, A-1100 Wien (AT).

(74) Anwalt: **MAIER, Daniel**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

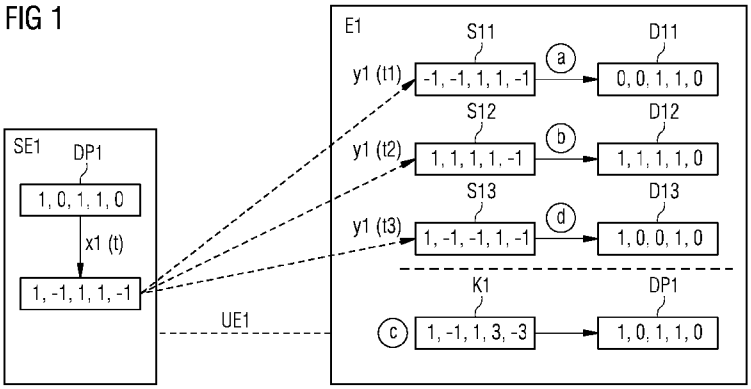
Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

(54) **Title**: METHOD FOR A ROBUST DATA TRANSMISSION

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN ZUR ROBUSTEN DATENÜBERTRAGUNG

FIG 1



(57) **Abstract**: The invention relates to a method for a robust data transmission of data packets (DP1, DP2) between a transmitter (SE1, SE2) and at least one receiver (E1, E2). A data packet (DP1, DP2) which consists of a sequence of symbols is retransmitted (y1(t2), y1(t3)...) a specified number of times. In the method according to the invention, a transmitted data packet (DP1, DP2) is interpreted (a) by the at least one receiver (E1, E2), and in the event of a misinterpretation, a retransmission (y1(t2), y1(t3)...) of said data packet (DP1, DP2) is waited upon in order to be interpreted (b). If the retransmission (y1(t2), y1(t3)...) of the data packet (DP1, DP2) can also not be interpreted, the symbols (S11, S21) of the originally received data packet (DP1, DP2) are combined with the symbols (S12, S13, S22) of the retransmission (y1(t2), y1(t3)...) according to a combination rule and analyzed (c) by the receiver (E1, E2). In the event of an erroneous analysis of the combined symbols (K1, K2), either additional retransmissions (y1(t2), y1(t3)...) are received and interpreted or the symbols of the retransmissions are combined into the originally received data packet until an additional retransmission (y1(t2), y1(t3)...) is correctly interpreted or a correct result is provided from the analysis of the combined symbols (K1, K2). At least one previously received retransmission (y1(t2), y1(t3)...) is taken into consideration when generating the combined symbols (K1, K2).

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/016247 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur robusten Datenübertragung von Datenpaketen (DP1, DP2) zwischen einem Sender (SE1, SE2) und zumindest einem Empfänger (E1, E2). Ein Datenpaket (DP1, DP2), welche aus einer Abfolge an Symbolen besteht, wird dabei eine vorgegebene Anzahl an Wiederaussendungen (y1(t2), y1(t3)...) ausgesendet. Bei erfindungsgemäßen Verfahren wird ein ausgesendetes Datenpaket (DP1, DP2) von dem zumindest einen Empfänger (E1, E2) interpretiert (a) und bei fehlgeschlagener Interpretation auf eine Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3)...) dieses Datenpakets (DP1, DP2) gewartet, um diese zu interpretieren (b). Kann auch die Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3)...) des Datenpakets (DP1, DP2) nicht interpretiert werden, so werden vom Empfänger (E1, E2) die Symbole (S11, S21) des ursprünglich empfangenen Datenpakets (DP1, DP2) mit den Symbolen (S12, S13, S22) der Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3)...) gemäß einer Kombinationsregel symbolweise kombiniert und ausgewertet (c). Bei einer fehlerhaften Auswertung der kombinierten Symbole (K1, K2) werden solange entweder weitere Wiederaussendungen (y1(t2), y1(t3)...) empfangen und interpretiert oder zum ursprünglich empfangenen Datenpaket symbolweise kombiniert, bis eine weitere Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3)...) korrekt interpretiert wird, oder von der Auswertung der kombinierten Symbole (k1, K2) ein korrektes Ergebnis geliefert wird, wobei bei einem Erstellen der kombinierten Symbole (K1, K2) zumindest eine bereits empfangene Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3)...) mitberücksichtigt werden.

Beschreibung

Verfahren zur robusten Datenübertragung

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur robusten Datenübertragung zwischen einem Sender und zumindest einem Empfänger, wobei eine Übertragung der Datenpakete über ein stark gestörtes Übertragungsmedium erfolgt. Ein Datenpaket, welches aus einer Abfolge von Symbolen besteht, wird dabei mit einer vorgegebenen Anzahl an Wiederaussendungen zu dem zumindest einen Empfänger ausgesendet.

Stand der Technik

Mit Datenübertragung werden üblicherweise alle Methoden bezeichnet, bei welchen Informationen, Nachrichten bzw. Daten zwischen zumindest einem Sender und zumindest einem Empfänger übermittelt werden. So werden z.B. auf dem Gebiet der Energieautomatisierung zwischen Energiezählereinheiten (so genannten intelligenter Zähler oder Smart-Meter), Sensoreinheiten oder anderen Einheiten für eine Automatisierung eines Energieversorgungsnetzes mit einer oder mehreren Zentraleinheiten Daten und/oder Nachrichten üblicherweise in Form von Datenpaketen oder Datentelegrammen über ein Übertragungsmedium ausgetauscht. Als Übertragungsmedium für die Datenübertragung wird beispielsweise ein Mobilfunkkanal, ein Unterwasserfunkkanal oder Leitungen des Energieversorgungsnetzes eingesetzt, wobei diese Übertragungsmedien häufig starke Störungen aufweisen. Dadurch können die Datenpakete bzw. Datentelegramme von einem Empfänger nicht oder nur fehlerhaft interpretiert werden.

Als Datenpaket wird üblicherweise eine in sich geschlossene Dateneinheit. Ein Datentelegramm ist ein meist standardisiertes Datenpaket, welches typischerweise digital und seriell übermittelt wird. Es wird meist zum so genannten Fernwirken

und für Steuerungszwecke z.B. bei einer Systemautomatisierung oder in der Energieautomatisierung eingesetzt. Üblicherweise weisen Datenpakete bzw. Datentelegramme z.B. eine definierte Länge und Form auf. Sie bestehen beispielsweise zumindest aus einem Kopfteil oder Header, in welchem Zusatzinformationen für einen Empfänger (z.B. Adressinformationen, Kodierungsinformationen, Information für Fehlererkennung, etc.) hinterlegt sind, und aus einem Nutzdatenanteil, in welchem die eigentliche Information übertragen wird. Durch die vorgegebene Form und Länge können Datenpakete bzw. Datentelegramme z.B. vom Empfänger auf Vollständigkeit, Brauchbarkeit und Fehlerfreiheit geprüft werden.

Für die Übertragung eines Informationsgehalts (z.B. einer Abfolge an Bits) werden in der digitalen Übertragungstechnik Symbole eingesetzt, aus welchen sich das zu übertragenden Datenpaket zusammensetzt. Eine Abbildung einer bestimmten Abfolge von Bits auf konkrete Symbole erfolgt z.B. im Rahmen einer Leitungskodierung. Zu den einfachsten und wichtigsten Symbolalphabeten werden beispielsweise die so genannten unipolaren Symbole, von welchen die Werte 0 oder 1 angenommen werden können, und die so genannten bipolaren Symbole, bei welchen von einem Symbol den Wert 1 oder -1 angenommen werden kann. In beiden Fällen kann einem Symbol genau der Informationsgehalt von einem Bit zugeordnet werden. Für die Übertragung des Datenpakets über das Übertragungsmedium werden dann die einzelnen Symbole in Abhängigkeit der jeweiligen Modulation vom Sender auf ein Trägersignal aufmoduliert – d.h. die Symbole werden z.B. in unterschiedlichen Amplitudenwerten und Phasenlagen eines Trägersignal abgebildet. Empfängerseitig wird dann eine Demodulation durchgeführt, um die Symbole vom Trägersignal zu trennen bzw. um den Informationsgehalt des Datenpakets wieder zu erhalten. Durch z.B. physikalisch bedingte Störungen im Übertragungsmedium wie z.B. Rauschen kann es dann beispielsweise empfängerseitig zu einer fehlerhaften Demodulation und damit Interpretation der übertragenen Symbole kommen, da diese durch die Störungen verändert wurden.

Um beispielsweise bei Übertragungsmedien mit ausgeprägten Störungen wie z.B. einem Funkkanal, Unterwasserfunkkanal oder einer Stromleitung, etc. eine robuste – d.h. möglichst fehlerfrei – Datenübertragung zu erhalten, werden Datenpakete häufig mit einer vorgegebenen Anzahl an Wiederaussendungen ausgesendet. Dies kann beispielweise durch einen Übertragung mit Zeitdiversität des Datenpakets erfolgen oder durch einen Einsatz von so genannten Repeatern. Bei einem Übertragungsverfahren mit Zeitdiversität wird das Datenpaket vom Sender zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgesendet. Vom Empfänger werden dann eine der Anzahl an Wiederaussendungen entsprechende Anzahl an Datenpaketversionen empfangen, wobei der übertragene Signalverlauf der jeweiligen Datenpaketversion mehr oder weniger gestört sein kann. Werden in einem Übertragungsmedium/-netz Repeater eingesetzt, so soll durch die Repeater die effektive Reichweite des übertragenen Signals mit dem Datenpaket erhöht und durch das Wiederaussenden dieses Datenpakets durch die Repeater z.B. die Übertragungsqualität verbessert werden. Vom Empfänger werden dann in diesem Fall einerseits das vom Sender original versendete Datenpaket sowie die Wiederaussendungen des Datenpakets durch die im Netz befindlichen Repeater empfangen.

In beiden Fällen erhält der Empfänger mehrere mehr oder weniger gestörte Datenpaketversionen bzw. zu den jeweiligen Datenpaketversionen gehörende Signalverläufe. Diese Versionen bzw. Signalverläufe müssen vom Empfänger dann beispielsweise nach bestimmten Vorgaben zusammengesetzt werden, um z.B. eine Demodulation durchzuführen und um möglichst fehlerfrei zu einem Informationsgehalt des Datenpakets zugelangen. Für dieses Zusammensetzen können beispielsweise Algorithmen entwickelt werden, indem z.B. ein bestimmtes Übertragungsqualitätsmerkmal optimiert wird – wie z.B. Maximierung eines Signal-Rausch-Verhältnisses, Minimierung einer Bitfehler- oder Paketfehlerrate. Derartige Algorithmen sind meist sehr komplex und bedürfen einer relativ hohen Rechenleistung, welche durch eine entsprechende Hardware (z.B. digitale Signalprozessoren, größere und schnellere Speichereinheiten, etc.) in den jewei-

ligen Sendern und Empfängern eingesetzt werden muss. Daher ist beispielsweise die Anwendung von mathematischen Verfahren bzw. Algorithmen, durch welche eine Signalkombination von mehreren Signalverläufen eines bestimmten Datenpakets mittels Optimierung eines Übertragungsqualitätsmerkmals durchgeführt wird, meist kostenintensiv und aufwendig. Für einfache Sender und Empfänger sind diese Algorithmen und mathematischen Verfahren daher z.B. meist zu komplex, da diese nicht über die notwendige Rechenleistung und/oder Hardware verfügen. Andererseits sind in diesen einfachen Sendern und Empfängern, wie sie beispielsweise für Fernwirken oder Fernabfragen in Energieversorgungsnetzen (z.B. Smart-Grid-Anwendungen, etc.) oder in drahtlosen Sensornetzwerken eingesetzt werden, sehr einfache Übertragungsverfahren implementiert und eine Sendeleistung ist begrenzt.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, durch welches eine robuste und implementierungstechnisch einfache Datenübertragung und empfängerseitig einfache Dateninterpretation bei mehreren Wiederaussendungen eines Datenpakets ohne großen zusätzlichen Rechen- und Hardwareaufwand sowie ohne zusätzliche Kosten mit einfachen Sendern und Empfängern realisiert werden kann.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt, durch ein Verfahren der eingangs angegebenen Art, bei welchem folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:

(a) ein vom Sender ausgesendetes Datenpaket wird von dem zumindest einen Empfänger interpretiert,

(b) bei einer fehlgeschlagenen Interpretation des Datenpakets wird auf eine Wiederaussendung dieses Datenpaket gewartet und dann diese Wiederaussendung interpretiert,

(c) bei einer fehlgeschlagenen Interpretation der Wiederaussendung werden vom Empfänger die Symbole des ursprünglich empfangenen Datenpakets mit den Symbolen der Wie-

deraussendung dieses Datenpakets anhand einer Kombinationsregel symbolweise kombiniert und ausgewertet,

(d) bei einer fehlerhaften Auswertung der kombinierten Symbole werden die Schritte b und c solange wiederholt, bis eine weitere Wiederaussendung korrekt interpretiert wird, oder von der Auswertung der kombinierten Symbole ein korrektes Ergebnis geliefert wird, wobei bei einem Erstellen der kombinierten Symbole zumindest eine bis dahin empfangene Wiederaussendung des Datenpakets mitberücksichtigt wird.

Der Hauptaspekt der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung besteht darin, dass mit einem implementierungstechnisch einfachen Verfahren eine robuste Datenübertragung für stark gestörte Übertragungsmedien und einfache Sender und Empfänger realisiert werden kann. Durch eine wiederholte Auswertung der jeweils empfangenen Aussendung bzw. Wiederaussendung eines Datenpakets bzw. durch eine einfache, symbolweise Kombination der empfangenen Datenpaketaussendung und von zumindest einer der empfangenen Wiederaussendungen auf Seiten des Empfängers, welche symbolweise ausgewertet wird, wird eine einfache Implementierung sowie eine breite Anwendbarkeit – unabhängig von der jeweils verwendeten Modulation (z.B. Frequency Shift Keying (FSK), Phase Shift Keying (PSK), Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM), etc.) erreicht. Für eine Erstellen der kombinierten Symbole können neben der Aussendung des Datenpakets zumindest eine der bis zum Erstellen der jeweiligen Kombination (d.h. bis zur jeweiligen Wiederholung des Schritts c)) empfangenen Wiederaussendungen genutzt werden. D.h. es können z.B. alle bereits empfangenen Wiederaussendungen oder nur ein Teil bzw. eine Auswahl der bereits empfangenen Wiederaussendungen für die Kombination berücksichtigt werden, wobei mit einer Anzahl an verwendeten Wiederaussendungen eine Genauigkeit der kombinierten Symbole steigt. Die bei der Kombination berücksichtigten Wiederaussendungen müssen dann z.B. im Empfänger gespeichert werden.

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren auf einfache Weise in sehr einfachen Empfänger wie z.B. Empfängern in drahtlosen Sensornetzwerken oder Empfängern für Smart-Grid-Anwendungen bzw. Energieautomatisierungsanwendungen implementiert und eingesetzt werden, obwohl diese nur über eine begrenzte Rechenleistung verfügen. Eine Erweiterung mit z.B. kostspieliger Hardware (z.B. digitalen Signalprozessoren, Speichereinheiten, etc.) ist daher nicht notwendig.

Eine zweckmäßige Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahren sieht dabei vor, dass als Kombinationsregel vom Empfänger eine symbolweise Addition der empfangenen Symbole des Datenpakets mit den empfangenen Symbolen der jeweiligen Wiederaussendung des Datenpakets durchgeführt wird. Dabei werden die Symbole der jeweils aktuell empfangenen Wiederaussendung vom Empfänger zu einem Ergebnis der Addition addiert. D.h. bei einer ersten Wiederaussendung eines Datenpakets werden diese Wiederaussendung und das empfangene Datenpaket symbolweise addiert. Bei allen weiteren empfangenen und auszuwertenden Wiederaussendungen wird die jeweilige Wiederaussendung symbolweise zum aktuellen Additionsergebnis addiert. Damit werden bei jeder symbolweisen Addition alle bereit empfangenen Wiederaussendungen des Datenpakets und das Datenpaket selbst bei der Auswertung berücksichtigt. Das Ergebnis der Addition wird dann symbolweise mittels einer Mehrheitsentscheidung ausgewertet. Eine symbolweise Addition stellt eine einfache Rechenoperation bzw. Kombinationsregel dar, welche ohne großen Aufwand und ohne komplexe und teure Hardware in einfachen Empfänger realisiert werden kann.

Für eine Übertragung des Datenpakets ohne Kanalkodierung kann das symbolweise Additionsergebnis dann z.B. sehr einfach dekodiert werden. Dabei wird beispielsweise bei einem Einsatz von bipolaren Symbolen ausgewertet, ob das Additionsergebnis für eine bestimmte Symbolposition in der Abfolge einen negativen oder positiven Wert aufweist. Entsprechend dem jeweiligen Vorzeichen des Additionsergebnisses an dieser Symbolposition wird das Symbol dann entweder als eine Bitinformation 1

oder eine Bitinformation 0 interpretiert. Wird ein Datenpaket kodiert bzw. mit Kanalkodierung übertragen, so wird das Additionsergebnis der jeweiligen Symbolpositionen z.B. einem entsprechenden Decoder zugeführt. Symbole können oft auch eine Zusatzinformation oder Soft-Information enthalten. Durch die symbolweise Addition wird diese Zusatzinformation beibehalten und geht nicht verloren. Die Addition als Kombinationsregel weist damit auch den Vorteil auf, dass z.B. auch von den zusammengesetzten Symbolen (= Additionsergebnis) einem nachfolgenden Decoder diese Zusatzinformation geliefert werden kann. Es wird damit auch eine Effizienz des erfindungsgemäßen Verfahrens gesteigert wird.

Es ist vorteilhaft, wenn in einem Kopfteil des vom Sender ausgesendeten Datenpakets die vorgegebene Anzahl an Wiederaussendungen des Datenpakets mitgesendet wird. Dem Empfänger ist damit die Anzahl der Wiederaussendungen des Datenpakets bekannt, welche gegebenenfalls maximal interpretiert, behalten/zwischengespeichert und kombiniert werden müssen. Empfängerseitig kann auf sehr einfache Weise festgestellt werden, ob zumindest der Kopfteil des Datenpakets richtig empfangen worden ist, und dem. Üblicherweise werden bei Datenübertragungen über gestörte Übertragungsmedien Prüfverfahren eingesetzt, durch welche geprüft werden kann, ob das empfangene Datenpaket zumindest den formalen Vorgaben (z.B. Länge, Form, etc.) entspricht. Ein derartiges Prüfverfahren ist z.B. die zyklische Redundanzprüfung (CRC), bei welchen ein Prüfwert für das Datenpaket bestimmt wird, um Fehler bei der Übertragung zu erkennen.

Bei der zyklischen Redundanzprüfung wird beispielsweise im Datenpaket oder für eine Teil des Datenpakets ein so genannter CRC-Wert eingefügt, welcher nach einem bestimmten Verfahren berechnet wird, und mit dessen Hilfe ein bei der Übertragung aufgetretener Fehler erkannt werden kann. Zur Überprüfung der Daten wird dasselbe Berechnungsverfahren auf das Datenpaket bzw. einen Teil des Datenpakets einschließlich des angefügten CRC-Werts angewandt. Das Ergebnis gibt dann Auf-

schluss darüber, ob das Datenpaket bzw. der Teil des Datenpakets unverfälscht angekommen ist. Die zyklische Redundanzprüfung ist dabei so ausgelegt, dass Fehler bei der Übertragung z.B. aufgrund von Rauschen, etc. mit hoher Wahrscheinlichkeit entdeckt werden, es kann aber damit keine Integrität der Daten bestätigt werden. Damit kann auf einfache Weise vom Empfänger geprüft werden, ob der Kopfteil des Datenpakets korrekt angekommen ist, und es sind damit empfängerseitig die Anzahl der Wiederaussendungen des Datenpakets bekannt. Der Empfänger weist damit auf einfache Weise, wie viele Wiederaussendungen interpretiert, gegebenenfalls behalten und symbolweise kombiniert werden müssen.

Es ist auch günstig, wenn das Datenpaket über das Übertragungsmedium mit einer Kanalkodierung, insbesondere einem Wiederholungskode, übertragen wird. Durch die Verbindung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer Kanalkodierung wie z.B. der Kanalkodierung mittels Wiederholungskode können kostengünstig sehr robuste Sender-/Empfängerkombinationen gebaut werden. Bei einer Kanalkodierung mittels Wiederholungskode wird beispielswiese jedes Bit bzw. Symbol des Datenpakets mit einer vorgegebenen Koderate (z.B. 1 zu 3) vor dem Senden wiederholt und dann das derart kodierte Datenpaket übertragen. Dadurch wird von den benachbarten Symbolen - z.B. bei einer Koderate 1 zu 3 von den drei benachbarten Symbolen – die gleiche Information bzw. das gleiche Bit übertragen. Vom Empfänger kann dann auf sehr einfache Weise z.B. zuerst die Kombinationsregel, insbesondere die Addition, auf die Symbole angewendet werden und dann die erhaltene Symbolfolge decodiert werden. Durch den Einsatz einer Kanalkodierung wird damit die Datenübertragung zwischen Sender und Empfänger robuster bzw. weniger anfällig gegenüber Störungen.

Zweckmäßiger Weise werden die Wiederaussendungen des Datenpakets zeitlich versetzt vom Sender durchgeführt. Dabei werden das Datenpaket und die Wiederaussendungen vom Sender zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgesendet. Vom Empfänger werden dann das originale Datenpaket und die Wiederaussendungen –

mehr oder weniger gestört – empfangen und können entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren interpretiert und ausgewertet werden. D.h. es wird zuerst versucht, das Datenpaket bzw. die jeweilige Wiederaussendung korrekt zu interpretieren. Bei einer festgestellten Fehlinterpretation wird dann immer die jeweils aktuell empfangene Wiederaussendung zur Kombination aus Datenpaket und den jeweils davor empfangenen Wiederaussendungen kombiniert. Diese neue Kombination wird dann ausgewertet.

Alternativ können die Wiederaussendungen des Datenpakets auch mit Hilfe von zumindest einem so genannten Repeater durchgeführt werden. Dabei werden z.B. im Übertragungsmedium Repeater eingesetzt und die effektive Reichweite der Aussendung des Datenpakets zu erhöhen. Vom Empfänger wird zur Interpretation, zum Speichern, Kombinieren und Auswerten dann jeweils das von Sender original ausgesendete Datenpaket sowie die Wiederaussendungen durch die im Übertragungsmedium bzw. Kommunikationsnetz befindlichen Repeater erhalten. Damit werdendem Empfänger ebenfalls das Datenpaket sowie Wiederaussendungen für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und zum Finden einer korrekten Übertragung des Datenpakets zur Verfügung gestellt.

Es ist auch vorteilhaft, wenn als Übertragungsmedium ein Funkkanal, ein so genannter Powerline-Communication-Kanal und/oder ein Unterwasser-Kanal (z.B. Seekabel, etc.) eingesetzt werden. Bei einer Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens für diese Übertragungsmedien können trotz zeitlicher Schwankungen in der Übertragungsqualität und Störungen empfängerseitig Datenpakete korrekt interpretiert und ausgewertet werden. Weiterhin können beispielsweise vorhandene Ressourcen – wie z.B. ein Energieversorgungsnetz bei Smart-Meter- oder Energieautomatisierungsanwendungen mittels Powerline-Communication – für eine möglichst fehlerfreie Datenübertragung eingesetzt werden. Die Sender und Empfänger für ein Power-Line-Communication- oder PLC-Übertragungsverfahren sind häufig aus Kostengründen sehr einfach gehalten. Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann daher ohne zusätzlichen

Aufwand bei Hardware und/oder Rechenleistung eine robuste Datenübertragung für PLC erzielt werden. Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren beispielsweise auch in bestehende, standardisierte PLC-Übertragungsverfahren wie z.B. PRIME, G3, etc. eingebaut werden, von welchen üblicherweise von einem relativ ungestörten Übertragungsmedium ausgegangen wird. Durch das erfindungsgemäße Verfahren können z.B. diese PLC-Übertragungsverfahren robuster und fehlerresistenter gemacht werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

Die Erfindung wird nachfolgend schematisch in beispielhafter Weise anhand der beigefügten Figuren erläutert. Figur 1 zeigt dabei schematisch einen beispielhaften Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zur robusten Datenübertragung für Datenpakete. In Figur 2 ist beispielhaft und schematisch der Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zur robusten Datenübertragung mit einer beispielshaften Kanalkodierung dargestellt.

Ausführung der Erfindung

Figur 1 zeigt in schematischer Weise einen beispielhaften Sender SE1 und einen beispielhaften Empfänger E1, welche beispielsweise als einfache Sender SE1 und Empfänger E1 ausgestaltet sind wie z.B. Sender/Empfänger in drahtlosen Sensornetzwerken, für Smart-Grid- oder Energieautomatisierungsanwendungen. Zwischen dem Sender SE1 und dem Empfänger E1 werden über ein Übertragungsmedium UE1 Datenpakete DP1 ausgetauscht. Das Übertragungsmedium UE1 wie z.B. einen Mobilfunkkanal, Unterwasserfunkkanal oder einen Powerline-Communcations-Kanal, bei welchen Leitungen eines Energieversorgungsnetzes für eine Datenübertragung genutzt werden, ist dabei von zeitlichen Schwankungen in der Übertragungsqualität und starken Störungen betroffen.

Vom beispielhaften Sender SE1 wird ein Datenpaket DP1, welches aus einer Abfolge an Dateneinheiten bzw. Bits besteht,

mit einer vorgegebenen Anzahl an Wiederaussendungen ausgesendet. Vom in der Figur 1 dargestellten Sender SE1 wird für die Wiederaussendungen z.B. ein Übertragungsverfahren mit Zeitdiversität genutzt. D.h. vom Sender SE1 wird das zu übertragende Datenpaket DP1 bzw. eine durch digitale Modulation generierte zugehörige analoge Nachricht x1(t) zu unterschiedlichen Zeitpunkten t1, t2, t3, etc. an den zumindest einen Empfänger E1 versendet. Die Anzahl der zeitversetzten Wiederaussendung ist dabei vorgegeben und kann z.B. einen Wert von fünf haben. D.h. vom Sender SE1 wird die Nachricht x1(t) fünfmal wiederausgesendet. Die Anzahl der Wiederaussendungen y1(t2), y1(t3), etc. kann dem Empfänger E1 z.B. in einem Kopfteil des vom Sender ausgesendeten Datenpakets DP1 mitgeteilt werden.

Vor dem Versenden wird das zu übertragende Datenpaket DP1 bzw. die zu übertragende Bitfolge – in Figur 1 ist dies die beispielhafte Bitfolge 1, 0, 1, 1, 0 – mittels digitaler Modulation beispielsweise auf eine bipolare Symbolfolge und damit auf eine analoge Nachricht x1(t) abgebildet. Bei einer bipolaren Symbolfolge wird jedem Bit ein Symbol zugeordnet, wobei einem Bit mit dem Wert 1 ein Symbol mit dem Wert 1 und einem Bit mit dem Wert 0 ein Symbol mit dem Wert -1 zugeordnet wird. D.h. für die beispielhafte Bitfolge in Figur 1 ergibt sich für das Datenpaket DP1 eine Symbolabfolge von 1, -1, 1, 1, -1, welche dann für die Datenübertragung z.B. auf einen Träger aufmoduliert werden. Dabei kann eine beliebige Modulation wie z.B. FSK, PSK, OFDM, Wavelet-OFDM, Pulsamplitudenmodulation, etc. für das erfindungsgemäße Verfahren verwendet werden. Bei dem in Figur 1 dargestellten beispielhaften Verfahrensablauf wird z.B. keine Kanalkodierung wie z.B. eine Wiederholungskodierung angewendet.

Nach der digitalen Modulation wird das Datenpaket DP1 bzw. die zugehörige analoge Nachricht x1(t) vom Sender SE1 z.B. zeitversetzt zu den Zeitpunkten t1, t2, t3, etc. die vorgegebene Anzahl an Wiederaussendung (z.B. fünfmal) hintereinander ausgesendet. Eine erste Aussendung y1(t1) der analoge Nach-

richt x1(t) sowie die Wiederaussendungen y1(t2), y1(t3), etc. werden vom Empfänger E1 mehr oder weniger fehlerhaft empfangen. In Figur 1 sind der Einfachheit halber nur die erste Aussendung y1(t1) des Datenpakets DP1 bzw. der zugehörigen analogen Nachricht x1(t) sowie zwei Wiederaussendungen y1(t2), y1(t3) dargestellt, wobei jede empfangene Symbolfolge S11, S12, S13, etc. z.B. einen Fehler aufweist.

In einem ersten Verfahrensschritt a wird vom Empfänger die erste Aussendung y1(t1) des Datenpakets DP1 empfangen. Diese erste Aussendung y1(t1) wird im Empfänger E1 mittels digitaler Demodulation als z.B. bipolare Symbolfolge S11 – z.B. in Figur als erste empfangene Symbolfolge S11 mit den beispielhaften Werten -1, -1, 1, 1, -1 – abgebildet. Diese in Figur 1 beispielhaft dargestellte erste empfangene Symbolfolge S11 kann dann vom Empfänger E1 auf eine erste Bitfolge D11 bzw. erste Datenpaketversion D11 mit den Werten 0, 0, 1, 1, 0 umgesetzt werden. Die erste Aussendung y1(t1) des Datenpakets DP1 wird dann vom Empfänger E1 interpretiert. Da die erste empfangene Symbolfolge S11 bzw. die erste Datenpaketversion D11 fehlerhaft ist – es ist z.B. das erste Symbol bzw. erste Bit falsch, kann vom Empfänger E1 keine korrekte Interpretation durchgeführt werden.

Aufgrund der fehlgeschlagenen Interpretation wird die erste empfangene Symbolfolge S11 vom Empfänger E1 behalten und in einem zweiten Verfahrensschritt b auf eine Wiederaussendung y1(t2), y1(t3), etc. des Datenpakets DP1 bzw. der zugehörigen, analogen Nachricht x1(t) durch den Sender SE1 gewartet. Wird vom Empfänger E1 eine erste Wiederaussendung y1(t2) empfangen, so wird diese anlog der ersten empfangenen Aussendung y1(t1) mittels digitaler Demodulation in z.B. eine bipolare Symbolfolge S12 umgewandelt. Die zweite empfangene Symbolfolge S12 in Figur 1 weist z.B. die beispielhaften Werte 1, 1, 1, 1, -1 auf und kann im Empfänger E1 in eine zweite Datenpaketversion D12 mit den Werten 1, 1, 1, 1, 0 umgesetzt werden. Die erste Wiederaussendung y1(t2) des Datenpakets DP1 bzw. die zweite Symbolfolge S12 wird dann vom Empfänger E1 inter-

pretiert. Da auch diese zweite Datenpaketversion D12 bzw. diese zweite empfangene Symbolfolge S12 einen Fehler (z.B. an der zweiten Position) aufweist, kommt es auch bei dieser Interpretation zu keiner korrekten Interpretation.

Daher wird in einem dritten Verfahrensschritt c vom Empfänger E1 die erste empfangene Symbolfolge S11 und die zweite empfangene Symbolfolge S12 symbolweise nach einer vorgegebenen Kombinationsregel kombiniert. Die Kombinationsregel sieht z.B. vor, dass eine symbolweise Addition der empfangenen Symbolfolgen S11, S12 (z.B. bei bipolaren Symbolen vorzeichenrichtig) durchgeführt wird. D.h. bei dem in Figur 1 beispielhaft dargestellten Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens werden im dritten Verfahrensschritt c die erste empfangene Symbolfolge S11 (-1, -1, 1, 1, -1) und die zweite empfangene Symbolfolge S12 (1, 1, 1, 1, -1) symbolweise und vorzeichenrichtig kombiniert – z.B. addiert. Ein Zwischenkombinationsergebnis wurde der Einfachheit halber in Figur 1 nicht dargestellt. Diese Zwischenkombinationsergebnis bzw. ein Ergebnis der Kombination wird dann symbolweise vom Empfänger E1 z.B. mittels einer Mehrheitsentscheidung ausgewertet. D.h., dass beispielsweise bei einer Übertragung ohne Kanalkodierung und bei Verwendung von bipolaren Symbolen die Symbole des Zwischenkombinationsergebnisses symbolweise entsprechend dem jeweiligen Vorzeichen einer jeweiligen Symbolposition ausgewertet werden. Entsprechend dem jeweiligen Vorzeichen der Symbolposition im Zwischenkombinationsergebnis wird ein negativer Wert als eine Bitinformation 0 und ein positiver Wert als eine Bitinformation 1 decodiert.

Kann das Zwischenkombinationsergebnis vom Empfänger E1 nicht korrekt bzw. nur fehlerhaft ausgewertet werden, so werden in einem vierten Verfahrensschritt d der zweite und dritte Verfahrensschritt b, c solange wiederholt, bis zumindest eine weitere Wiederaussendung y1(t3) des Datenpakets DP1 korrekt interpretiert wird, oder von einer Auswertung der kombinierten Symbole K1 gemäß der Kombinationsregel ein korrektes Ergebnis geliefert wird. Dabei wird beim Erstellen der kombi-

nierten Symbole K1 zumindest eine der bis dahin empfangenen Wiederaussendungen y1(t2), y1(t3), etc. berücksichtigt. Für ein genaues Zwischenkombinationsergebnis – wie in Figur 1 beispielhaft dargestellt – können z.B. alle bis dahin empfangenen Wiederaussendungen y1(t2), y1(t3), etc. berücksichtigt werden. Es ist aber auch möglich, dass beispielsweise nur ein Teil der bis dahin empfangenen Wiederaussendungen y1(t2), y1(t3), etc. berücksichtigt wird, um z.B. einen Speicheraufwand im Empfänger E1 zu reduzieren, da nur die berücksichtigten Wiederaussendungen y1(t2), y1(t3), etc. im Empfänger E1 gespeichert werden müssen.

Das bedeutet, wenn z.B. alle bereits empfangenen Wiederaussendungen y1(t2), y1(t3), etc. berücksichtigt werden sollen, dass bei einer fehlgeschlagenen Auswertung des Zwischenkombinationsergebnisses aus erster und zweiter Symbolfolge S11, S12 von Empfänger E1 die erste Wiederaussendung y1(t2) bzw. die zugehörige, zweite Symbolfolge S12 behalten wird. Es wird vom Empfänger E1 als ein erster Teil des vierten Verfahrensschritt d der zweite Verfahrensschritt b wiederholt und auf eine weitere, zweite Wiederaussendung y1(t3) des Datenpakets DP1 gewartet, welche in eine dritte, empfangene Symbolfolge S13 (z.B. mit den Werten 1, -1, -1, 1, -1) mittels digitaler Demodulation umgesetzt wird. Aus dieser dritten Symbolfolge S13 kann eine dritte Datenpaketversion D13 (z.B. mit den Werten 1, 0, 0, 1, 0) abgeleitet werden. Da auch die dritte Symbolfolge S13 bzw. die dritte Datenpaketversion (z.B. an der dritten Position) ein Fehler aufweist, führt auch die Interpretation der dritten, empfangenen Symbolfolge S13 durch den Empfänger E1 zu einer fehlgeschlagenen Interpretation.

Es wird nun vom Empfänger als ein zweiter Teil des vierten Verfahrensschritt d der dritte Verfahrensschritt c wiederholt. Die Symbole der dritten, empfangenen Symbolfolge S13 werden symbolweise mit den Symbolen der ersten und zweiten Symbolfolge S12, S13 nach der vorgegebenen Kombinationsregel kombiniert. So werden z.B. bei einer Addition als Kombinationsregel die Symbole dieser drei Symbolfolgen S11, S13, S13

symbolweise und bei z.B. einer Verwendung von bipolaren Symbolen vorzeichenrichtig addiert. Als kombinierte Symbole K1 bzw. Zwischenkombinationsergebnis K1 ergibt sich damit beispielsweise eine Symbolfolge von 1, -1, 1, 3, -3. Dieses Zwischenkombinationsergebnis K1 wird dann wieder vom Empfänger z.B. mittels Mehrheitsentscheidung ausgewertet. Es wird dabei beispielsweise eine Bitfolge 1, 0, 1, 1, 0 erhalten, welche der Bitfolge des ausgesendeten Datenpakets entspricht. D.h. vom Empfänger E1 wird das ausgesendete Datenpaket bereits nach der dritten Wiederaussendung y1(t3) richtig decodiert. Von der Auswertung der kombinierten Symbole bzw. des Zwischenkombinationsergebnisses K1 wird ein korrektes Ergebnis geliefert. Vom Empfänger E1 muss daher nicht mehr auf die weiteren Wiederaussendungen des Datenpakets DP1 gewartet werden.

Bei einer fehlgeschlagenen Auswertung des Zwischenkombinationsergebnisses K1 würde der vierte Verfahrensschritt d und damit der zweite und dritte Verfahrensschritt b, c wiederholt werden. Gegebenenfalls wird vom Empfänger E1 die im Kopfteil des Datenpakets DP1 angegebene Anzahl an Wiederaussendungen y1(t2), y1(t3), etc. abgewartet und berücksichtigt, wenn nicht davor eine Wiederaussendung y1(t2), y1(t3), etc. korrekt interpretiert worden ist oder eine Auswertung eines Zwischenkombinationsergebnis K1 zu einem korrekten Ergebnis geführt hat.

In Figur 2 ist ein weiterer beispielhafter Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zur robusten Datenübertragung schematisch dargestellt. Figur 2 zeigt wieder einen beispielhaften Sender SE2 sowie einen beispielhaften Empfänger E2, zwischen welche über ein sehr gestörtes Übertragungsmedium UE2 (z.B. Funkkanal, Unterwasserfunkkanal, PLC-Kanal, etc.) z.B. für Anwendungen drahtloser Sensornetz, Smart-Grids oder Energieautomatisierung Datenpakete DP2 ausgetauscht werden.

Vom beispielhaften Sender SE2 wird ein Datenpaket DP2 mit einer beispielhaften Bitfolge 1, 0, 1 ausgesendet. Weiterhin

wird vom Sender SE2 beispielsweise für eine bessere Übertragungsqualität eine Kanalkodierung mit einem Wiederholungskode eingesetzt. Das heißt, aus dem Datenpaket DP2 mit der beispielhaften Bitfolge 1, 0, 1 wird ein kodiertes Datenpaket cDP2 generiert, indem jedes Bit einer vorgegebenen Koderate (z.B. mit der Koderate 3) vor dem Senden wiederholt wird. Daraus ergibt sich ein kodiertes Datenpaket cDP2 mit einer beispielhaften Bitfolge 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, in welcher das jeweilige Bit entsprechend der beispielhaften Koderate 3 wiederholt ist. Das kodierte Datenpaket cDP2 wird dann vom Sender SE2 vor dem Versenden auf eine z.B. bipolare Symbolfolge (z.B. 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1) abgebildet und dann mittels digitaler Modulation auf eine analoge Nachricht x2(t) umgesetzt.

In Figur 2 werden für Wiederaussendungen y2(t2) der analogen Nachricht x2(t) beispielsweise Repeater R eingesetzt. Der Einfachheit halbe ist in Figur 2 nur ein beispielhafter Repeater R mit einer beispielhaften Wiederaussendung y2(t2) dargestellt. Nach der digitalen Modulation wird vom Sender die analoge Nachricht x2(t) des kodierten Datenpakets cDP2 über das Übertragungsmedium UE ausgesendet. Diese Nachricht x2(t) wird einerseits vom Repeater R empfangen und z.B. vom diesen verstärkt und dann als Wiederaussendung y2(t2) über das Übertragungsmedium UE2 weitergesendet. Anderseits wird die ausgesendete analoge Nachricht x2(t) als Aussendung y2(t1) des kodierten Datenpakets cDP2 vom Empfänger E2 im ersten Verfahrensschritt a empfangen.

Die Aussendung y2(t1) wird im Empfänger E2 mittels digitaler Demodulation in eine z.B. bipolare Symbolfolge S21 mit den beispielhaften und aufgrund der gestörten Übertragung fehlerhaften Werten (1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, 1) umgesetzt. Aus dieser ersten empfangenen Symbolfolge S21 kann dann mittels Dekodierung eine zugehörige, aber fehlerhafte erste Datenpaketversion D21 – z.B. mit der Bitfolge 0, 0, 1 abgeleitet werden, wobei beispielsweise zu berücksichtigen ist, dass aufgrund der beispielhaften Kanalkodierung mit einem Wieder-

holungskode 3 immer von drei Symbol ein Bit repräsentiert wird. Die Aussendung y2(t1) des kodierten Datenpakets cDP2 wird also vom Empfänger E2 decodiert und interpretiert. Da diese Aussendung y2(t1) fehlerhaft ist, kann vom Empfänger E2 keine korrekte Interpretation durchgeführt werden.

Aufgrund der fehlgeschlagenen Interpretation wird die erste empfangene Symbolfolge S12 vom Empfänger E2 behalten und im zweiten Verfahrensschritt b auf eine Wiederaussendung y2(t2), etc. des kodierten Datenpakets cDP2 gewartet. Von Empfänger E2 wird dann z.B. eine erste Wiederaussendung y2(t2) des zumindest einen Repeaters R im Kommunikationsnetz erhalten. Diese erste empfangene Wiederaussendung y2(t2) wird dann ebenfalls mittels digitaler Demodulation in z.B. eine bipolare Symbolfolge S22 (z.B. 1, 1, 1, 1, -1, 1, 1, 1, 1) umgewandelt. Mittels Dekodierung kann daraus z.B. einen zweite Datenpaketversion D22 mit der ebenfalls fehlerhaften Bitfolge 1, 1, 1 abgeleitet werden.

Im zweiten Verfahrensschritt b wird die erste Wiederaussendung y2(t2) des kodierten Datenpakets cDP2 bzw. die zweite Symbolfolge S12 vom Empfänger E1 interpretiert. Da auch diese zweite Datenpaketversion D22 bzw. diese zweite empfangene Symbolfolge S22 fehlerhaft ist, kommt es auch bei dieser Interpretation zu keiner korrekten Interpretation. Es wird daher der dritte Verfahrensschritt c durchgeführt. Das bedeutet, die erste Symbolfolge S21 der Aussendung y2(t1) wird gemäß der vorgegebenen Kombinationsregel (z.B. symbolweise Addition) mit der zweiten Symbolfolge S22 der Wiederaussendung y2(t2) kombiniert und aufgrund der in Figur 2 vorliegenden Kanalkodierung einem Decoder zum Dekodieren der Kanalkodierung mit Wiederholungskode zugeführt. Eine symbolweise Auswertung des Kombinationsergebnisses K2 erfolgt beispielsweise erst nach der Dekodierung. Das Kombinationsergebnis K2 nach der Dekodierung ergibt für die in Figur 2 beispielhaften Symbolfolgen eine dekodierte, kombinierte Symbolfolge K2 mit den Werten 2, -2, 6, welche dann z.B. mittels Mehrheitsentscheidung ausgewertet bzw. in einen Bitfolge DP2 umgesetzt werden

können. Wird z.B. wieder für negative Werte eine Bitwert 0 und für positive Werte ein Bitwert 1 als Dekodierung angenommen, so ergibt die Bitfolge DP2 für das Kombinationsergebnis K2 die Werte 1, 0, 1.

Da im in Figur 2 dargestellten Beispiel bereits im dritten Verfahrensschritt c eine korrekte Auswertung des Kombinationsergebnisses K2 erzielt worden ist, wird das erfindungsgemäße Verfahren vom Empfänger E2 abgebrochen. Der vierte Verfahrensschritt d bzw. die Wiederholung des zweiten und dritten Verfahrensschritt b, c werden daher nicht mehr ausgeführt.

Würde die symbolweise Auswertung des Kombinationsergebnisses K2 nicht zu einem korrekten Ergebnis führen, so wird der vierte Verfahrensschritt d ausgeführt. D.h. vom Empfänger E2 wird das Kombinationsergebnis K2 behalten und auf zumindest eine weitere Wiederaussendung des kodierten Datenpakets cDP2 beispielsweise durch einen weiteren Repeater R gewartet. Diese zumindest eine weitere Wiederaussendung wird dann wieder in eine Symbolfolge umgesetzt und z.B. für eine weitere Datenpaketversion dekodiert. Die weitere Wiederaussendung bzw. die zugehörige Symbolfolge wird gemäß dem zweiten Verfahrensschritt b interpretiert. Bei einer fehlgeschlagenen Interpretation wird dann wieder der dritte Verfahrensschritt c ausgeführt und die weitere Symbolfolge wird zum Kombinationsergebnis K2 aus erster und zweiter Symbolfolge S21, S22 gemäß der vorgegebenen Kombinationsregel kombiniert. Das neue Kombinationsergebnis K2 wird dann dekodiert und ausgewertet. Ist das Ergebnis der Auswertung korrekt, so wird das erfindungsgemäße Verfahren beendet. Ist das Ergebnis der Auswertung nicht korrekt, so wird der vierte Verfahrensschritt d wiederholt, bis entweder eine der weiteren empfangenen Wiederaussendungen y2(t2) korrekt empfängerseitig interpretiert werden, oder von der Auswertung der kombinierten Symbole der empfangenen Aussendung y2(t1) und von zumindest einer bis dahin empfangenen Wiederaussendungen y2(t2) des kodierten Datenpakets cDP2 ein korrektes Ergebnis geliefert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur robusten Datenübertragung von Datenpaketen (DP1, DP2) zwischen einem Sender (SE1, SE2) und zumindest einem Empfänger (E1, E2) in einem stark gestörten Übertragungsmedium (UE1, UE2), wobei ein Datenpaket (DP1, DP2), welches aus einer Abfolge von Symbolen besteht, mit einer vorgegebene Anzahl an Wiederaussendungen (y1(t2), y1(t3), …) ausgesendet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** folgende Schritte durchgeführt werden:
   (a) ein vom Sender (SE1, SE2) ausgesendetes Datenpaket (DP1, DP2) wird von dem zumindest einen Empfänger (E1, E2) interpretiert,
   (b) bei einer fehlgeschlagenen Interpretation des Datenpakets (DP1, DP2) wird auf eine Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3) …) dieses Datenpaket (DP1, DP2) gewartet und dann diese Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3) …) interpretiert,
   (c) bei einer fehlgeschlagenen Interpretation der Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3) …) werden vom Empfänger (E1, E2) die Symbole (S11, S21) des ursprünglich empfangenen Datenpakets mit den Symbolen (S12, S22) der Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3) …) dieses Datenpakets anhand einer Kombinationsregel symbolweise kombiniert und ausgewertet,
   (d) bei einer fehlerhaften Auswertung der kombinierten Symbole (K1, K2) werden die Schritte b und c solange wiederholt, bis eine weitere Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3) …) korrekt interpretiert wird, oder von der Auswertung der kombinierten Symbole (K1, K2) ein korrektes Ergebnis geliefert wird, wobei bei einem Erstellen der kombinierten Symbole (K1, K2) zumindest eine bis dahin empfangene Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3) …) des Datenpakets (DP1, DP2) mitberücksichtigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Kombinationsregel vom Empfänger (E1, E2) eine

symbolweise Addition der empfangenen Symbole (S11, S22) des Datenpakets (DP1, DP2) mit den empfangenen Symbolen (S12, S13, S22, …) der jeweiligen Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3) …) des Datenpakets (DP1, DP2) durchgeführt wird, wobei die Symbole (S12, S13, S22, …) der jeweiligen Wiederaussendung (y1(t2), y1(t3)) zu einem Ergebnis der Addition addiert werden, und dass dann das Ergebnis der Addition symbolweise mittels einer Mehrheitsentscheidung ausgewertet wird (c).

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Kopfteil des vom Sender (SE1, SE2) ausgesendeten Datenpakets (DP1, DP2) die vorgegebene Anzahl an Wiederaussendungen (y1(t2), y1(t3) …) dieses Datenpakets (DP1, DP2) mitgesendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Datenpaket (DP2) über das Übertragungsmedium (UE2) mit einer Kanalkodierung, insbesondere einem Wiederholungskode, zum Empfänger (E2) übertragen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wiederaussendungen (y1(t2), y1(t3) …) des Datenpakets (DP1) zeitlich versetzt vom Sender (SE1) durchgeführt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wiederaussendungen (y2(t2)) des Datenpakets (DP2) mittels zumindest eines so genannten Repeaters (R) durchgeführt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Übertragungsmedium (UE1, UE2) ein Funkkanal, ein so genannter Powerline-Communication-Kanal und/oder ein Unterwasserkabel eingesetzt werden.

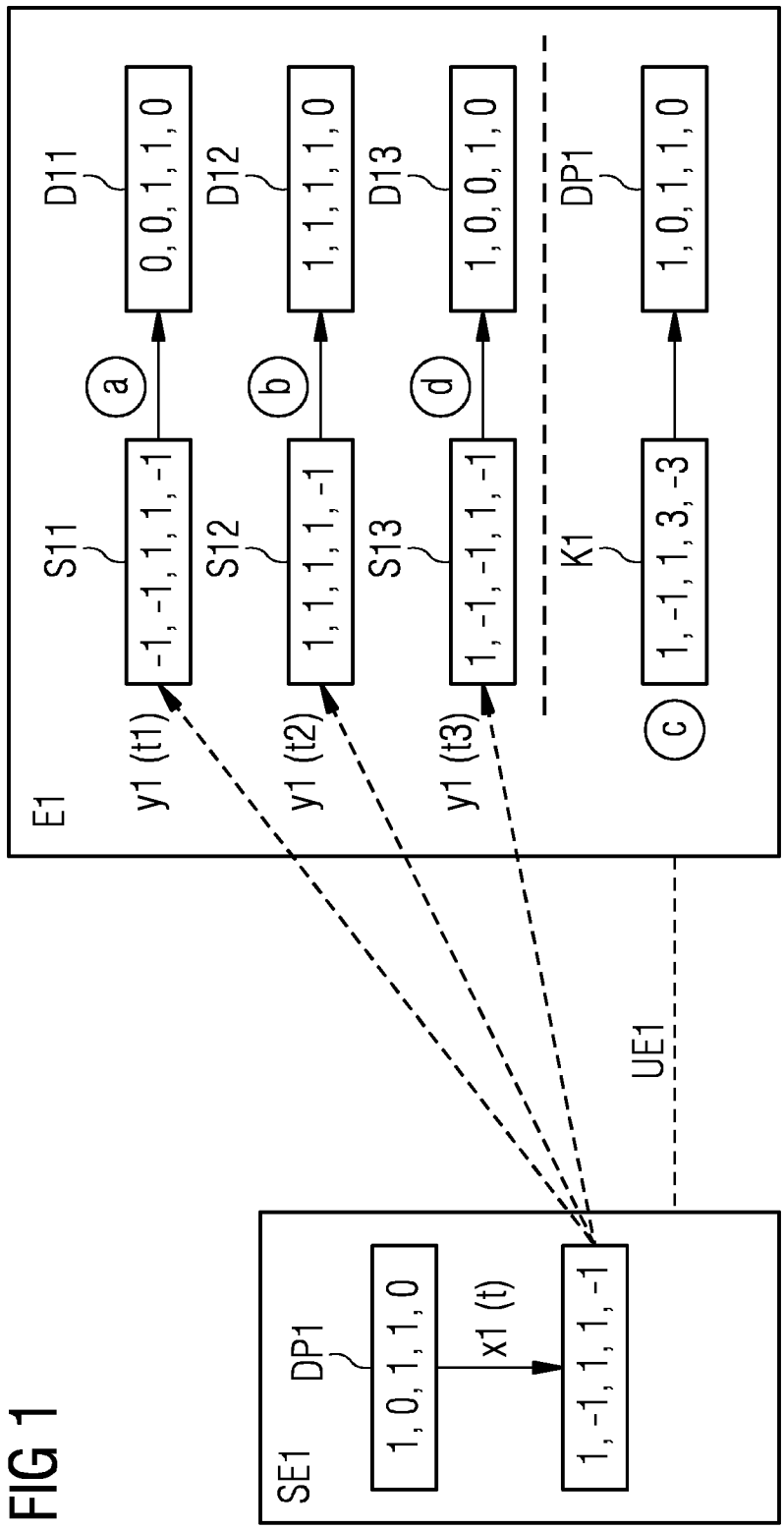

E1
S11
S12
S13
K1
D11
D12
D13
DP1
-1, -1, 1, 1, -1
1, 1, 1, 1, -1
1, -1, -1, 1, -1
1, -1, 1, 3, -3
0, 0, 1, 1, 0
1, 1, 1, 1, 0
1, 0, 0, 1, 0
1, 0, 1, 1, 0
a
b
d
c
y1 (t1)
y1 (t2)
y1 (t3)
UE1
SE1
DP1
1, 0, 1, 1, 0
x1 (t)
1, -1, 1, 1, -1

FIG 1

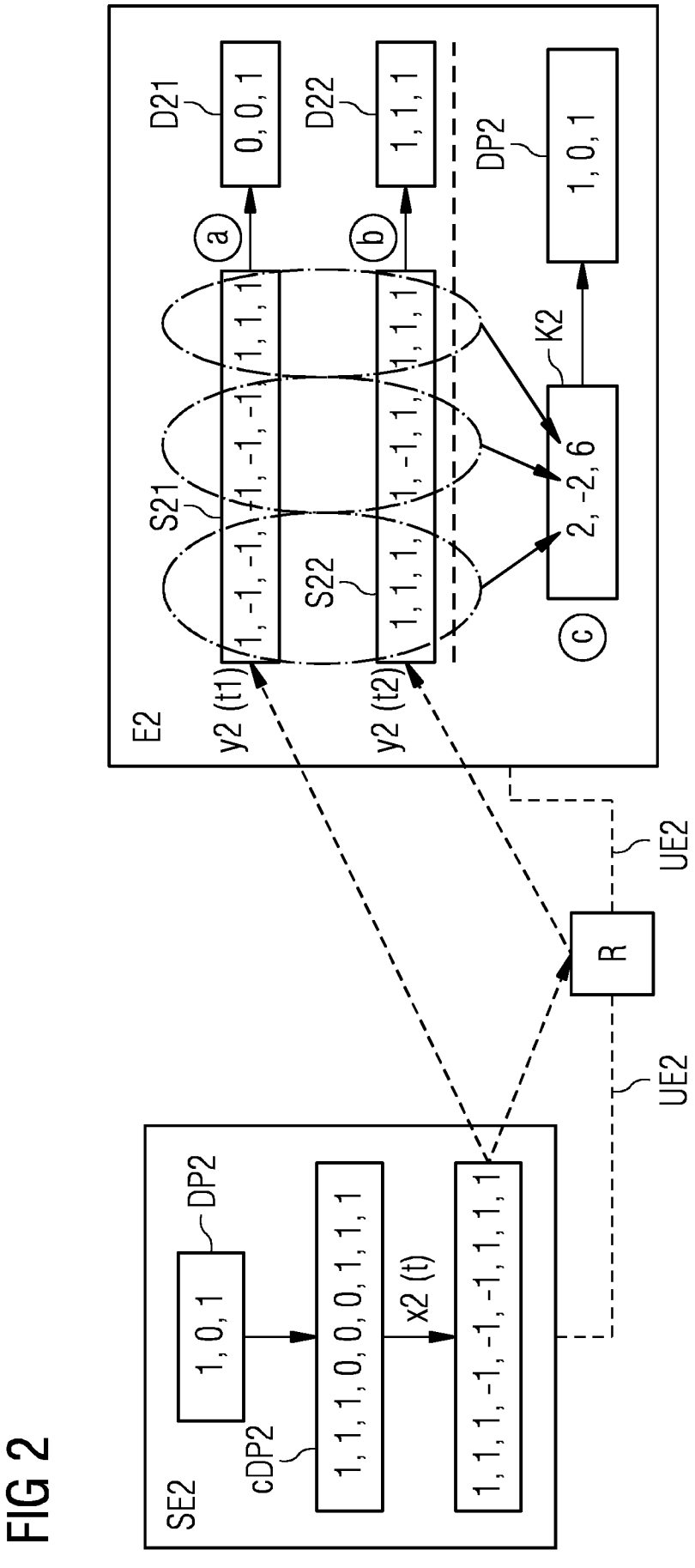

SE2
DP2
1, 0, 1
cDP2
1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1
x2 (t)
1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1
R
UE2
UE2
E2
y2 (t1)
y2 (t2)
S21
S22
1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1, 1
1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, 1
a
b
c
D21
D22
DP2
K2
0, 0, 1
1, 1, 1
1, 0, 1
2, -2, 6

FIG 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/067283

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H04L12/40
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2 687 815 A1 (HEXAGON TECHNOLOGY CT GMBH [CH]) 22 January 2014 (2014-01-22) figures 4-10 column 1, paragraph 3 column 4, paragraph 22 column 5, paragraphs 27, 28 column 6, paragraph 30 column 8, paragraph 36 -----	1-7
A	US 2013/212312 A1 (HEILING CHRISTIAN [AT] ET AL) 15 August 2013 (2013-08-15) figures 1, 4, 5A, 5B page 1, paragraph 9 page 2, paragraph 24 - paragraph 28 page 3, paragraphs 44, 45 -----	1-7
	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
23 September 2015	02/10/2015

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Mircescu, Alexander

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/067283

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2 337 271 A1 (NXP BV [NL]) 22 June 2011 (2011-06-22) figures 1-4 column 1, paragraph 4 column 3, paragraph 14 - paragraph 17 column 9, paragraph 44 -----	1-7
A	US 2010/241295 A1 (COOPER JARED KLINEMAN [US] ET AL) 23 September 2010 (2010-09-23) figures 2, 4, 5, 7 page 1, paragraph 5 page 2, paragraph 23 page 4, paragraph 35 -----	1-7

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2015/067283

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2687815 A1	22-01-2014	CN 104487802 A	01-04-2015
		EP 2687815 A1	22-01-2014
		EP 2875312 A1	27-05-2015
		US 2015207639 A1	23-07-2015
		WO 2014013034 A1	23-01-2014
US 2013212312 A1	15-08-2013	CN 103259702 A	21-08-2013
		DE 102013002218 A1	22-08-2013
		US 2013212312 A1	15-08-2013
EP 2337271 A1	22-06-2011	CN 102104516 A	22-06-2011
		EP 2337271 A1	22-06-2011
		US 2011194458 A1	11-08-2011
US 2010241295 A1	23-09-2010	AU 2010200957 A1	07-10-2010
		BR PI1000932 A2	17-01-2012
		CN 101841448 A	22-09-2010
		CN 103350694 A	16-10-2013
		US 2010241295 A1	23-09-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/067283

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H04L12/40
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H04L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 2 687 815 A1 (HEXAGON TECHNOLOGY CT GMBH [CH]) 22. Januar 2014 (2014-01-22) Abbildungen 4-10 Spalte 1, Absatz 3 Spalte 4, Absatz 22 Spalte 5, Absätze 27, 28 Spalte 6, Absatz 30 Spalte 8, Absatz 36	1-7
A	US 2013/212312 A1 (HEILING CHRISTIAN [AT] ET AL) 15. August 2013 (2013-08-15) Abbildungen 1, 4, 5A, 5B Seite 1, Absatz 9 Seite 2, Absatz 24 - Absatz 28 Seite 3, Absätze 44, 45	1-7

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
23. September 2015	02/10/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Mircescu, Alexander

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/067283

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 2 337 271 A1 (NXP BV [NL]) 22. Juni 2011 (2011-06-22) Abbildungen 1-4 Spalte 1, Absatz 4 Spalte 3, Absatz 14 - Absatz 17 Spalte 9, Absatz 44 -----	1-7
A	US 2010/241295 A1 (COOPER JARED KLINEMAN [US] ET AL) 23. September 2010 (2010-09-23) Abbildungen 2, 4, 5, 7 Seite 1, Absatz 5 Seite 2, Absatz 23 Seite 4, Absatz 35 -----	1-7

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/067283

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2687815 A1	22-01-2014	CN 104487802 A	01-04-2015
		EP 2687815 A1	22-01-2014
		EP 2875312 A1	27-05-2015
		US 2015207639 A1	23-07-2015
		WO 2014013034 A1	23-01-2014
US 2013212312 A1	15-08-2013	CN 103259702 A	21-08-2013
		DE 102013002218 A1	22-08-2013
		US 2013212312 A1	15-08-2013
EP 2337271 A1	22-06-2011	CN 102104516 A	22-06-2011
		EP 2337271 A1	22-06-2011
		US 2011194458 A1	11-08-2011
US 2010241295 A1	23-09-2010	AU 2010200957 A1	07-10-2010
		BR PI1000932 A2	17-01-2012
		CN 101841448 A	22-09-2010
		CN 103350694 A	16-10-2013
		US 2010241295 A1	23-09-2010