



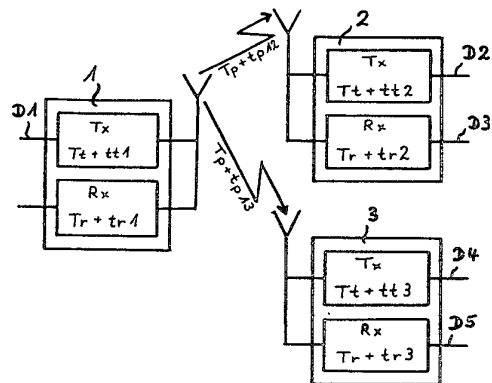
**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTCHRIFT A5

<p>21 Gesuchsnummer: 1696/85</p> <p>22 Anmeldungsdatum: 19.04.1985</p> <p>24 Patent erteilt: 13.11.1987</p> <p>45 Patentschrift veröffentlicht: 13.11.1987</p>	<p>73 Inhaber: Firma Erika Köchler, Samstagern</p> <p>72 Erfinder: Köchler, Helmut, Samstagern</p> <p>74 Vertreter: E. Blum &amp; Co., Zürich</p>
--	---

54 Verfahren zur Synchronisation mehrerer taktgesteuerter Sender-Empfänger.

57 Mehrere taktgesteuerte Sende-Empfangseinrichtungen (1, 2, 3) werden synchronisiert, indem der synchronisierende Sender eine Synchronisationsmeldung abgibt, welche den Empfängern eine Grobsynchronisation ermöglicht. Danach wird die effektive Sender-Empfängerlaufzeit ( $T_t + t_t$ ,  $T_r + t_r$ ) der zu synchronisierenden Sende-Empfangseinrichtungen (2, 3) gemessen, was eine Korrektur der Sendertakte zur genauen Synchronisation ermöglicht. Auf diese Weise ist eine einfache und genaue Sendersynchronisation möglich.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Synchronisation einer Mehrzahl taktgesteuerter Sende-Empfangseinrichtungen, dadurch gekennzeichnet, dass von einer synchronisierenden Sende-Empfangseinrichtung Synchronisationsdaten an mindestens eine zu synchronisierende Sende-Empfangseinrichtung abgegeben werden, dass die Empfänger- und Senderlaufzeit der zu synchronisierenden Sende-Empfangseinrichtung gemessen wird und dass mittels der Synchronisationsdaten und der Messwerte der Sendetakt der zu synchronisierenden Sende-Empfangseinrichtung beeinflusst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch das Senden einer Synchronisationsmeldung durch die synchronisierende erste Sende-Empfangseinrichtung, den Empfang der Synchronisationsmeldung durch mindestens eine zu synchronisierende zweite Sende-Empfangseinrichtung zur Grobsynchronisierung derselben mittels Information aus der Synchronisationsmeldung, das Senden und Empfangen einer Messmeldung durch die zweite Sende-Empfangseinrichtung, Ermitteln der Sender- und Empfängerlaufzeit der zweiten Sende-Empfangseinrichtung aus der Zeitdifferenz zwischen der gesendeten und der empfangenen Messmeldung und Korrektur des Sendetaktes der zweiten Sende-Empfangseinrichtung abhängig von der ermittelten Zeitdifferenz.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine synchronisierte Sende-Empfangseinrichtung zur synchronisierenden Sende-Empfangseinrichtung für mindestens eine weitere Sende-Empfangseinrichtung wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Messmeldung als Synchronisationsmeldung dient.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich die Signallaufzeiten zwischen der synchronisierenden und der zu synchronisierenden Sende-Empfangseinrichtung zur Korrektur des Sendetaktes verwendet werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Synchronisations- und Messmeldung aus digitalen Datensignalen besteht.

7. Sende-Empfangseinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sende-Empfangseinrichtung eine Einrichtung zum Empfang des eigenen Antennensendesignals, eine Einrichtung zum Vergleich des Sendesignals am Sendereingang mit dem Empfangssignal am Empfängeranfang und eine Einrichtung zur Korrektur des Sendetaktes abhängig von der Vergleichseinrichtung aufweist.

8. Sende-Empfangseinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergleichseinrichtung einen Zähler aufweist, welcher vom Sendesignal startbar und vom Empfangssignal anhaltbar ist.

9. Sende-Empfangseinrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrektureinrichtung zur Verarbeitung weiterer Daten, insbesondere gespeicherter Laufzeitdaten für die Entfernung zwischen synchronisierender und zu synchronisierender Sende-Empfangseinrichtung, ausgebildet ist.

10. Sende-Empfangseinrichtung nach einem der Ansprüche 7-9, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergleichs- und die Korrektureinrichtung durch eine Schaltung gebildet werden, welche einen Mikroprozessor aufweist.

11. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 bei einem Funkrufnetz.

12. Anwendung nach Anspruch 11, wobei das Funkrufnetz eine mit dem öffentlichen Telefonnetz verbundene Funkrufzentrale, sowie ein Rufnetzwerk mit einer Netzsteuereinheit und einer damit verbundenen Mehrzahl von Sendergruppensteuereinrichtungen aufweist, welche jeweils mit einer Mehrzahl von Sende-Empfängereinrichtungen verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Netzsteuereinheit zur Bestimmung einer

ersten synchronisierenden Sende-Empfangseinrichtung und des Ablaufs der Synchronisation ausgestaltet ist.

13. Anwendung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Netzsteuereinheit zur Bestimmung mehrerer gleichzeitig zu synchronisierender Teilnetze des Funkrufnetzes ausgestaltet ist, um den Zeitaufwand für die Synchronisation zu verringern.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation einer Mehrzahl taktgesteuerter Sende-Empfangseinrichtungen. Ferner betrifft die Erfindung eine Sende-Empfangseinrichtung zur Durchführung des Verfahrens sowie eine Anwendung des Verfahrens bei einem Funkrufnetz.

Bei einem Einsatz mehrerer Funksender, welche ein Gebiet flächendeckend mit dem gleichen Signal versorgen, kann sich das Problem der Synchronisation der Sender ergeben, dies z.B. bei einem Ortsrufnetz, bei dem digitale Erkennungskodes für die einzelnen Rufempfänger gesendet werden.

Die Synchronisation, von der hier die Rede ist, bezieht sich dabei auf die Modulation der Sender, nicht auf deren HF-Träger. Die HF-Träger werden frei laufen gelassen und wenn nötig mit einem gewissen Frequenzversatz betrieben, damit sich keine stehenden Wellen ausbilden, die zu «Löchern» im Versorgungsgebiet führen.

Solange z.B. ein Rufempfänger (Pager) nur von einem Sender Signale empfängt, stellt sich das Synchronisationsproblem nicht. Sobald er sich jedoch im gemeinsamen Versorgungsgebiet zweier oder mehrerer Sender befindet, die nicht synchron arbeiten, wird er grosse Probleme haben, die empfangenen Signale richtig zu detektieren. In den meisten Fällen ist es ja aus Gründen der Versorgungssicherheit sehr erwünscht, dass sich die Versorgungsgebiete der einzelnen Sender überlappen.

Es gibt natürlich auch Möglichkeiten, ohne Synchronisation auszukommen, jedoch haben alle diese Varianten grosse Nachteile, vor allem bezüglich Frequenz- und Zeitökonomie.

Bei bekannten Funkeinrichtungen mit mehreren Sendern sind diese über Modulationsleitungen direkt mit der Signalquelle, z.B. mit der Rufzentrale eines Funkrufnetzes verbunden. Die Leitungen werden mit Laufzeitreglern versehen, die eine gewisse Kompensation der unterschiedlichen Distanzen zwischen Rufzentrale und Sendern ermöglichen.

Abgeglichen wird vielfach aber nur die Strecke bis zum Sendereingang. Für die Synchronisation sind jedoch die Signale an den Antennen massgebend, so dass die unterschiedlichen Laufzeiten in den Sendern nicht berücksichtigt werden.

Ein wesentlicher Nachteil dieses Verfahrens ist, dass sich die Eigenschaften der Modulationsleitungen und der beteiligten Geräte infolge Witterungseinflüssen, Temperatur und Alterung laufend verändern. Es ergibt sich daraus ein relativ grosser Aufwand für das periodische Justieren der Anlage.

Fällt eine Leitung aus, muss die Ersatzleitung in jedem Fall neu eingeregelt werden.

Es stellt sich deshalb die Aufgabe, ein Synchronisationsverfahren zu schaffen, welches diese Nachteile nicht aufweist und eine einfache und genaue Synchronisation ermöglicht. Dies wird mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 erreicht.

Ferner stellt sich die Aufgabe, eine Sende-Empfangsanlage zu schaffen zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1. Dies wird mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 7 erreicht.

Ferner zeigt die Erfindung die Anwendung des Verfahrens bei einem Funkrufnetz.

Im folgenden werden Ausführungsarten des erfindungsge-

mässen Verfahrens und der Sende-Empfangseinrichtung anhand der Zeichnungen beispielsweise erläutert. Dabei zeigen

Figur 1 schematisch drei Sender-Empfänger zur Erläuterung des Verfahrens,

Figur 2 schematisch drei Sender-Empfänger in einer weiteren Konfiguration zur Erläuterung des Verfahrens.

Figur 3 ein Blockschema einer Sende-Empfangseinrichtung zur Durchführung des Verfahrens, und

Figur 4 ein Blockschema eines Funkrufnetzes bei dem das Verfahren anwendbar ist.

Figur 1 zeigt drei Sender-Empfänger 1, 2, 3, welche im folgenden in Übereinstimmung mit der Bezeichnung beim nachfolgend beschriebenen Funkrufnetz als Basisstationen 1, 2, 3 bezeichnet werden sollen. Eine synchronisierende Basisstation wird im folgenden mit Master bezeichnet, eine zu synchronisierende als Slave. Im dargestellten Beispiel sollen die taktgesteuerten Basisstationen digitale Mitteilungen, z.B. den Kode für Ortsrufempfänger abstrahlen und werden deshalb als synchronisiert bezeichnet, wenn die von der Antenne abgestrahlten Signale sowohl bezüglich der einzelnen Bits als auch bezüglich ganzer Mitteilungen synchron sind. Zu diesem Zweck müssen die Takte der einzelnen Basisstationen periodisch synchronisiert werden, da die Taktgeneratoren keinen Gleichlauf erzielen.

Zur Synchronisation sendet der Master zunächst eine spezielle Synchronisationsmeldung, die es dem Slave ermöglicht, sowohl auf Bitebene wie auch auf der Ebene einer ganzen Meldung mit dem Master in Gleichlauf zu gelangen. Ohne besondere Massnahmen ergibt sich dabei jedoch ein beträchtlicher Fehler, wie die folgende Rechnung zeigt.

Es sollen die zwei Slaves 2, 3 auf den Master 1 synchronisiert werden. Mit Tx ist der Sender, mit Rx der Empfänger jeder Basisstation bezeichnet. Mit D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> sind die digitalen Sendereingänge der Basisstation 1, 2, 3 und mit D<sub>4</sub>, D<sub>5</sub> die digitalen Empfängerausgänge der Basisstationen 2, 3 bezeichnet. Im dargestellten Beispiel sind die räumlich getrennten Basisstationen mittels der durch Pfeile dargestellten Funkverbindung miteinander verbunden.

Ferner bedeuten in Figur 1:

- Tt Transmitter delay time (nominelle Signalverzögerungszeit vom digitalen Sendereingang bis zur Antenne)
- tt Toleranz von Tt (spezifiziert als  $\pm 40 \mu\text{s}$ )
- Tr Receiver delay time (nominelle Signalverzögerungszeit von der Antenne bis zum digitalen Ausgang des Empfängers)
- tr Toleranz von Tr (spezifiziert als  $\pm 40 \mu\text{s}$ )
- Tp Propagation delay time (Signallaufzeit in der Atmosphäre für eine Nenndistanz von z.B. 30 km zwischen zwei Basisstationen)
- tp Abweichung der effektiven Laufzeit zwischen zwei Basisstationen von der Nennlaufzeit (bei Distanzabweichungen von  $\pm 10$  km ergibt sich eine Laufzeittoleranz von  $\pm 33 \mu\text{s}$ )

Die Indizes 1, 2 und 3 beziehen sich auf die Nummer der Basisstation.

Für die Basisstation 2 resultiert die folgende Zeitdifferenz zwischen den Signalen an D<sub>1</sub> und D<sub>3</sub>:

$$(Tt + tt1) + (Tp + tp12) + (Tr + tr2)$$

Analog resultiert für die Basisstation 3 (Differenz zwischen Signalen D<sub>1</sub> und D<sub>5</sub>):

$$(Tt + tt1) + (Tp + tp13) + (Tr + tr3)$$

Senden nun die derart grob synchronisierten Basisstationen «gleichzeitig» die gleiche Rufmeldung, dann ergeben sich für die zeitlichen Verzögerungen der Antennensignale gegenüber dem Signal an D<sub>1</sub>:

$$\text{BS 1: } (Tt + tt1)$$

$$\text{BS 2: } (Tt + tt1) + (Tp + tp12) + Tr + tr2 + (Tt + tt2)$$

$$\text{BS 3: } (Tt + tt1) + (Tp + tp13) + (Tr + tr3) + (Tt + tt3)$$

Die nominellen Werte Tt, Tr und Tp sind bekannt und

könnten deshalb in jeder Basisstation vor dem Senden berücksichtigt werden. Für die zeitliche Verzögerung der Signale an den Antennen der Basisstationen 2 und 3 gegenüber der Antenne der Basisstation 1 erhält man mit dieser Kompensation aber immer noch:

$$\text{BS 2: } tp12 + tr2 + tt2$$

$$\text{BS 3: } tp13 + tr3 + tt3$$

Nimmt man nun an, ein Rufempfänger befindet sich im gemeinsamen Versorgungsgebiet der Basisstationen 2 und 3, dann ist die Zeitdifferenz zwischen den empfangenen Signalen im schlimmsten Fall:

$$(tp12 + tr2 + tt2) + (tp13 + tr3 + tt3) = 226 \mu\text{s}$$

Diese Zeitdifferenz kann bereits eine eindeutige Erkennung einer ausgesendeten digitalen Meldung beeinträchtigen. Wenn bei einem ganzen zu synchronisierenden Sendernetz, z.B. einem Funkrufnetz, die synchronisierten Basisstationen 2 und 3 in einer zweiten Synchronisationsphase ihrerseits zum Master werden, verdoppelt sich diese Zeitdifferenz. In Funkrufnetzen sind die Meldungsprotokolle (z.B. im bekannten postalisch spezifizierten POCSAG-Format) und auch die geforderte Synchronisationsgenauigkeit bestimmt. Diese beträgt z.B. 1/4 Bit, was bei 512 Bit/s einer Zeitdifferenz von  $448 \mu\text{s}$  entspricht, und ist wie die obige Rechnung zeigt, bereits in der zweiten Synchronisationsphase nicht mehr gewährleistet. Dabei sind Genauigkeit und Drift der Taktoszillatoren noch nicht in die Rechnung einbezogen worden.

Beim erfindungsgemässen Verfahren wird deshalb bei jeder Synchronisation die wahre Laufzeit von Sender und Empfänger der zu synchronisierenden Basisstation bestimmt und dieser Messwert zur Korrektur der Taktsignalsynchronisation verwendet. Dabei ist es nicht nötig, die Laufzeiten des Senders und Empfängers einzeln zu bestimmen; es genügt, deren Summe zu kennen, wie im folgenden noch gezeigt wird.

Die Messung der Tx/Rx-Laufzeit geht beispielsweise folgendermassen vor sich (Beispiel BS 2):

Der Sender strahlt als Messmeldung ein 1010... Bitmuster aus. Dieses Bitmuster kann auch vom eigenen Empfänger gehört werden, obschon er von der Antenne getrennt ist, während «sein» Sender auf Sendung ist. Gleichzeitig mit der positiven Flanke eines Bits an D<sub>2</sub> wird in der Sende-Empfangseinrichtung ein Zähler gestartet (Auflösung  $625 \mu\text{s}$ ), der solange läuft, bis das empfangene Signal an D<sub>3</sub> ebenfalls 1 ist. Die so gemessene Zeit ist die Summe der Laufzeiten des Senders und Empfängers  $(Tt + tt2) + (Tr + tr2)$ .

Bei einer bevorzugten Ausführungsart des Verfahrens wird ferner der Übertragungsweg  $(Tp + tp)$  ebenfalls berücksichtigt, wobei nicht mit Nennlaufzeiten in der Atmosphäre gerechnet wird, sondern die exakten Distanzen zwischen den Basisstationen zur Korrekturtermberechnung verwendet werden.

Der Korrekturterm, um den die BS 2 ihren Sendetakt korrigieren muss, lautet dann:

$$(Tp + tp12) + (Tt + tt2) + (Tr + tr2).$$

Analog ergibt sich für den Korrekturterm für die BS 3:

$$(Tp + tp13) + (Tt + tt3) + Tr + tr3).$$

Die Wirkung dieser Korrekturen wird im folgenden anhand des am Anfang angeführten Beispiels demonstriert.

Die Basisstation 1 sendet ihre Synchronisationsmeldung. Die Basisstationen 2 und 3 synchronisieren sich darauf, vorerst ohne irgend eine Korrektur anzubringen. Ihr Sendetakt wäre deshalb um die im Beispiel angegebenen Werte gegenüber dem Takt von BS 1 verzögert.

Die Basisstationen 2 und 3 kennen die Distanz bzw. Laufzeit zur Basisstation 1. Sie führen die oben beschriebene Messung der Tx/Rx-Verzögerungszeit durch. Danach korrigieren sie ihren Sendetakt gemäss oben angegebenem Korrekturterm. Daraus ergibt sich für die Verzögerung der Antennensignale gegenüber dem Signal an D<sub>1</sub>:

BS 1:  $(T_t + t_{t1})$

BS 2:  $(T_t + t_{t1}) + (T_p + t_{p12}) + (T_r + t_{r2}) + (T_t + t_{t2})$

$-(T_p + t_{p12}) - (T_t + t_{t2}) - (T_r + t_{r2}) = (T_t + t_{t1})$

BS 3:  $(T_t + t_{t1}) + (T_p + t_{p13}) + (T_r + t_{r3}) + (T_t + t_{t3})$

$-(T_p + t_{p13}) + (T_t + t_{t3}) + (T_r + t_{r3}) = (T_t + t_{t1})$

Die Verzögerungen der Antennensignale gegenüber D1 sind also für alle Basisstationen gleich gross, d.h. die Antennensignale sind exakt synchron.

Dasselbe ergibt sich, wenn mehrere Synchronisationsphasen hintereinander durchgeführt werden.

Als Beispiel sei angenommen, dass die Basisstation 2 in einer ersten Phase von der Basisstation 1 synchronisiert wird, und die Basisstation 2 in einer zweiten Phase die Basisstation 3 synchronisiert, wie in Figur 2 dargestellt.

Zuerst synchronisiert die Basisstation 1 die Basisstation 2. Die Verzögerung des Antennensignals von Basisstation 2 gegenüber dem Signal an D1 ist

ohne Korrektur:

$(T_t + t_{t1}) + (T_p + t_{p12}) + (T_r + t_{r2}) + (T_t + t_{t2})$

nach der Korrektur:

$(T_t + t_{t1}) + (T_p + t_{p12}) + (T_r + t_{r2}) + (T_t + t_{t2})$   
 $-(T_p + t_{p12}) - (T_t + t_{t2}) - (T_r + t_{r2}) = (T_t + t_{t1})$

Die Basisstation 2 ist demzufolge mit der Basisstation 1 synchronisiert. Die Basisstation 2 synchronisiert nun auf gleiche Weise die Basisstation 3. Die Verzögerung des Antennensignals von Basisstation 3 gegenüber dem Signal an D1 ist

ohne Korrektur:

$(T_t + t_{t1}) + (T_p + t_{p23}) + (T_r + t_{r3}) + (T_t + t_{t3})$

nach der Korrektur:

$(T_t + t_{t1}) + (T_p + t_{p23}) + (T_r + t_{r3}) + (T_t + t_{t3})$   
 $-(T_p + t_{p23}) - (T_t + t_{t3}) - (T_r + t_{r3}) = (T_t + t_{t1})$

Selbstverständlich führt der erste Master keine Korrektur aus. Auch hier sind also alle Antennensignale exakt synchron, und die Reihe liesse sich beliebig fortsetzen.

Da in der Realität vor allem die Qualität der Funkübertragungsstrecke in die Genauigkeit der Synchronisation eingeht, heisst «exakt synchron» in der Praxis, dass die Signale höchstens um einige Mikrosekunden voneinander abweichen.

Geht man von einer Abweichung von maximal +20 µs aus, bleiben für die Drift des Taktoszillators noch +219 µs bis zum Erreichen der 1/4 Bit-Grenze (bei 512 Bit/s). Mit einer Abweichung des Oszillators von 0,3 ppm ergibt sich eine Wiederholrate der Synchronisation von ca. 12 Minuten. Diese Zeit kann verlängert werden, indem die Slaves ihre Oszillatorabweichung zwischen zwei Synchronisationen bestimmen und ihren Sendetakt periodisch entsprechend korrigieren.

In der Figur 3 ist als Beispiel eine Sende-Empfangseinrichtung eines Funkrufnetzes zur Durchführung des Verfahrens schematisch gezeigt. Der Sender 4 und der Empfänger 5 sind dabei über eine Schnittstelle 6 mit einem Bus 7 verbunden. Weiterhin an dem Bus 7 liegen ein Speicher 8, Timerschaltungen 9 und ein Mikroprozessor 10 sowie eine Steuerschaltung 11, welche mit einem Modem 12 verbunden ist, das die Verbindung zur Signalquelle für die zu sendenden Rufmeldungen herstellt. Die unterhalb der strichpunktiierten Linie gezeigten Blöcke bilden die Schnittstelle TSI (Transmitter site interface) der Sende-Empfangseinrichtung. Der Sender und Empfänger müssen zur Durchführung der Laufzeitmessung so verbindbar sein, dass das Antennensendesignal auch an den Empfängerantenneneingang gelangt. Über die Schnittstelle 6 steuert der Mikroprozessor 10 Sender und Empfänger. Der Mikroprozessor 10 führt ebenfalls die Messung der Sender- und Empfängerlaufzeit durch und benützt die Messwerte zusammen mit Entfernungsdaten aus dem Speicher 8 wie vorstehend geschildert zur Korrektur des Taktgebers in der Timerschaltung 9.

Im folgenden wird eine Anwendung des Verfahrens bei einem Funkrufsystem, wie schematisch in Figur 4 gezeigt, beschrieben. Das Funkrufsystem besteht im wesentlichen aus einer

mit dem öffentlichen Telefonnetz 13 verbundenen Funkrufzentrale 14 (paging terminal) sowie dem Rufnetzwerk. Das Rufnetzwerk (paging network) setzt sich aus einer Netzsteuereinheit 15 (paging network unit), mehreren damit verbundenen Sendergruppensteuereinrichtungen 16 (transmitter group controllers) und einer Mehrzahl von Basisstationen 17 zusammen. Die Basisstationen 17 sind in Gruppen zusammengefasst und jeweils mit der Sendergruppensteuereinrichtung 16 dieser Gruppe verbunden. Die Basisstationen wiederum sind wie vorstehend erläutert in die Schnittstelle (TSI) und Sender-Empfänger unterteilt.

Die Funkrufzentrale bildet die Schnittstelle zum öffentlichen Telefonnetz. Sie verwaltet die Teilnehmerdaten und setzt die ankommenden Anrufe in serielle Datenströme (z.B. ins erwähnte POCSAG-Format) um.

Das Netzwerk ist hierarchisch aufgebaut. Die einzelnen Einheiten sind über Modemleitungen miteinander verbunden, auf denen sie in rein digitaler Form miteinander kommunizieren. Es werden dauernd Befehle, Meldungen über den Systemzustand und wenn nötig Alarmmeldungen ausgetauscht.

Alle Rufmeldungen werden sowohl in der Netzsteuereinheit als auch in den Sendergruppensteuereinrichtungen 16 und TSI' s zwischengespeichert und es gibt für eine Rufmeldung keinen direkten Zusammenhang zwischen ihrer Ankunftszeit in der Basisstation und der Zeit ihrer Ausstrahlung durch den Sender.

Hingegen wird durch die Synchronisation garantiert, dass eine bestimmte Rufmeldung von allen Sendern zur gleichen Zeit ausgestrahlt wird.

Die Rufmeldung enthält die Kodeinformation für die nicht dargestellten Rufempfänger die sich im Bereich des Funkrufnetzes aufhalten.

Synchronisiert wird das Rufnetzwerk in mehreren Phasen. Ein erster Master synchronisiert alle Basisstationen, die ihn «hören» können. Diese Slaves werden in der nächsten Phase ihrerseits zum Master und synchronisieren die ihnen zugeordneten Slaves. Die Synchronisation breitet sich somit wellenartig über das ganze Netz aus.

Die ganze Synchronisationsprozedur wird zentral von der Netzsteuereinheit gesteuert. Sie gliedert sich in einen Vorbereitungsteil und einen Ausführungsteil.

Die Vorbereitung wird nur durchgeführt nach einem Systemstart oder wenn die Netzkonfiguration oder der Netzzustand geändert wurde. Zur Vorbereitung benötigt die Netzsteuereinheit folgende Informationen, die über das Video Terminal eingegeben werden:

- das Zeitintervall zwischen zwei Synchronisationen
- Angaben darüber, welche Basisstationen miteinander Funkverbindung haben und ihre Distanzen
- Angaben, welche Basisstationen die ersten Master sein sollen. Fehlen diese Angaben, werden die ersten Master durch die Netzsteuereinheit bestimmt.

Aufgrund dieser Informationen plant die Netzsteuereinheit den genauen Ablauf der Synchronisation. Das Ziel dabei ist, die Synchronisation in möglichst kurzer Zeit ablaufen zu lassen.

Zunächst wird geprüft, ob sich das Netz in voneinander unabhängige Teilnetze aufteilen lässt, die sich gleichzeitig synchronisieren lassen. Wenn dies möglich ist, wird für jedes Gebiet ein separater Ablaufplan erstellt.

Als zweiter Schritt wird der erste Master jedes Gebietes so bestimmt, dass eine minimale Anzahl Synchronisationsphasen resultiert. Aus dem verwendeten Algorithmus ergibt sich gleichzeitig der Ablaufplan.

Die notwendigen Informationen werden anschliessend an die Basisstationen übermittelt. Insbesondere muss jeder Basisstation mitgeteilt werden, auf welchen Master sie sich synchronisieren soll. Dies geschieht mittels einer Zeitangabe.

Für die Durchführung der Synchronisation gibt die Netzsteuereinheit einen entsprechenden Startbefehl an die Basisstationen.

nen. Zugleich gibt die Netzsteuereinheit zum Zweck einer ersten groben Synchronisation den Stand ihrer Uhr bekannt, der von den Basisstationen übernommen wird. Die Uhren der Basisstationen und diejenige der Netzsteuereinheit stimmen damit nur auf ein paar Sekunden genau überein. Der erste Master sendet darauf seine Synchronisationsmeldung und alle Basisstationen, die sie empfangen können, synchronisieren sich darauf. Für den Empfang der Synchronisationsmeldung schalten die Slaves jeweils ihre Antenne vom Senderausgang auf den Empfängereingang um. Die Sender der Basisstationen sind nur dann eingeschaltet, wenn eine Meldung zum Senden vorliegt.

Die Synchronisationsmeldung ist so beschaffen, dass sie auf die Rufempfänger keinen Einfluss hat. Sie enthält u.a. die schon erwähnte 1010...-Folge sowie einen Zähler, der angibt, wieviel Zeit seit Beginn der Synchronisation vergangen ist. Die Slaves vergleichen nun den Zählerstand in der Synchronisationsmeldung mit der Zeitangabe, die sie während der Synchronisationsvorbereitung von der Netzsteuereinheit erhalten haben. Stimmen die beiden Zeiten überein, gilt die Basisstation als synchronisiert, andernfalls wartet sie auf eine neue Synchronisationsmeldung. Die Uhr der Basisstation wird nach dem Zählerstand in der Synchronisationsmeldung gerichtet.

Ist ein Slave synchronisiert, wird er selber zum Master und sendet seinerseits eine Synchronisationsmeldung, wobei natürlich der darin enthaltene Zählerstand erhöht wird.

Am Schluss der Synchronisation gibt die Netzsteuereinheit einen Stopbefehl an die Basisstationen.

Hat eine Basisstation keine Synchronisationsmeldung empfangen, übermittelt sie einen entsprechenden Alarm an die Netzsteuereinheit.

Damit haben nun alle Basisstationen die Zeit ihres ersten Masters übernommen und ihre Antennensignale sind synchronisiert.

Damit die Rufmeldungen zur richtigen Zeit gesendet wer-

den, berechnet die Netzsteuereinheit vor ihrer Einspeisung ins Netzwerk ihren frühestmöglichen Sendezeitpunkt und schickt diese Information zusammen mit der Rufmeldung zu den Basisstationen.

Die Vorbereitung der Synchronisation ist bezüglich Zeitbedarf der Netzsteuereinheit recht aufwendig. Da sie aber nur selten durchgeführt wird, kann die dafür benötigte Zeit im praktischen Betrieb vernachlässigt werden.

Die Befehle für Start und Stop der Synchronisation können bereits übermittelt werden, während die Basisstationen noch Rufmeldungen senden. Somit ist für diese Befehlsübermittlung kein zusätzlicher Zeitaufwand nötig.

Eine Synchronisationsphase dauert genau  $8/16 = 0,5$  Sekunden. Wenn man annimmt, dass für die Synchronisation des ganzen Netzes 25 Phasen nötig sind (was nur für ganz grosse Netze notwendig sein wird), würde die Synchronisation 12,5 Sekunden dauern. Bei einem Synchronisationsintervall von 12 Minuten ergibt sich somit ein Zeitbedarf von ca. 1,7% der Sendezeit.

Weil das Netzwerk die Fähigkeit hat, Rufe zwischenspeichern und mehrere Sendungen zu einer zusammenzufassen, hat die Synchronisation auf den Durchsatz einen sehr geringen Einfluss, sofern das Netz nicht bereits bis an die Grenze seiner Kapazität belastet ist.

Durch das erfindungsgemässe Verfahren ist die Synchronisation der gesendeten Signale vollständig unabhängig von der Länge und den Eigenschaften der Verbindungsleitungen zwischen der Zentrale und den Sendern. Es ist keinerlei Justierung notwendig. Die Synchronisation erfolgt mittels spezieller Synchronisationsmeldungen, die über die ohnehin vorhandenen Sender ausgestrahlt werden, allerdings müssen die Basisstationen mit einem Empfänger ausgerüstet sein. Die Zeit, die periodisch für die Synchronisation benötigt wird, ist in einem Netz, das nicht zu gross ist und nicht dauernd an der Grenze seiner Kapazität betrieben wird, vernachlässigbar.



