



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **P 41 43 290.8**  
 (22) Anmeldetag: **22.05.1991**  
 (43) Offenlegungstag: **05.12.2013**

(51) Int Cl.: **G01S 13/26 (2012.01)**

(71) Anmelder:  
**GEC-Marconi Limited, Stanmore, Middlesex, GB**

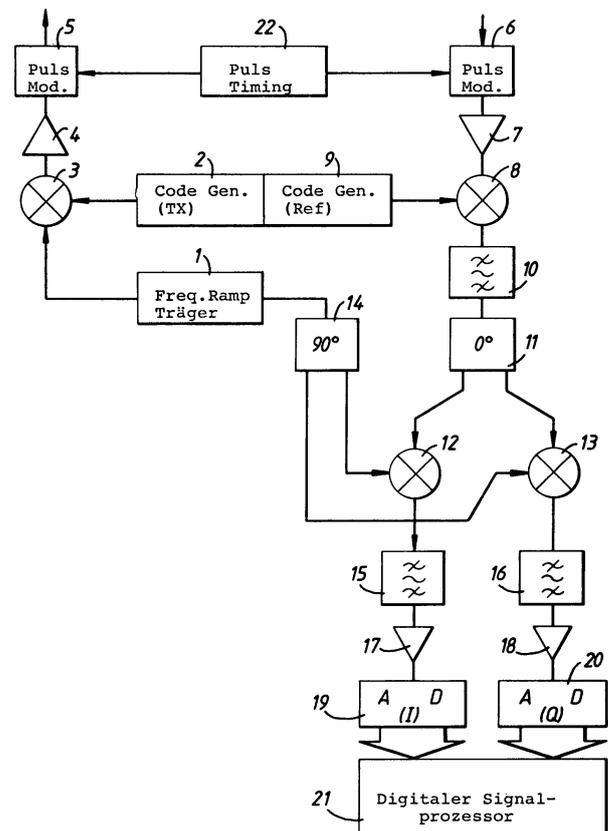
(72) Erfinder:  
**Faulkner, Alistair Robin, Harold Wood, Essex, GB**

(74) Vertreter:  
**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336,  
 München, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Radarsystem**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Radarsystem mit digitaler Kodierung, bei dem ein Sägezahnfrequenz-Trägerwellengenerator (1) durch einen Codegenerator (2) mit einem eine Folge von Ziffern oder Zahlen umfassenden Code moduliert wird, werden die Unbestimmtheiten, die aus der Entfernungsbestimmung resultieren, die auf eine Demodulation der Radarinformationen mit einem Bezugscodegenerator gestützt sind, der einen identischen Code jedoch eine relative Zeitverzögerung erzeugt, dadurch aufgehoben, daß danach das resultierende Signal mit dem Sägezahnfrequenz-Träger demoduliert wird, um eine unabhängige Entfernungsbestimmung zu erzielen.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Radarsystem, insbesondere ein Radarsystem mit digitaler Codierung.

**[0002]** Bei Radarsystemen mit digitaler Codierung wird eine Mikrowellenträgerwelle mit einem Code moduliert, der eine wiederholt erzeugte Folge von Zahlen oder Ziffern umfaßt. Die Modulation kann eine Phasenmodulation, z. B. eine Zweiphasenmodulation sein.

**[0003]** Diese Technik ist für die Codierung innerhalb eines Pulses von gepulsten Trägern verwendet worden, um die Auflösung durch eine Impulsdehnung und -kompression zu verbessern, und zwar als Alternative zur Frequenzmodulations-Chirp(Zwitscher)-Expansion und -Kompression. Die Güte der Entfernungsnebenkeule derart kurzer Codes ist jedoch nicht gut, woraus folgt, daß Störungen ein Problem sind.

**[0004]** Ferner wurde auch vorgeschlagen (vgl. die Patentanmeldung 85 127 30 der Anmelderin), einen sehr langen Pseudozufallscode zu verwenden, der typischerweise zehntausende von Bits lang und auf einem unterbrochenen Dauerwellenträger vorgesehen ist, um die Radarinformationen (anstelle einer Kompression) mit einem mit dem gesendeten kodierten Träger synchronisierten Signal über einen Bereich von zwei Zeitverzögerungen zu korrelieren. Eine Korrelationsspitze wird nur bei der Zeitverzögerung erhalten, die der Flugzeit oder Laufzeit des Strahles zum Ziel und zurück entspricht, wodurch diese die Entfernung des Zieles identifiziert. Ein Vorteil eines solch langen Codes besteht darin, daß die eindeutige Entfernung bzw. Reichweite des Radars, d. h., die Entfernung von Zielen, bis zu der Radarinformationen des ersten Bits des Codes während der nächsten Wiederholung des Codes empfangen werden, was folglich eine Mehrdeutigkeit der Entfernung verursacht, entsprechend lang ist, z. B. mehrere Kilometer.

**[0005]** Ein Nachteil des Systems besteht darin, daß ein besonderer Korrelator für jede zu überprüfende Entfernungszelle erforderlich ist, von denen zehntausende vorgesehen sein können. Alternativ können ein oder mehrere Korrelatoren veranlaßt werden, viele Entfernungszellen auf sequentielle Weise zu überstreichen. Dieses zuletzt genannte Verfahren erfordert jedoch Zeit. Um sicherzustellen, daß die verarbeiteten Ergebnisse in Echtzeit zur Verfügung stehen, kann eine kürzere Codelänge verwendet werden.

**[0006]** Der Nachteil der Verwendung einer kürzeren Codelänge besteht darin, daß die eindeutige Entfernung entsprechend herabgesetzt wird, was zu einer Vielfalt von Entfernungsnebenkeulen führt, wo-

bei auch die erhaltene Güte der Entfernungsnebenkeule herabgesetzt ist.

**[0007]** Die Erfindung schafft ein Radarsystem mit Mitteln zum Modulieren einer Trägerwelle mit einem eine Folge von Zahlen oder Ziffern umfassenden Code, Mitteln zum Demodulieren der Radarinformationen mit dem Code bei variierenden Verzögerungen relativ zu dem in der gesendeten Wellenform enthaltenen Code und mit Mitteln für eine Rampen- oder Sägezahnfrequenzmodulation der Trägerwellenform.

**[0008]** Die hinsichtlich der Auflösung gegebenen Vorteile der kodierten Trägerwellenform können aufrechterhalten werden, ohne daß hierbei eine Vielfalt von Entfernungsnebenkeulen in Kauf genommen werden muß, da die Unbestimmtheiten aufgehoben werden können, indem die unabhängige Entfernungsnebenkeule herangezogen wird, die sich aus der Verwendung einer FM-Sägezahnträgerwellenform ergibt.

**[0009]** Eine geeignete Wellenlänge könnte bei 63 Bits, 127 Bits oder 255 Bits liegen. Für eine Demodulation der Radarinformationen mit dem Code können zwei miteinander synchronisierte und denselben Code erzeugende Codegeneratoren verwendet werden, und zwar einer zur Modulation des zu sendenden, mit einem Sägezahn versehenen Trägers und der andere zur Modulation der Radarinformationen bzw. -rücksignale. Danach kann die sich ergebende, mit einem Sägezahn versehene Form der Rücksignale mit einem Signal gemischt werden, das von dem mit einem Sägezahn versehenen Träger erhalten wird, um eine unabhängige Entfernungsnebenkeule zu erhalten und Mehrdeutigkeiten bzw. Unbestimmtheiten im Zusammenhang mit dem kurzen Code aufzuheben.

**[0010]** Ein entsprechend der Erfindung aufgebautes Radarsystem mit digitaler Codierung wird nun beispielsweise unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung beschrieben, in der ein Blockdiagramm des Radarsystems dargestellt ist.

**[0011]** Ein Radarsystem umfaßt einen Trägerwellengenerator **1** und einen Codegenerator **2**, der die Trägerwelle bei einem Modulator **3** moduliert. Der kodierte Träger wird bei einem Verstärker **4** verstärkt und bei einem Impulsmodulator **5** gepulst, bevor er einer (nicht gezeigten) Antenne zur Absendung zugeführt wird.

**[0012]** Die Radar-Rücksignale bzw. Radarinformationen werden über eine (nicht gezeigte) Antenne empfangen und von einem Impulsmodulator **6** während der Intervalle zwischen den gesendeten Impulsen an einen Verstärker **7** weitergegeben.

**[0013]** Das Ausgangssignal des Verstärkers wird bei einem Demodulator **8** durch das Ausgangssignal eines Referenz-Codegenerators **9** demoduliert, der einen Code erzeugt, der identisch mit dem des Sender-Codegenerators **2** ist und mit diesem durch eine variable und wählbare Zeitverzögerung synchronisiert ist.

**[0014]** Der Code besteht aus einer Pseudozufallsfolge von Bits, typischerweise 127 Bits in der Länge, die wiederholt erzeugt wird, wobei der Träger durch den Modulator **3** zweiphasig moduliert wird, d. h. für ein Bit eines Wertes die Phase unverändert ist, für ein Bit des anderen Wertes die Phase jedoch um  $180^\circ$  geändert wird. Das Ergebnis davon ist, daß dann, wenn die Flugzeit der Radarsignale von dem Sender zu einem Ziel und von dem Ziel zu dem Empfänger genau gleich der Zeitverzögerung zwischen dem Referenz-Codegenerator **9** und dem Sender-Codegenerator **2** ist, die Phasenwechsel nicht mehr beim Ausgangssignal des Demodulators auftreten, der jetzt für den Code transparent wird.

**[0015]** Das Ausgangssignal des Demodulators **8** wird durch ein Bandpaßfilter **10** gefiltert, entsprechend dem Band des Trägers, im Gegensatz zu dem breiten Band des zweiphasig modulierten Trägers. Folglich werden Radarinformationen von anderen Zielen, die kodierte Trägerausgangssignale von dem Demodulator erzeugen, ausgefiltert und das Filter-Ausgangssignal wird nur Signale enthalten, die einer bestimmten Zeitdifferenz zwischen den gesendeten und Bezugscores entsprechen.

**[0016]** Der Code kann jedoch relativ kurz sein, und eine besondere Zeitdifferenz zwischen den gesendeten und Bezugscores könnte einer Vielfalt von Entfernungen entsprechen. So könnte beispielsweise eine Zeitdifferenz von  $1/2$  der Codelänge einer Flugzeit entsprechend  $1/2$  der Codelänge entsprechen,  $1\ 1/2$  mal die Codelänge,  $2\ 1/2$  mal die Codelänge usw..

**[0017]** Daher ist der Trägerwellengenerator **1** zur Erzeugung eines durch ein lineares Sägezahnsignal frequenzmodulierten Trägers (linear ramp frequency modulated carrier) ausgelegt. Die resultierende Sägezahnform der Rücksignale kann mit einem Signal gemischt werden, das von dem von einem Sägezahn beaufschlagten Träger abgeleitet ist, um eine unabhängige Entfernungbestimmung zu erhalten und Mehrdeutigkeiten im Zusammenhang mit dem kurzen Code aufzuheben.

**[0018]** Damit wird das Ausgangssignal des Code-Demodulators **8** durch einen Aufteiler **11** in I- und Q-Kanäle aufgeteilt, während die Signale in Mischern **12, 13** mit Quadratur-Ausgangssignalen von dem frequenzmäßig durch das Sägezahnsignal beaufschlagten Träger gemischt werden, der in einem  $90^\circ$ -Teiler **14** aufgeteilt wird. Die Ausgangssignale der bei-

den Mischer verlaufen durch Bandpaßfilter **15, 16**, Verstärker **17, 18** und werden durch Analog/Digital-Wandler **19, 20** digitalisiert. Die digitalen Ausgangssignale werden einem digitalen Signalprozessor **21** zur Frequenzanalyse zugeführt.

**[0019]** Die sich aufgrund der Entfernung ergebende Zeitverzögerung führt bekanntlich zu einer Frequenzdifferenz, wenn Rücksignale eines durch einen linearen Sägezahn frequenzmodulierten Radarsignals mit dem Sendesignal gemischt werden. Damit liefert eine Frequenzanalyse der Mischerausgangssignale eine Entfernungsinformation. Diese ermöglicht es dann, daß die Mehrdeutigkeiten in der Entfernungbestimmung von den Codes aufgehoben werden.

**[0020]** Natürlich ist der Radar, wie beschrieben, nur in der Lage, Ziele in einer einzigen Entfernungszelle entsprechend der Zeitverzögerung zwischen den Codegeneratoren **2** und **9** zu erfassen. Dem kann dadurch abgeholfen werden, daß verschiedene Verzögerungen entsprechend verschiedener Entfernungszellen auf sequentielle Weise durchschritten werden.

**[0021]** Alternativ kann der Referenz-Codegenerator **9** Mehrfachausgänge besitzen, wobei das Bandpaßfilter **10**, der Teiler **11**, die Mischer **12, 13**, die Bandpaßfilter **15, 16**, die Verstärker **17, 18** und die Analog/Digital-Wandler **19, 20** doppelt vorgesehen sein können, und zwar ein Satz für jeden Ausgang. z. B. kann ein Satz für jedes Bit des Codes vorgesehen sein, d. h. einer für jede Entfernungszelle.

**[0022]** Der sich wiederholende Pseudozufallscode kann mit logischen Schieberegistern, Read-Only-Speichern (ROM) oder Random-Access-Speichern (RAM) erzeugt werden. In dem Falle, wo der Codegenerator Mehrfachausgänge besitzt, können diese dadurch erzeugt werden, daß der Code einem Schieberegister aufgegeben wird und die parallelen Ausgänge einer solchen Vorrichtung herangezogen werden. Anstelle der Pseudozufallscores können auch andere Codes verwendet werden.

**[0023]** Anstelle einer zweiphasigen Modulation des Trägers kann der Träger durch den Code auch einer vielphasigen Modulation unterzogen werden, wobei in jedem Fall der Modulator **3** einen Mischer, Multiplizierer oder eine geschaltete Phasenumkehrinrichtung umfassen kann.

**[0024]** Eine geeignete Bitrate (Grundtakt) bei einem Code könnte 100 MHz bis 1 GHz, typischerweise 400–800 MHz sein, und der Träger könnte irgendein Radarband wie z. B. das UHF-, SHF- oder EHF-Band sein. Eine geeignete Rampen- oder Sägezahnzeit könnte eine solche von 0,1 bis 10 ms sein, typischerweise 1 ms, mit einem entsprechenden Sägezahn-Frequenzsignal von 1 bis 100 MHz, typischerweise 14 MHz. Der Sägezahn bzw. die Rampe kann line-

ar sein, was den Vorteil mit sich bringt, daß die Differenzfrequenz, die bei der Demodulation erzeugt wird, linear auf die Entfernung bezogen ist, gewünschtenfalls könnte jedoch auch eine nichtlineare Rampe bzw. ein nichtlinearer Sägezahn verwendet werden. Andere Codelängen wie z. B. 63 oder 255 Bits könnten gewünschtenfalls verwendet werden.

**[0025]** Die Zeitverhältnisse bzw. Synchronisierung zwischen den Sendeimpulsen. von dem Impulsmodulator **5** und den durch den Impulsmodulator **6** definierten Empfangsperioden können durch eine Impulszeitgebersteuerung **22** variiert werden. Die Puls wiederholungsfrequenz und Pulsbreite können auf die Sägezahnlänge bezogen sein oder auch nicht. In gleicher Weise kann die Codelänge auf die Sägezahnlänge bezogen sein, was jedoch nicht zwangsläufig der Fall sein muß. Falls gewünscht, kann der Träger als Dauerwelle ausgesandt werden. Obwohl die Radar-Rücksignale bzw. Radarinformationen bezüglich des Codes demoduliert werden, bevor der Sägezahn bzw. die Rampe entfernt wird, wie oben beschrieben, können die Radarinformationen gewünschtenfalls auch vom Sägezahn befreit werden, bevor sie hinsichtlich des Codes demoduliert werden.

**[0026]** Zu den Vorteilen der Erfindung zählt, daß sie die Entfernungsauflösung kodierter Modulationsradarsignale ermöglicht, ohne daß hierbei die im Zusammenhang mit der Verarbeitung bestehenden, der Verwendung eines langen Codes anhaftenden Nachteile gegeben sind, da ein kurzer Code verwendet wird und die lineare Sägezahnfrequenzmodulation verwendet wird, um Entfernungsunbestimmtheiten zu beseitigen. Die hohe Entfernungsauflösung ergibt eine verbesserte Unterscheidung von Zielen gegenüber Störungen. Die kodierte Modulation sendet Leistung über ein breites Frequenzspektrum, und die Möglichkeit eines Dauerwellen (continuous wave, CW)- oder angenäherten Dauerwellen-Betriebs führt zu einer geringeren Wahrscheinlichkeit des Abfangens oder Abhörens. Die eingeschränkte Verarbeitung aufgrund eines kürzeren Codes ermöglicht es, daß das Radarsystem als Abtast-(Überwachungs) Radarsystem verwendet werden kann.

### Patentansprüche

1. Radarsystem mit Mitteln zum Modulieren einer Trägerwelle mit einem Code aus einer Zahlenfolge, Mitteln zum Demodulieren der Radarinformationen mit dem Code bei variierenden Verzögerungen relativ zu dem in der gesendeten Wellenform enthaltenen Code, und mit Mitteln für eine Rampen- oder Sägezahnfrequenzmodulation der Trägerwellenform.

2. Radarsystem nach Anspruch 1 mit einem ersten Codegenerator zum Modulieren der Trägerwelle und einem zweiten Codegenerator zur Erzeugung ei-

nes identischen Codes zum Demodulieren der Radarinformationen, wobei der zweite Codegenerator mit dem ersten Codegenerator synchronisiert ist, zwischen den beiden Ausgangssignalen jedoch eine Zeitverzögerung vorliegt.

3. Radarsystem nach Anspruch 1 oder 2 mit Mitteln zum Mischen der Radarinformationen mit dem Ausgangssignal des zweiten Codegenerators.

4. Radarsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit Mitteln zum Mischen der codedemodulierten Radarinformationen mit einer Wellenform, die von den Sägezahnfrequenzmodulationsmitteln abgeleitet ist.

5. Radarsystem im wesentlichen wie hier unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

