

(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  
24. April 2003 (24.04.2003)

PCT

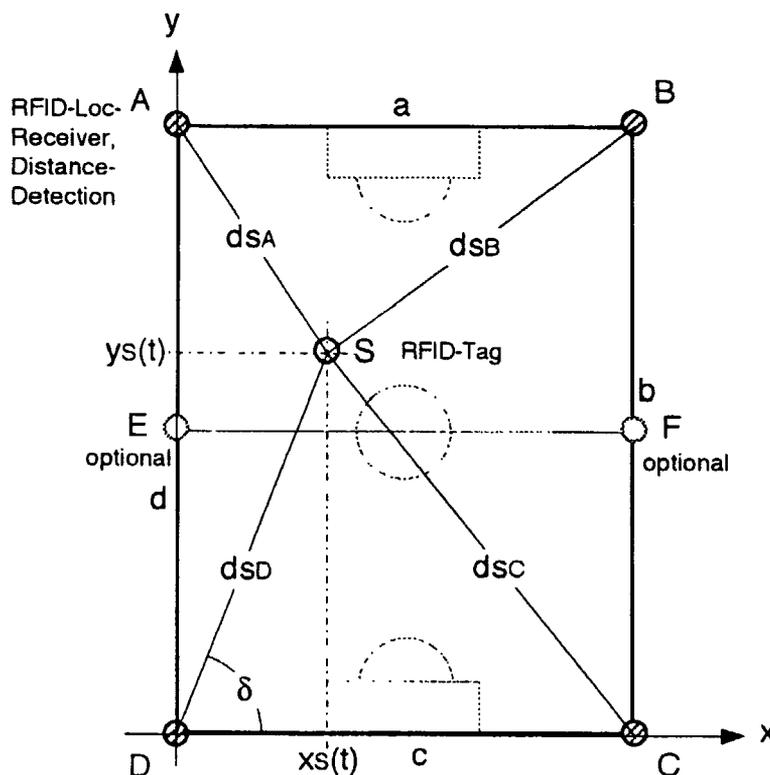
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/033091 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: A63F
- (72) Erfinder; und
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/03825
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DAHMEN, Norbert [DE/DE]; Am Marienheim 13, 47918 Tönisvorst (DE). DIMIC, Zdenko [DE/DE]; Broicher Str. 139a, 41179 Mönchengladbach (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
11. Oktober 2002 (11.10.2002)
- (74) Anwälte: BONSMANN, Joachim usw.; Bonsmann & Bonsmann, Kaldenkirchener Str. 35a, 41063 Mönchengladbach (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
101 50 200.1 12. Oktober 2001 (12.10.2001) DE
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT (Gebrauchsmuster), AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ (Gebrauchsmuster), CZ, DE (Gebrauchsmuster), DE, DK (Gebrauchsmuster), DK, DM, DZ, EC, EE (Gebrauchsmuster), EE, ES, FI (Gebrauchsmuster), FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): RHINE-TEC GESELLSCHAFT FÜR VIRTUELLE INSTRUMENTIERUNG MBH [DE/DE]; Broicher Str. 13, 41179 Mönchengladbach (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR REAL-TIME LOCALIZATION OF PERSONS AND PLAYING DEVICES IN TEAM SPORTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ECHTZEITLOKALISIERUNG VON PERSONEN UND SPIELGERÄT BEI MANNSCHAFTSSPORTARTEN



(57) Abstract: The invention relates to the planning, implementation, observation, analysis and recording and reproduction of movement processes of players in typical team sport activities. The players and playing objects (e.g. a football) are provided with transmitters (S) whose signals are picked up by fixed receiver devices (A-F), enabling the positions of the players and playing objects to be determined.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft die Planung, Durchführung, Beobachtung, Analyse sowie Aufzeichnung und Wiedergabe der Bewegungsabläufe von Spielern bei typischen Mannschaftssportarten. Hierzu weisen die Spieler und die Spielobjekte (z.B. ein Fußball) Sender (S) auf, deren Signale mittels ortsfester Empfangseinrichtungen (A...F) empfangen und hieraus die Positionen der Spieler und Spielobjekte bestimmt werden.



WO 03/033091 A2



NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK (Gebrauchsmuster), SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

Verfahren und Vorrichtung zur Echtzeitlokalisierung von  
Personen und Spielgerät bei Mannschaftssportarten

Die vorliegende Erfindung betrifft die Planung, Durchführung, Beobachtung, Analyse sowie Aufzeichnung und Wiedergabe der Bewegungsabläufe (zeitlich und räumlich-geometrische Positionen) von Spielern (einschließlich der Schiedsrichter) bei typischen Mannschaftssportarten wie z.B.

- + Fußball,
- + (Feld-) Handball
- + Hockey

10

Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere die zeitlich und räumlich/geometrische Erkennung sowie elektronische Aufzeichnung und Online-Darstellung der Positionsabfolge jedes Spielers einschließlich des Spielgegenstandes (Ball, Puck etc.).

15

Eine genaue Erkennung der Positionen der Spieler bzw. des Spielgeräts ist unter mehreren Aspekten nützlich. Zum einen wird eine genaue Spielanalyse zu Trainings- und Dokumentationszwecken ermöglicht. Zum anderen können kritische Spielentscheidungen, wie z.B. die Anwendung der Abseitsregel beim Fußball, wesentlich zuverlässiger entschieden werden, als dies durch Schiedsrichter und Linienrichter möglich wäre. Bei bekannten Ansätzen zur Erkennung der Positionsabfolge von Spielern werden mittels elektronischer Kameras bewegte Bilder des Spielfeldes – in der Regel aus verschiedenen Perspektiven – erstellt, aus denen dann mit Methoden der Bildverarbeitung die genauen Positionen der Spieler und des

25

- 2 -

Spielgegenstandes analysiert werden. Dabei werden die einzelnen Spieler in der Regel anhand verschiedener Unterscheidungsmerkmale – z.B. der Gesichter oder anhand von Rückennummern – voneinander unterschieden. Diese Aufgabe stellt  
5 jedoch höchste Anforderungen sowohl an die Bildverarbeitungshardware als auch an die Software. Trotz großen Aufwands ist eine zuverlässige Erkennung der einzelnen Positionen nicht in allen Situationen möglich, beispielsweise in  
10 Zweikampfsituationen oder bei ungünstigen Sichtverhältnissen bedingt durch Witterung oder Rauch von Feuerwerkskörpern in Stadien. Gerade in derartigen Situationen wird jedoch eine zuverlässige Positionsanalyse besonders dringend benötigt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bzw.  
15 eine Vorrichtung der eingangs genannten Art derart zu verbessern, dass mit geringerem Hard- und Softwareaufwand eine zuverlässigere Erkennung erreicht wird.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch eine Vorrichtung mit  
20 den Merkmalen des Patentanspruches 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 2. Zweckmäßige Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

Die Echtzeit-Positionserkennung bzw. -ortung der Spielpersonen erfolgt bevorzugt nach einem speziellen Verfahren, das  
25 RFID- und RTLS-Konzepte in geeigneter Weise kombiniert (RFID = Radio Frequency IDentification, RTLS = RealTime Locating System).

30 Dies erlaubt eine Echtzeit-Funkortung und eine Echtzeit-Entfernungsmessung für frei bewegliche Objekte.

Das System ist in der Lage, nach Vorgabe (Spielregeln) bestimmte Spielsituationen – wie z.B. die Abseitssituation

- 3 -

beim Fußball, Tor-Aus oder Seiten-Aus beim Fußball - selbsttätig zu erkennen. Dies gilt insbesondere auch dann, wenn sich das Spielgerät (z.B. der Ball) zum betrachteten Ereigniszeitpunkt in der Luft (im Flug) befindet.

5

Das System ist zu jedem Zeitpunkt aufgrund der Kenntnis der exakten Positionen aller Spieler und des Balls und deren Abstandsvektoren zueinander in der Lage, z.B. beim Fußballspiel zwischen der passiven und aktiven Abseitssituation zu unterscheiden und entsprechend zu reagieren (passives Abseits --> Warnung, aktives Abseits --> Alarm).

Im Rahmen der Erfindung wird das Spielfeld mit einem imaginären Koordinatennetz überzogen und damit quasi eine Digitalisierung des Feldes erreicht.

Ein aufgezeichnetes Spiel kann jederzeit (auch einzelschrittweise) entlang der Zeitachse wieder abgespielt werden, so dass im Sinne der (nachträglichen) Analyse durch Trainer und Mannschaft die interessierenden (spielentscheidenden) Spielzüge betrachtet werden und neue Spielzugstrategien entwickelt werden können.

Das System dient insbesondere als allgemein anwendbare Trainingshilfe bei der Ausbildung von Spielern für Mannschaftssportarten, insbesondere Fußball, Hockey etc. Es kann besonders effizient zur Planung und Erprobung von Spielzügen durch Nachspielen bei direkter Kontrolle bzw. Beobachtung am Spielfeldrand bzw. in der Halle (Trainings- oder Unterrichtsraum) und Vergleich mit dem geplanten Spielzugverlauf eingesetzt werden.

Das System weist gegenüber Kamerasystemen bzw. visuellen Beobachtungssystemen entscheidende Vorteile auf:

- 4 -

- + Das System ist bei wesentlich geringerem Aufwand wesentlich genauer als bekannte Kamerasysteme.
- 5 + Die Spielerpositionen werden in der Draufsicht des Spielfeldes, also ohne geometrische Verzerrung, erfaßt und eingeblendet bzw. dargestellt (Darstellung wie beim Training und bei der Planung der Spielzugstrategien üblich).
- 10 + Es gibt keine (geometrischen) Verzerrungen, wie sie durch die Kamera- oder Standortperspektive bei kamerabasierten Systemen üblich sind und die zu Fehlinterpretationen der Spielsituation seitens der Beobachter (aber auch seitens der mitbewegten Schiedsrichter) führen können.
- 15 + Das System ist funktionsbedingt in viel größerem Maße witterungsunabhängig als Kamerasysteme.
- 20 + Die Positionserkennung ist robust (fehlertolerant) gegenüber Fremdkörpern, die auf dem Spielfeld liegen.
- 25 + Die Objektlokalisierung ist überdies auch bei Flutlichtspielen mit ausgeprägten Schattenwürfen der Objekte gewährleistet. Eine optisch-visuelle Objektlokalisierung ist unter diesen Bedingungen sonst nur mit allergrößtem Aufwand möglich.
- 30 + Die Objektlokalisierung erfolgt auch dann noch korrekt, wenn aus Sicht eines Kamerasystems sich Spieler gegenseitig abschatten.

- 5 -

- + Das System ist um Größenordnungen kostengünstiger und damit preiswerter als ein auf Kamerasystemen basierendes System zu realisieren.
  
- 5 + Das System kann sowohl mobil (da selbstkalibrierend hinsichtlich der Spielfeldabmessungen) als auch festinstalliert aufgebaut bzw. betrieben werden.
  
- + Das System erlaubt eine hohe Fehlertoleranz durch  
10 Mehrfachortung / -lokalisierung jedes bewegten Objektes und eine spezielle Ausgleichsalgorithmik.
  
- + Die Sensorik basiert wesentlich auf einer (preiswerten) Transponder-Technologie zur Identifikation jedes  
15 bewegten Objektes und auf den am Rande des Spielfeldes (ortsfest, z.B. in den Eckfahnenstangen beim Fußballfeld) aufgestellten Ortungsempfängern zur Mikrowellen-Distanzmessung.
  
- 20 + Sichere Objektidentifikation durch eineindeutige ID-Nummerncodierung (Objektadressen).
  
- + Simultane Beobachtung von 30 Objekten (Spielern, Schiedsrichter, Linienrichter, Spielgerät) bei einer  
25 zeitlichen Auflösung von weniger als 300 Mikrosekunden pro Objekt und einer räumlich / geometrischen Auflösung von weniger als 0,2 m möglich.
  
- + Das System umfasst bevorzugt Algorithmen zur Spielfeld-Konfiguration und automatischen Spielfeldvermessung.  
30

- 6 -

- + Das System umfaßt weiterhin bevorzugt Algorithmen zur interaktiven Mannschafts-Konfiguration (Mannschafts-Editor).
- 5 + Das System umfaßt bevorzugt eine Einrichtung zur Erkennung eines Spielerwechsels (Spieleraustausch bzw. Spielereinwechselung und dem damit verbundenen Tag-Wechsel).
- 10 + Die Objekt-Tags sind bevorzugt als Folientransponder mit integriertem Mikroprozessor und Mikrowellenantenne realisiert und können sehr leicht sowohl in die Rückennummer des Spielertrikots wie auch bevorzugt in die Spielschuhe integriert werden.
- 15 + Im Rahmen der Auswertung der Positionsdaten können weiterhin Internetoptionen zur (Online-)Beobachtung realer Spiele für Sportinteressierte vorgesehen sein. Hierzu kann eine spezielle Browsersoftware zum Down-  
20 load und Abspielen von aktuellen und historischen Spielen vorgesehen sein.
- + Weiterhin können die Daten zur Situationseinblendung parallel zum Action-Replay bei Fernsehübertragungen  
25 von Mannschaftsspielen eingesetzt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

30 Figur 1 eine Prinzipskizze des Messaufbaus und des Auswertungsprinzips;

Figur 2 eine Detaildarstellung einer Empfangseinrichtung gemäß Figur 1;

Figur 3 eine Prinzipdarstellung der Rechnerarchitektur;  
und

5 Figur 4 eine schematische Darstellung einer alternativen  
Positionsbestimmungsanordnung.

Anhand von Figur 1 wird nachfolgend die Messanordnung und  
das Prinzip der Lokalisierungsrechnung (Signalprozessor) am  
10 Beispiel eines Fußballfeldes erläutert. An den Positionen  
der Eckfahnen A, B, C, D eines Fußballfeldes befinden sich  
vier RFID-Loc-Receiver (vgl. auch Figur 2); ein Spieler oder  
ein Spielobjekt weist jeweils ein RFID-Tag auf. Auf die Si-  
gnale der RFID-Loc-Receiver strahlt das RFID-Tag eine Ant-  
15 wort aus. Aus einer Signalverarbeitung der Antwortsignale  
(siehe unten) können jeweils die Distanzen  $d_{sA}$  bis  $d_{sB}$  be-  
stimmt werden. Die Position des Objektes  $x_s(t_i)$  bzw.  $y_s(t_i)$   
zum Zeitpunkt  $t_i$  berechnet sich darauf basierend wie folgt:

20

$$x_s(t_i) = d_{sD} \cdot \cos(\delta)$$

$$y_s(t_i) = d_{sD} \cdot \sqrt{1 - \cos^2(\delta)}$$

$$\cos(\delta) = \frac{d_{sD}^2 + c^2 - d_{sC}^2}{2 \cdot d_{sD} \cdot c}$$

oder auch gleichwertig

$$2 \cdot s := c + d_{sC} + d_{sD} \quad (\text{Umfang})$$

$$\tan \frac{\delta}{2} = \sqrt{\frac{(s - d_{sD}) \cdot (s - c)}{s \cdot (s - d_{sC})}} \Rightarrow \delta$$

$$\tan \frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{(s - d_{sC}) \cdot (s - c)}{s \cdot (s - d_{sD})}} \Rightarrow \gamma$$

$$\tan \frac{\sigma}{2} = \sqrt{\frac{(s - d_{sD}) \cdot (s - d_{sC})}{s \cdot (s - c)}} \Rightarrow \sigma$$

Die Winkelsumme ist  $180^\circ$  und sollte stets überprüft werden.

Die RFID-Tags sind bevorzugt als Folie oder Kunststoffchip (z.B. im halben Scheckkartenformat) bestehend aus einem Mikrocontrollerchip, RAM und EEPROM sowie HF-/Mikrowellen-Interface und Antenne ausgebildet.

Die Empfängerantennen sind mit sog. RSCs (Receive Station Controllern) verbunden. Diese steuern eine RF-Signalausgabe zur Tag-Anregung und empfangen ein TX-Signal zur Erkennung der Tag-IDs und zur Laufzeitmessung  $t_d$ , mittels derer der Abstand  $d_{SA} = \frac{1}{2} * t_d * c$  zum jeweiligen Tag bestimmt werden kann ( $t_d$  = Laufzeit des Mikrowellensignals,  $c$  = Lichtgeschwindigkeit).

Gemäß Figur 3 sind alle RSCs über ein LAN bzw. ein Feldbus-system (z.B. Field Point) mit einem RTLS-Computer (Real Time Locating System) verbunden, der für die Spielfelddarstellung, die Darstellung der Spielerpositionen, die Aufzeichnung und Erkennung spezieller Spielsituationen (z.B. Abseits beim Fußball) zuständig ist. Auf dem RTLS-Computer läuft die eigentliche Applikationssoftware.

Die verschiedenen RSCs können auch zu einem RSC-Cluster zusammengefaßt werden. Die Antennen werden dann bevorzugt über einen (Mikrowellen-)Multiplexer mit dem RSC-Cluster verbunden.

Zur Realisierung eines RSC-Clusters kann z.B. auf ein PXI-System (19"-Einschub-System) zurückgegriffen werden. Auf diese Weise kann auch der RTLS-Computer in das PXI-System integriert werden.

Bis auf die RSCs, die Antennen und die RFID-Tags (die speziell für die Abstandsmessung realisiert werden müssen) können

- 9 -

alle Komponenten auf der Basis von Standardkomponenten realisiert werden.

Die einzelnen RFID-Tags werden individuell im Zeitmultiplex-  
5 verfahren angesprochen und die jeweiligen Antworten zur Laufzeitmessung ausgewertet.

Alternativ kann die Lokalisierung der RFID-Tags auch im  
Raummultiplexverfahren durch Abscannen mittels schnell ro-  
10 tierender Empfängerantennen im Kreuzpeilverfahren erfolgen (vgl. Figur 4). Dies hat den Vorteil, dass das Spielfeld gewissermaßen von einem Netz von Kreuzpeilpunkten überzogen ist und die Lokalisierung durch einfache Ereignisdetektion erfolgen kann.

15

Die erforderliche Rotation der Antennen kann entweder durch einen mechanischen Antrieb oder über eine elektronische Simulation der Rotation mittels eines gemultiplexten Antennenarrays bewirkt werden.

20

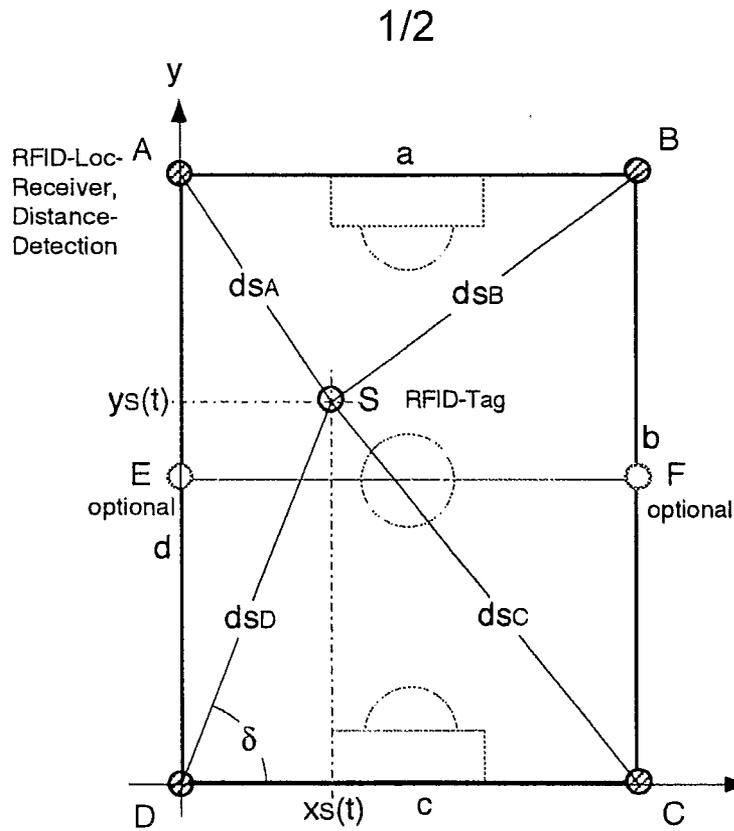
Neben der Anordnung der Empfänger in den Eckfahnen können diese auch z.B. im Spielfeld an beliebigen Positionen versenkt oder vergraben oder oberhalb des Spielfeldes (z.B. an einer Hallendecke) angeordnet sein.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Echtzeitlokalisierung von Personen und/oder einem Spielgerät bei Mannschaftssportarten, gekennzeichnet durch
- 5
- eine Sendeeinrichtung oder mehrere Sendeeinrichtungen ( $S_1 \dots S_n$ ), die einer oder mehreren Personen und/oder dem Spielgerät jeweils zugeordnet ist bzw. sind,
- 10
- dem Spielfeld ortsfest zugeordnete Empfangseinrichtungen (A...F) zum Empfang der Signale der Sendeeinrichtung bzw. der Sendeeinrichtungen, und
- 15
- eine Auswertungseinheit, die durch eine Analyse der von den Empfangseinrichtungen enthaltenen Signale die Position der Personen und/oder des Spielgeräts bestimmt.
- 20
2. Verfahren zur Echtzeitlokalisierung von Personen und einem Spielgerät bei Mannschaftssportarten, dadurch gekennzeichnet, dass die Personen und das Spielgerät mit kodierten Hochfrequenzsendern ( $S_1 \dots S_n$ ) versehen und die aktuellen Positionen durch ortsfest im Spielfeldbereich angeordnete und miteinander synchronisierte Ortungsempfänger (A...F) erfasst und von einem angeschlossenen
- 25
- Rechner berechnet werden.

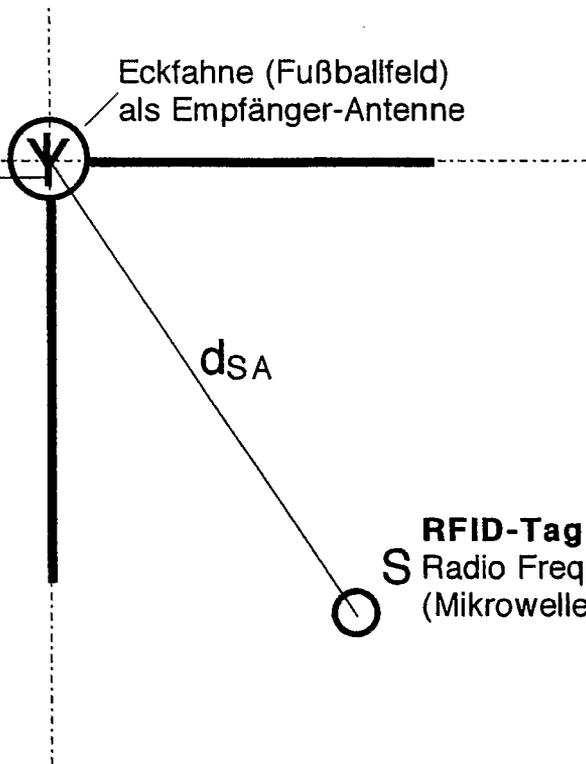
- 11 -

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplituden der empfangenen Signale - vorzugsweise trägerlos moduliert - miteinander verglichen und aus den Relationen die jeweiligen Positionen berechnet werden.  
5
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionsbestimmung durch eine Kreuzpeilung erfolgt, wobei die Empfangsantennen (A...F)  
10 schnell rotierend angeordnet und mit einem Absolut- oder Inkrementalmesswertgeber gekoppelt sind.
- 15 5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionsbestimmung durch eine Kreuzpeilung erfolgt, wobei eine simulierte Rotation der Empfangsantenne durch eine gemultiplexte Abfrage eines entsprechend ausgebildeten Antennenarrays erfolgt.  
20
6. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionsbestimmung gemäß dem Prinzip der Funkortung erfolgt, wobei die Empfangsantennen (A...F)  
25 als Kreuzdipole ausgebildet sind und die Position aus dem Verhältnis der Maxima oder Minima berechnet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Sender im Multiplexverfahren  
30 kurzzeitig aktiviert wird.



**Fig. 1**

**RSC-**  
Receive  
Station  
Controller



**RFID-Tag**  
Radio Frequency IDentification  
(Mikrowellen-Transponder)

**Fig. 2**

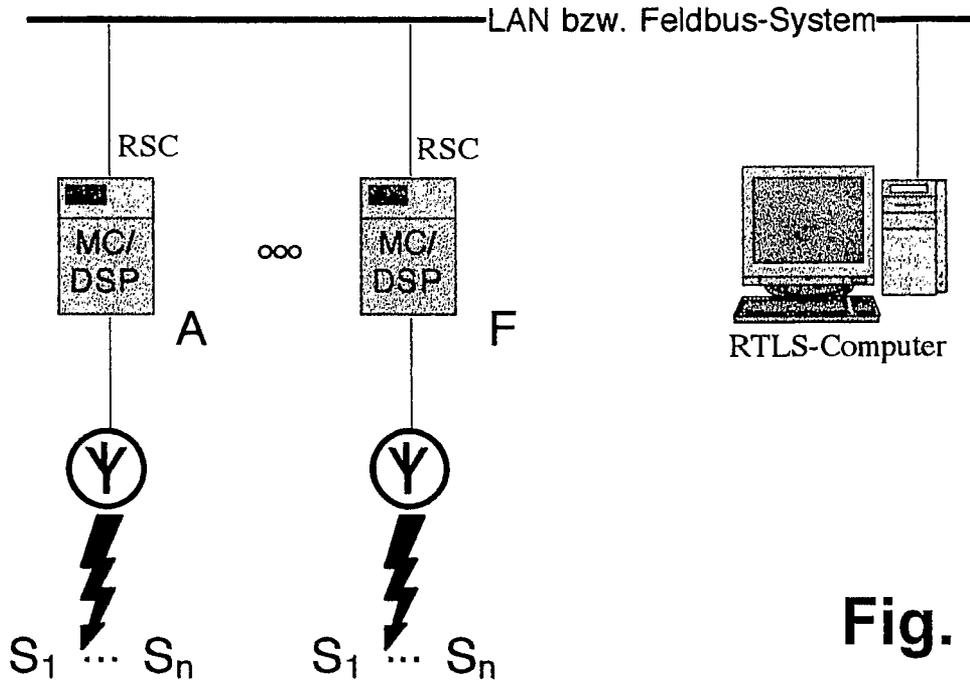


Fig. 3

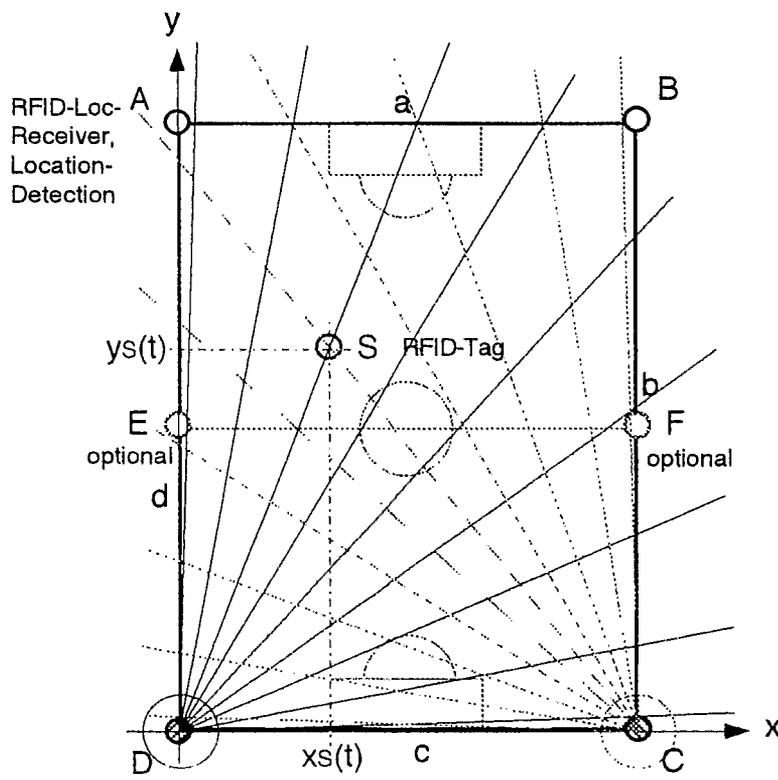


Fig. 4