



(10) **DE 10 2021 001 043 A1** 2021.04.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2021 001 043.4**

(22) Anmeldetag: **26.02.2021**

(43) Offenlegungstag: **15.04.2021**

(51) Int Cl.: **G01S 7/48 (2006.01)**

G01S 7/497 (2006.01)

G01S 17/931 (2020.01)

(71) Anmelder:
Daimler AG, 70372 Stuttgart, DE

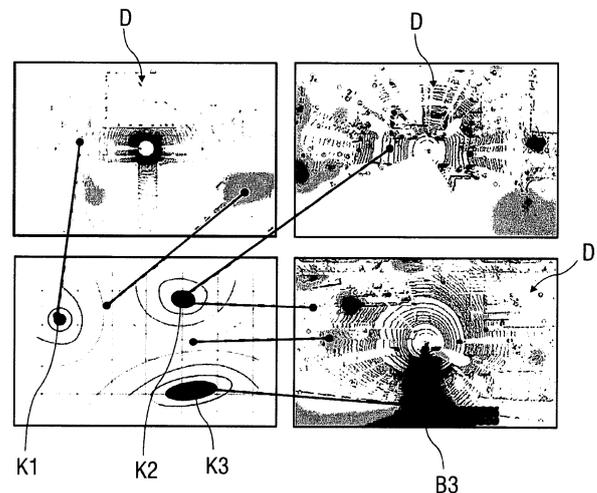
(72) Erfinder:
**Triess, Larissa, 70565 Stuttgart, DE; Peter, David,
Dr., 70195 Stuttgart, DE**

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur automatischen Erkennung und Lokalisierung von Anomalien in mittels eines Lidarsensors erfassten Daten**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Erkennung und Lokalisierung von Anomalien in mittels eines Lidarsensors erfassten Daten (D). Erfindungsgemäß wird die Erkennung mittels eines künstlichen neuronalen Netzwerks, welches anhand einer Proxy-Klassifizierungsaufgabe trainiert wurde und ein in drei Kategorien unterteiltes Umgebungsmodell umfasst, durchgeführt, wobei als Anomalien ungewöhnliche Szenarien, unbekannte Objekte und ungewöhnliche Sensorverhalten erkannt und lokalisiert werden. Zur Erkennung und Lokalisierung der Anomalien wird eine Punktzahl pro lokaler Region in einer mittels des Lidarsensors erfassten Punktwolke vergeben und dann, wenn die Punktzahl einen vorgegeben Schwellwert überschreitet, wird eine Datenaufzeichnung automatisch gestartet oder eine aktuelle Datenaufzeichnung wird automatisch als für eine Annotation relevant gekennzeichnet. Mittels des Lidarsensors werden erfasste und als zu einer Anomalie gehörig erkannte Daten (D) in eine synthetische Kategorie (K1) eingeordnet. Mittels des Lidarsensors erfasste und als real erkannte Daten (D) werden in eine reale Kategorie (K2) eingeordnet und mittels des Lidarsensors erfasste und als weder zu einer Anomalie gehörig noch als real erkannt eingestufte Daten (D) werden als zufällig erzeugte Daten (D) gekennzeichnet und in eine sonstige Kategorie (K3) eingeordnet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Erkennung und Lokalisierung von Anomalien in mittels eines Lidarsensors erfassten Daten.

[0002] Lidarsensoren sind für zukünftige Fahrzeuge mit fortschrittlichen Fahrerassistenzsystemen und für autonom betriebene Fahrzeuge unverzichtbar. Sie liefern eine präzise dreidimensionale Darstellung der Fahrzeuge umgebender Verkehrsszenen. Um diese Darstellungen als hierarchische Szenen zu interpretieren, die verschiedene miteinander interagierende Objekte enthalten, werden neuronale Netze verwendet, um eine Objekterkennung, eine punktweise semantische Segmentierung oder eine Bewegungsschätzung durchzuführen. Um diese Netzwerke erfolgreich zu trainieren, sind große Mengen an kommentierten Daten erforderlich, welche aufgezeichnet und bei Bedarf wieder abgerufen werden.

[0003] Die CN 108 802 761 A beschreibt ein Verfahren zur Steuerung eines autonomen Fahrzeugs mit folgenden Schritten:

- Erfassung von Lidar-Daten mittels eines am Fahrzeug angeordneten Lidarsensors während eines Betriebs des autonomen Fahrzeugs;
- Bestimmung von Lidarpunktwolkenanomalien basierend auf einem Vergleich einer aktuell erfassten Lidarpunktwolke mit zeitlich vorab in einem Speicher hinterlegten Punktwolkeinformationen mittels einer fahrzeugeigenen Recheneinheit;
- Erhalten einer Benachrichtigung von einem Remote-Modul, ob die mögliche Lidarpunktwolkenanomalie eine bestätigte Lidarpunktwolkenanomalie ist; und
- Ausführen einer oder mehrerer Fahrzeugaktionen, wenn die mögliche Lidarpunktwolkenanomalie eine bestätigte Lidarpunktwolkenanomalie ist.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zur automatischen Erkennung und Lokalisierung von Anomalien in mittels eines Lidarsensors erfassten Daten anzugeben.

[0005] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren, welches die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale aufweist.

[0006] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0007] In dem Verfahren zur automatischen Erkennung und Lokalisierung von Anomalien in mittels eines Lidarsensors erfassten Daten wird erfindungsgemäß die Erkennung mittels eines künstlichen neuro-

nenal Netzwerks, welches anhand einer Proxy-Klassifizierungsaufgabe trainiert wurde und ein in drei Kategorien unterteiltes Umgebungsmodell umfasst, durchgeführt. Als Anomalien werden ungewöhnliche Szenarien, unbekannte Objekte und ungewöhnliche Sensorverhalten erkannt und lokalisiert. Zur Erkennung und Lokalisierung der Anomalien wird eine Punktzahl pro lokaler Region in einer mittels des Lidarsensors erfassten Punktwolke vergeben, wobei dann, wenn die Punktzahl einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet, eine Datenaufzeichnung automatisch gestartet wird oder eine aktuelle Datenaufzeichnung automatisch als für eine Annotation relevant gekennzeichnet wird. Mittels des Lidarsensors erfasste und als zu einer Anomalie gehörig erkannte Daten werden in eine synthetische Kategorie eingeordnet. Mittels des Lidarsensors erfasste und als real erkannte Daten werden in eine reale Kategorie eingeordnet. Mittels des Lidarsensors erfasste und als weder zu einer Anomalie gehörig noch als real erkannt eingestufte Daten werden als zufällig erzeugte Daten gekennzeichnet und in eine sonstige Kategorie eingeordnet.

[0008] Eine Aufzeichnung solcher Daten ist relativ einfach, da ein den Lidarsensor aufweisendes Fahrzeug mit dem Lidarsensor lediglich für eine bestimmte Zeit fahren muss. Ein Abrufen der Daten, insbesondere so genannter Bounding Boxen oder punktueller Kommentare, ist jedoch sehr zeitaufwändig und teuer. Daher ist es vorteilhaft, eine Datenmenge zu reduzieren, die sinnvoll kommentiert werden muss.

[0009] Es ist bekannt, dass die reine Menge an Trainingsdaten eine Leistung eines Systems nicht unbedingt verbessert. Enthält ein Trainingsdatensatz eine große Datenmenge, die beispielsweise auf einer Autobahn aufgezeichnet wurde, ist das künstliche neuronale Netzwerk gut dafür geeignet, eine Straßenoberfläche zu segmentieren und Fahrzeuge zu erkennen. Für eine Erkennung von Fußgängern, welche sich normalerweise nicht auf Autobahnen befinden, ist das Netzwerk dagegen nicht oder nur bedingt geeignet. Somit würde ein Hinzufügen von weiteren, Fahrzeugumgebungen im Bereich einer Autobahn betreffenden Trainingsdaten in eine Trainingsdatenbank eine Erkennungsleistung von Fußgängern in städtischen Szenarien nicht verbessern oder sogar weiter verschlechtern. Daher ist es wichtig zu wissen, welche Datenverteilungen bereits in aufgezeichneten Daten enthalten sind und welche nicht.

[0010] Das vorliegende Verfahren ermöglicht eine automatische Auslösung für eine Datenaufzeichnung und trägt deshalb in besonders vorteilhafter Weise dazu bei, dass eine Menge von zu kommentierenden Daten erheblich reduziert werden kann. Gleichzeitig werden eine Vielfalt und Qualität eines erzeugten und kommentierten Datensatzes signifikant erhöht, was dazu beiträgt, künstliche neuronale Netzwerke

zur Umgebungserkennung besser zu trainieren. Eine Qualität und Vielfalt aufgezeichneter Sensordaten sind dabei entscheidende Elemente für eine Verbesserung einer Leistung künstlicher neuronaler Netze für die Umgebungserkennung. Die automatische Auslösung der Sensoraufzeichnungen zum Abrufen von Kommentierungen reduziert Kosten und eine Zeit für Kommentierungen und verbessert eine Vielfalt des Datensatzes, ohne ihn unnötig durch redundante Daten zu vergrößern.

[0011] Somit ermöglicht das vorliegende Verfahren ein automatisches Auslösen oder Markieren von Sensoraufzeichnungen mit unbekanntem Objekten oder Szenarien, die für das Training des zur Umgebungserkennung ausgebildeten künstlichen neuronalen Netzwerks vorteilhaft sind. Es ermöglicht eine Kostenreduktion für menschliche Kommentierungen und erhöht eine Vielfalt und Qualität der aufgezeichneten Daten in komprimierter Weise.

[0012] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0013] Dabei zeigen:

Fig. 1 schematisch mittels eines Lidarsensors erfasste Daten und deren Zuordnung zu verschiedenen Kategorien,

Fig. 2 schematisch mittels eines Lidarsensors erfasste Daten einer Szene mit Anomalien,

Fig. 3 schematisch mittels eines Lidarsensors erfasste Daten einer weiteren Szene mit Anomalien,

Fig. 4 schematisch mittels eines Lidarsensors erfasste Daten einer weiteren Szene mit Anomalien,

Fig. 5 schematisch mittels eines Lidarsensors erfasste Daten mit zufällig erzeugten Daten,

Fig. 6 schematisch weitere mittels eines Lidarsensors erfasste Daten mit zufällig erzeugten Daten,

Fig. 7 schematisch weitere mittels eines Lidarsensors erfasste Daten mit zufällig erzeugten Daten und

Fig. 8 schematisch weitere mittels eines Lidarsensors erfasste Daten mit zufällig erzeugten Daten.

[0014] Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0015] In **Fig. 1** sind mittels eines Lidarsensors erfasste Daten **D** und deren Zuordnung zu verschiedenen Kategorien dargestellt. Der Lidarsensor ist insbesondere Bestandteil eines Fahrzeugs und zur Erfas-

sung einer Fahrzeugumgebung ausgebildet und vorgesehen.

[0016] Um innerhalb der erfassten Daten **D** Neuheiten und Anomalien, insbesondere ungewöhnliche Szenarien, unbekannte Objekte und ungewöhnliche Sensorverhalten, automatisch erkennen und lokalisieren zu können, wird ein künstliches neuronales Netzwerk verwendet. Hierbei erfolgt ein Lernen einer Verteilung bereits aufgezeichneter Daten **D**. Dies hat den Vorteil, dass Informationen eines vorhandenen Datensatzes komprimiert in Form von intern erlernten Gewichten des künstlichen neuronalen Netzwerks zur Verfügung stehen. Das künstliche neuronale Netzwerk ist dabei derart trainiert, dass ein vorhandener realer Datensatz innerhalb eines netzwerkinternen Verständnisses als reale oder bekannte Verteilung bezeichnet wird. Ist das Fahrzeug in Betrieb und fährt und ist eine Funktion zur automatischen Erkennung und Lokalisierung von Anomalien in den mittels des Lidarsensors erfassten Daten **D** aktiv, werden die meisten erkannten Szenarien als vertraut eingestuft. Werden jedoch unbekannte, das heißt in vorherigen Messungen nicht erkannte Objekte oder Szenarien vom Lidarsensor erfasst, werden diese entsprechend als „nicht in den Trainingsdaten enthalten“ gekennzeichnet.

[0017] Mittels des künstlichen neuronalen Netzwerks wird hierbei eine Punktzahl pro lokaler Region in einer mittels des Lidarsensors erfassten Punktwolke vergeben. In Verbindung mit einem Schwellenwert werden diese Informationen als Auslöser für eine Datenaufzeichnung verwendet oder eine aktuelle Datenaufzeichnung wird als für eine Kommentierung relevant gekennzeichnet.

[0018] Das künstliche neuronale Netzwerk wurde hierzu anhand einer Proxy-Klassifizierungsaufgabe trainiert und umfasst ein in drei Kategorien unterteiltes Umgebungsmodell. Die Kategorien umfassen hierbei eine synthetische Kategorie **K1**, in welche mittels des Lidarsensors erfasste und als zu einer Anomalie gehörig erkannte Daten **D** eingeordnet werden. Weiterhin umfassen die Kategorien eine reale Kategorie **K2**, in welche mittels des Lidarsensors erfasste und als real erkannte Daten **D** eingeordnet werden. Ferner umfassen die Kategorien eine sonstige Kategorie **K3**, in welche mittels des Lidarsensors erfasste und als weder zu einer Anomalie gehörig noch als real erkannt eingestufte Daten **D** eingeordnet werden. Diese Daten **D** werden als zufällig erzeugte Daten gekennzeichnet und werden beispielsweise durch Rauschen, wie in einem Bereich **B3** dargestellt, erzeugt. Für das so erzeugte künstliche neuronale Netzwerk ist keinerlei Kommentieren erforderlich, um eine Verteilung der Daten **D** zu lernen.

[0019] Alternativ könnte eine große Datenbank mit bereits aufgezeichneten Daten **D** gespeichert wer-

den, wobei während der Fahrt des Fahrzeugs eine Nearest-Neighbor-Suche für ein aktuell aufgezeichnetes Szenario durchgeführt würde. Wenn die Entfernung zum nearest Neighbor hoch ist, bedeutet dies, dass dieses Szenario neu ist. Jedoch werden für die Suche nach dem nearest Neighbor Metriken wie „Chamfer Distance“ oder „Earth-Mother-Distance“ verwendet. Diese Metriken sind nicht in der Lage, Informationen auf höherer Ebene zu erfassen, sondern nur eine reine Datenverteilung. Weiterhin können mit diesem Verfahren die Anomalien innerhalb des Scans nicht lokalisiert werden und ein Auffinden der engsten Übereinstimmung ist in einer großen Datenbank langsam und kann daher nicht als Echtzeittrigger im Fahrzeug verwendet werden. Weiterhin müsste ein das Verfahren ausführendes System während der Fahrt des Fahrzeugs über eine Remote-Verbindung mit der Datenbank verbunden sein.

[0020] Die **Fig. 2** bis **Fig. 4** zeigen mittels eines Lidarsensors erfasste Daten **D** unterschiedlicher Szenen mit Anomalien. In den Daten **D** insbesondere farbig unterschiedlich gekennzeichnete Bereiche **B1** bis **B5** stellen dabei lokale Regionen mit unterschiedlicher interpolierter Punktzahl dar, welche diskrete Werte sind, die sich an auf kreisförmigen Bahnen befindlichen Abfragepunkten befinden.

[0021] **Fig. 2** zeigt dabei eine Szene, in welcher in einer unteren Hälfte scheinbar schwebende Zweige eines großen Baumes hervorgehoben sind, welche von oben in einen Erfassungsbereich des Lidarsensors eintreten.

[0022] In **Fig. 3** ist eine ungewöhnliche Szene in einer Sackgasse mit steilen Hügeln, die das Fahrzeug umgeben, dargestellt.

[0023] In **Fig. 4** markiert der größte der Bereiche **B3** einen Straßenabschnitt mit extremen Höhenänderungen.

[0024] In den **Fig. 5** bis **Fig. 8** sind unterschiedliche Ausführungsbeispiele von mittels eines Lidarsensors erfassten Daten **D** mit zufällig erzeugten Daten **D**, beispielsweise Gaußschem Rauschen, dargestellt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- CN 108802761 A [0003]

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Erkennung und Lokalisierung von Anomalien in mittels eines Lidarsensors erfassten Daten (D), **dadurch gekennzeichnet**, dass

- die Erkennung mittels eines künstlichen neuronalen Netzwerks, welches anhand einer Proxy-Klassifizierungsaufgabe trainiert wurde und ein in drei Kategorien unterteiltes Umgebungsmodell umfasst, durchgeführt wird,
- als Anomalien ungewöhnliche Szenarien, unbekannte Objekte und ungewöhnliche Sensorverhalten erkannt und lokalisiert werden,
- zur Erkennung und Lokalisierung der Anomalien eine Punktzahl pro lokaler Region in einer mittels des Lidarsensors erfassten Punktwolke vergeben wird,
- dann, wenn die Punktzahl einen vorgegeben Schwellwert überschreitet, eine Datenaufzeichnung automatisch gestartet wird oder eine aktuelle Datenaufzeichnung automatisch als für eine Annotation relevant gekennzeichnet wird,
- mittels des Lidarsensors erfasste und als zu einer Anomalie gehörig erkannte Daten (D) in eine synthetische Kategorie (K1) eingeordnet werden,
- mittels des Lidarsensors erfasste und als real erkannte Daten (D) in eine reale Kategorie (K2) eingeordnet werden und
- mittels des Lidarsensors erfasste und als weder zu einer Anomalie gehörig noch als real erkannt eingestufte Daten (D) als zufällig erzeugte Daten (D) gekennzeichnet und in eine sonstige Kategorie (K3) eingeordnet werden.

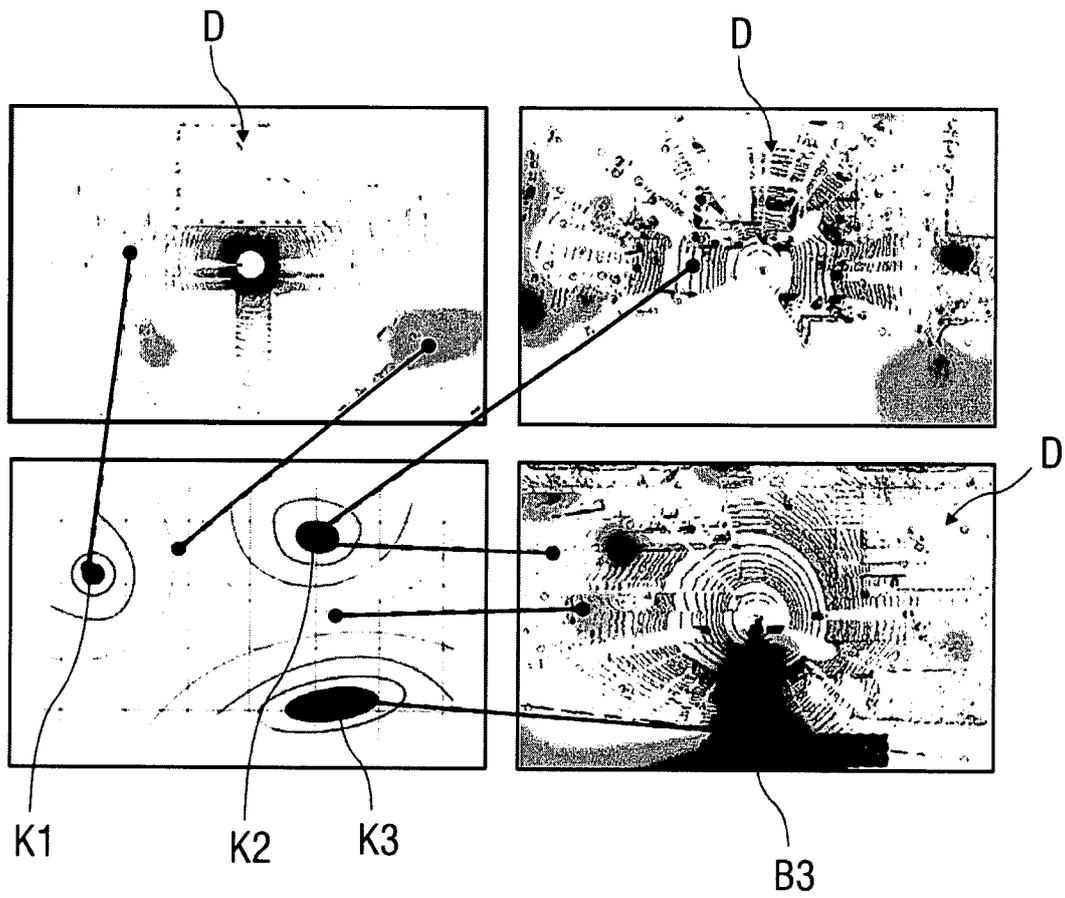
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das künstliche neuronale Netzwerk derart trainiert ist, dass ein vorhandener realer Datensatz innerhalb eines netzwerkinternen Verständnisses als reale Verteilung bezeichnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Erkennung von bereits in einem realen Datensatz erkannten Szenarien und/oder Objekten diese Szenarien und/oder Objekte als vertraut eingestuft werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Erkennung von nicht bereits in einem realen Datensatz erkannten Szenarien und/oder Objekten diese Szenarien und/oder Objekte als unbekannt und nicht in den Trainingsdaten enthalten eingestuft werden.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



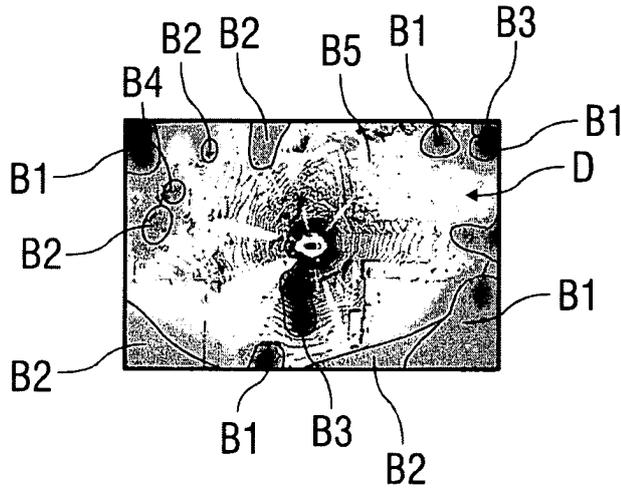


FIG 2

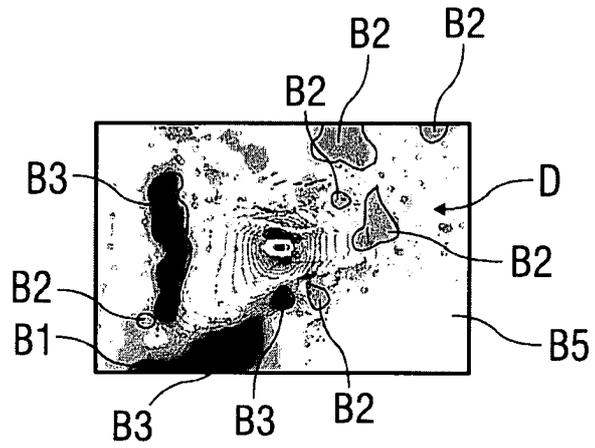


FIG 3

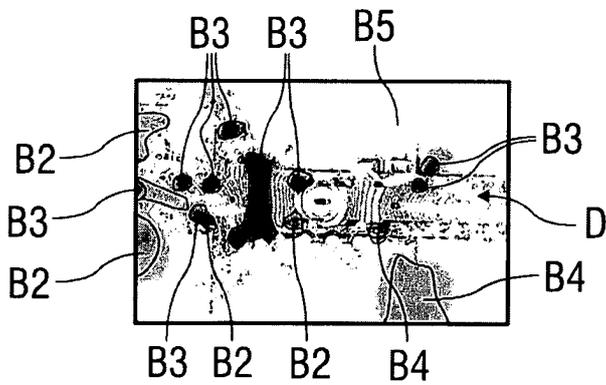


FIG 4

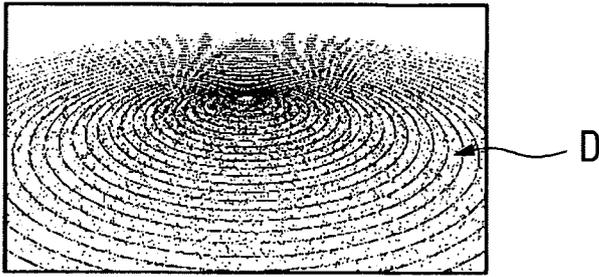


FIG 5

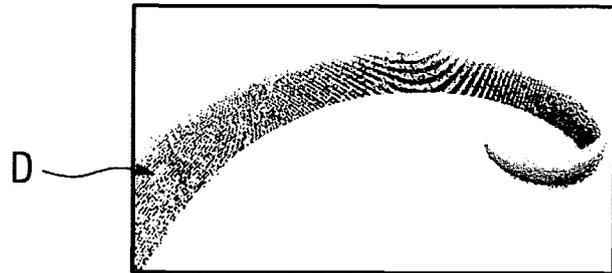


FIG 6

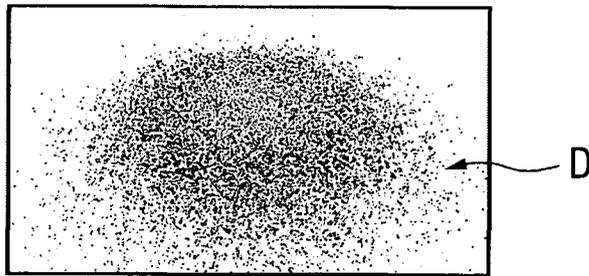


FIG 7



FIG 8