(19) CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 703 020 A2

(51) Int. Cl.: G01C 21/12 (2006.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) DEMANDE DE BREVET

(21) Numéro de la demande: 00656/10

(22) Date de dépôt: 30.04.2010

(43) Demande publiée: 31.10.2011

(71) Requérant:
HYGIE-TECH SA c/o Bureau Fiduciare Georges-Alain Zufferay Sàrl, Place du Scex 11 Case postale 1488
1951 Sion (CH)

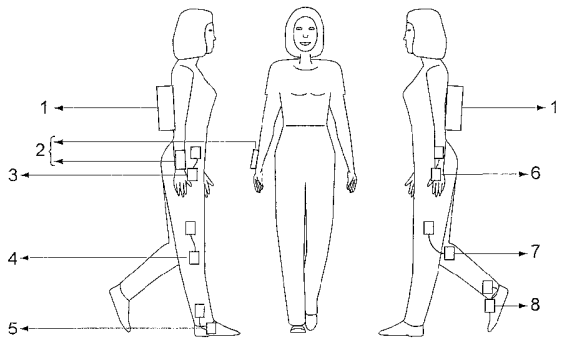
(72) Inventeur(s):
Philippe Le Goff, 1066 Epalinges (CH)
Catherine Hugel-Le Goff, 1066 Epalinges (CH)
Raymond Andrieu, 1137 Yens (CH)

(74) Mandataire:
MICHELI & CIE SA, 122, Rue de Genève Case postale 61
1226 Thonex (CH)

(54) Système pérenne de localisation 3D d'un individu en progression à l'intérieur d'un bâtiment.

(57) L'invention concerne un système permettant de localiser et de repérer précisément un individu en mouvement ou à l'arrêt dans un environnement hostile ou fortement dégradé.

Pour un individu évoluant à pied dans un environnement quelconque, le Système de Localisation (1–8) donne en continu les coordonnées de positionnement de cet individu dans l'environnement par rapport à son point d'entrée. Le Système de Localisation s'appuie sur les données morphologiques de l'individu et intègre en temps réel son déplacement par l'acquisition des caractéristiques de son allure comme le résultat de la combinaison simultanée des angles, formés par les chevilles, les genoux et les hanches de l'individu en progression, mesurés par électro-goniomètres et interprétés selon le mode de calcul développé par les inventeurs. Le Système de Localisation surpasse les autres solutions existantes de localisation d'un individu dans un environnement difficile, tel que par exemple celui correspondant à l'intérieur d'un bâtiment souterrain, partiellement effondré et rempli de fumées opaques, sans que le système ne présente un risque de défaillance dans la mesure où il ne recourt pas au repérage par ondes ni par un quelconque système de vision. Le Système de Localisation est particulièrement conçu et adapté pour permettre la progression et la localisation des équipes de secouristes dans des environnements sinistrés.



Description

[0001] La localisation d'un individu se déplaçant dans un environnement donné, et plus particulièrement dans un environnement intérieur, reste un objectif insuffisamment satisfait malgré les progrès récents accomplis dans les modes de communication sans fils.

[0002] En effet, l'homme de l'art, dans ce cas le professionnel de l'intervention et de la sécurité, sait que les systèmes de localisation par GPS ou par GSM sont inopérants ou imprécis à l'intérieur des bâtiments, que les systèmes intégrants l'installation d'un réseau intérieur par radiofréquences ou ultrasons seront inefficaces si l'agent d'intervention n'est pas doté d'un récepteur ou si le réseau est mis hors d'usage, que les systèmes de vision sont neutralisés par les fumées opaques et que les techniques de repérage par laser ou infrarouge pourront être faussées par la modification de l'environnement intérieur par rapport à son état antérieur (effondrements de points remarquables, apparitions de sources de chaleur, autres...).

[0003] Au cours des dernières années, une somme conséquente de travaux a été publiée sans qu'aucune solution ne se dégage par son caractère universel. Toutefois, la très grande majorité des systèmes proposés partagent la caractéristique commune de se composer d'un système dual constitué par un émetteur et un récepteur ou encore par une base et un collecteur. Selon cette approche l'individu en progression dans l'environnement doit être muni d'un dispositif (partie embarquée) communiquant avec le système préalablement installé (partie fixe) dans l'espace contrôlé.

[0004] Ainsi, on trouve, selon ce principe, quantité d'inventions parmi lesquelles on citera à titre d'illustration, sans aucune volonté d'exhaustivité dans la mesure où l'approche restera disjointe de celle de la présente invention, les solutions suivantes.

[0005] L'invention décrite sous référence WO2005/103 754 repose sur une technique de localisation d'un téléphone mobile par le réseau téléphonique sans fil avec une précision pouvant fortement varier selon l'environnement concerné.

[0006] L'invention décrite sous référence WO00/34 803 repose sur une technique de localisation d'une entité dotée d'une caméra embarquée en mouvement dans un environnement équipé de repères visuels capables d'être identifiés par la caméra selon un mode d'apprentissage préalable. L'invention décrite sous référence WO2010/022797 Al repose sur une technique de localisation en environnement intérieur d'un mobile électronique par un réseau de radiofréquences.

[0007] L'invention décrite sous référence WO2008/143 613 repose sur une technique de repérage d'un mobile par un réseau de caméras préalablement installé dans l'environnement à contrôler. L'invention décrite sous référence WO2008/036325 repose sur une technique de localisation par bornes statiques et d'un émetteur mobile, de préférence de type rayon laser. Cette invention est principalement destinée aux individus à faible acuité visuelle.

[0008] L'invention décrite sous référence WO2007/129 939 repose sur une technique de localisation par un récepteur mobile communiquant avec un réseau d'émetteurs fixes selon une technologie RSSI (Radio Signal Strength Intensity).

[0009] L'invention décrite sous référence WO2009/022 265 repose sur une technique de modification par un mobile en mouvement des chemins optiques émis par un réseau de sources lumineuses (visibles ou non) et de collecteurs préalablement disposés dans l'environnement à contrôler.

[0010] Pour être opérationnelle, cette solution requiert le bon fonctionnement des parties fixes et embarquées du système de localisation. En cas de perturbation du système communiquant ou de modification de l'environnement, l'ensemble du système pourra s'avérer alors inopérant. Or, les interventions des équipes de secours prennent le plus souvent place dans des environnements dégradés par rapport à leur état normal et la fiabilité des systèmes prédisposés peut en être altérée alors qu'une fiabilité totale est requise dans les situations d'urgence. En outre, ces systèmes présentent également le double inconvénient de nécessiter d'importants investissements pour pré équiper les installations à l'aide d'émetteurs ou de relais nécessaires à une localisation en toute zone et de doter l'ensemble des interventionnistes de récepteur compatibles avec le réseau communiquant.

[0011] Dans ce contexte, l'invention décrite dans le présent document, donne un système capable de surmonter les inconvénients relevés dans l'art antérieur en procurant une solution fiable en toutes circonstances, universelle, dans la mesure où elle ne requiert pas l'interfaçage de l'équipe interventionniste sur un système communiquant échappant à son contrôle «notion de système client», et peu onéreuse au regard des approches alternatives qui imposent d'importants frais d'installation et de maintenance.

[0012] La présente invention, désignée par Système de Localisation donne à l'homme de l'art une solution de localisation 3D en environnement possiblement dégradé. Le Système de Localisation a été conçu pour être fiable en toutes circonstances et pour être indépendant des systèmes «clients» de communication préalablement installés sur le lieu d'intervention.

[0013] L'invention va maintenant être décrite en référence aux figures annexées dans lesquelles,

La fig. 1	illustre les longueurs de certains paramètres morphologiques d'un individu sur un mannequin type.

Les fig. 2a, 2b, 2c	illustrent les angles formés entre certains paramètre morphologiques.
La fig. 3	illustre graphiquement l'amplitude d'un pas
La fig. 4	illustre schématiquement les capteurs et le boîtier de commande équipant un mannequin.

[0014] Pour un individu évoluant à pied dans un environnement quelconque, le Système de Localisation donne en continu les coordonnées de positionnement de cet individu dans l'environnement par rapport à son point d'entrée. Le Système de Localisation s'appuie sur les données morphologiques de l'individu et intègre en temps réel son déplacement par l'acquisition des caractéristiques de son allure comme le résultat de la combinaison simultanée des angles, formés par les chevilles, les genoux et les hanches de l'individu en progression, mesurés par électro goniomètres et interprétés selon le mode de calcul développé par les inventeurs.

[0015] En effet, la position d'un mobile peut à tout moment être définie comme étant la résultante de la somme de déplacements unitaires associés à un point de départ. Dans le domaine des mathématiques, cette affirmation se traduit par la relation de Chasles qui donne: $\overrightarrow{AC} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC}$

[0016] Ainsi, pour une origine connue (A), la position en un point (C) instantané est donnée par la somme des déplacements unitaires (AB) et (BC). Aussi, à considérer que la position d'un point d'origine peut toujours être définie, soit dans un mode de coordonnées globales ou universelles (par exemple dans le système «latitude; longitude; altitude») soit dans un mode de coordonnées relatives ou locales (système X; Y; Z dans un repère orthonormé propre à l'utilisateur), seuls restent alors à définir la notion de déplacement unitaire et à pouvoir déterminer les coordonnées caractérisant chacun des déplacements unitaires du mobile en déplacement.

[0017] Selon le cadre de l'invention, le mobile est constitué par un individu se déplaçant à pied dans un environnement quelconque. Dans ce cadre, la relation de Chasles s'applique particulièrement bien quand on définit que le déplacement unitaire est constitué par un pas. En effet, le pas peut s'exprimer comme étant le vecteur MN dans lequel les coordonnées du point (M) sont celles du pied amont au déplacement et les coordonnées du point (N) sont celles du pied aval. En outre, les coordonnées du point (N) donneront la position atteinte par le mobile à cet instant. Or, à considérer que l'on connaisse le point d'origine (A), les coordonnées du point (N) seront connues si et seulement si le module et le sens de chaque vecteur traduisant un déplacement unitaire peuvent être déterminés selon la relation: $N = \left(\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \ldots + \overrightarrow{MN}\right) - A$

[0018] Pour satisfaire à l'exigence portée sur la connaissance du module et du sens du vecteur traduisant un déplacement unitaire, les inventeurs ont conçu un système basé sur la mesure et le calcul pour permettre de relier le pas effectué par l'individu en valeurs directement utilisables par l'analyse vectorielle du mouvement.

[0019] En première approche, une solution, non retenue par les inventeurs, aurait pu, pour satisfaire cette exigence, combiner l'utilisation d'un système d'instruments constitué par un podomètre, une boussole et un altimètre. Or, cette solution, si elle répond aux principes d'indépendance et d'universalité, ne donne pas la fiabilité attendue car les mesures données par une boussole peuvent être perturbées par l'environnement et l'utilisation d'un podomètre suppose une amplitude de pas constante.

[0020] Le remplacement dans la solution précédente du podomètre par un dispositif mesurant la distance parcourue par contact n'est pas non plus satisfaisant car il présente l'inconvénient de possiblement entraver la progression de l'individu et de rester conditionné par la qualité du contact. Le remplacement dans la solution précédente du podomètre par un dispositif mesurant la distance parcourue à l'aide d'un système ondulaire (laser, ultrason, radar, autre) avec l'émetteur et le récepteur placés sur l'individu en mouvement n'est pas non plus satisfaisant car il présente l'inconvénient de requérir la connaissance exacte de l'environnement et que sa configuration soit celle connue (la configuration ouverte ou fermée pour une porte modifiera le résultat de la mesure).

[0021] Le remplacement dans la solution précédente du podomètre par un dispositif mesurant par effet inductif la distance entre les deux pieds de l'individu n'est pas satisfaisant dans la mesure où la technologie dans son état actuel ne permet pas d'obtenir une mesure fiable pour des écartements entre les pieds correspondant à ceux d'un pas normal (supérieur à 500 mm).

[0022] En outre, ces alternatives pour le remplacement du podomètre n'apportent pas de solution à la dépendance des autres instruments chargés de donner le sens du déplacement.

[0023] Les inventeurs ont donc conçu un système fout autre pour donner à l'utilisateur les performances de fiabilité et d'universalité attendues.

[0024] L'amplitude du pas d'un individu peut être calculée à partir des caractéristiques morphologiques des membres inférieurs de cet individu et de la configuration des articulations permettant le mouvement de ces membres.

[0025] Chez un individu normal, les longueurs des segments «C» et «J» (désignant respectivement la cuisse allant du genou jusqu'à la hanche et la jambe allant de la cheville jusqu'au genou) constituent des caractéristiques physiques personnelles constantes sur la durée d'une intervention. La fig. 1 représente les longueurs considérées sur un mannequin type. Ces grandeurs seront latéralisées pour correspondre aux caractéristiques dimensionnelles de chacun des membres inférieurs.

[0026] Ainsi, «Cg» et «Jg» seront les valeurs des longueurs mesurées sur le membre inférieur gauche tandis que «Cd» et «Jd» seront les valeurs des longueurs mesurées sur le membre inférieur droit.

[0027] Les grandeurs «H», «G» et «K» désignent les valeurs obtenues respectivement par les angles:
«H»: verticale - hanche – cuisse
«G»: cuisse - genou – jambe
«K»: dièdre (tibia - cheville - pied vs. tibia - cheville - face)
«E»: pied – horizontale

[0028] Les fig. 2a et 2b représentent les angles considérés sur un mannequin type.

[0029] Ces grandeurs seront latéralisées pour correspondre au positionnement de chacun des membres inférieurs.

[0030] Ainsi, «Hg», «Gg», «Kg» et «Eg» seront les valeurs des angles mesurés sur le membre inférieur gauche tandis que «Hd», «Gd», «Kd» et «Ed» seront les valeurs des angles mesurés sur le membre inférieur droit.

[0031] Selon cette décomposition de la morphologie et de la configuration de l'individu en mouvement, il peut être calculé que l'amplitude «L» du pas, représentée à la figure 3, est donnée par l'expression:
L = S2 + S3 + S4 + S5

[0032] Avec:
S2 = abs(Jd. cos(Fd))
5S3 = abs(Cd. cos(Hd))
S4 = abs(Cg. cos(Hg))
S5 = abs(Jg. cos(Fg))

[0033] Expressions dans lesquelles abs(X) désigne la valeur absolue de la grandeur X.

[0034] Les valeurs des angles «F» se déduisent de «G» et «H» par la formule:
F = G - H - 90° pour des valeurs d'angles exprimées en degrés la fig. 2c donne les représentations des angles «F», «G» et «H».

[0035] De ce calcul, il ressort que l'amplitude «L» du pas, correspond au module du vecteur déplacement unitaire selon l'analyse vectorielle présentée plus haut. La détermination totale du mouvement requiert encore de connaître la direction et le sens dans lesquels s'effectue le déplacement. La direction sera déterminée par le différentiel entre les valeurs des angles Kd et Kg corrigées des valeurs de posture de l'individu (ces valeurs de correction, «Dd» et «Dg», sont spécifiques d'un individu et traduisent l'angle d'ouverture des pieds lors d'une marche en ligne droite; cas d'une «marche en canard»).

[0036] Enfin, le sens du mouvement sera celui de la marche en avant. Il est remarquable de constater que ce mode de calcul est aussi bien vrai dans un mode de déplacement horizontal, que dans les pentes (par les composantes des angles «Ed» et «Eg») ou encore dans les escaliers, si bien que le calcul de l'altitude atteinte est de ce fait rendu possible.

[0037] Cet ensemble de considérations clôt l'approche théorique de l'invention. Sa mise en pratique nécessite, en premier lieu, la mesure et la mémorisation pour un individu donné de ses grandeurs caractéristiques («Cd»; «Jd»; «Cg»; «Jg» et «Dd»; «Dg»).

[0038] Ensuite, la mesure en temps réel des valeurs brutes des angles caractéristiques du mouvement (c'est-à-dire «Hg»; «Gg»; «Kg»; «Hd»; «Gd»; «Kd») nécessite un dispositif fiable, autonome, résistant, pouvant transmettre de l'information et non contraignant pour l'individu devant se déplacer.

[0039] Les inventeurs ont alors eu l'idée d'utiliser des électro goniomètres différentiels connectés à un intégrateur multi-voies; l'intégrateur étant lui même connecté à une interface programmable portable interprétant les données reçues pour calculer la position actualisée de l'individu par rapport à son point d'origine. Un dernier couple de capteurs du type accéléromètre, placés sur chacune des jambes et de préférence sur chaque pied au niveau du talon de l'individu en mouvement, permet la réinitialisation du processus d'intégration à chaque pas. La fig. 4 montre un mode d'équipement et de positionnement des capteurs et des boîtiers de commande pour un individu équipé du Système de Localisation.

[0040] Dans cette figure, 1 représente l'intégrateur multivoies pour l'acquisition et le traitement des mesures provenant des capteurs, 2 est l'interface programmable portable, 3 est le capteur différentiel de la hanche droite, «4» est le capteur différentiel du genou droit, «5» est le capteur différentiel de la cheville droite avec en outre une fonction accéléromètre, «6» est le capteur différentiel de la hanche gauche, «7» est le capteur différentiel du genou gauche, «8» est le capteur différentiel de la cheville gauche avec en outre une fonction accéléromètre.

[0041] Selon le niveau informatif disponible sur l'interface programmable portable de l'individu en mouvement, le positionnement instantané de l'individu pourra être superposé sur une cartographie 3D de l'environnement dans lequel il se trouve, et pouvant le cas échéant inclure la détermination (obtenue par modélisation CFD) du niveau de contamination de l'air dans lequel il se trouve en cas d'intervention en milieu contaminé.

Revendications

1. Système embarqué et autonome de localisation tridimensionnelle, par rapport à une origine connue, pour un individu marchant dans un environnement quelconque.
2. Système selon la revendication 1 comportant des capteurs de positions des segments des membres inférieurs, de capteurs d'impact des membres inférieurs, d'un intégrateur des valeurs provenant de ces capteurs et d'une interface utilisateur donnant la position de l'individu dans son environnement.
3. Système selon les revendications 1 à 2 dans lequel les capteurs de position des segments des membres inférieurs sont constitués d'électro goniomètres différentiels ou de tout autre dispositif capable de mesurer et de transmettre des valeurs d'angles.
4. Système selon les revendications 1 à 3 dans lequel les capteurs de position des segments des membres inférieurs mesurent les valeurs des angles relevés au niveau de la hanche, du genou et de la cheville pour les côtés gauche et droit de l'individu.
5. Système selon les revendications 1 à 2 dans lequel les capteurs d'impact des membres inférieurs sont constitués d'accéléromètres ou de tout autre dispositif capable de mesurer et de transmettre un arrêt brusque.
6. Système selon les revendications 1 à 2 et 5 dans lequel les capteurs d'impact des membres inférieurs sont situés sur chaque membre inférieur au plus près du pied et de préférence au niveau du talon.
7. Système selon les revendications 1 à 6 dans lequel l'intégrateur des valeurs provenant des capteurs communique en temps réel avec lesdits capteurs selon un mode avec ou sans fil mais de préférence avec un fil de connexion pour chaque capteur.
8. Système selon les revendications 1 à 7 dans lequel l'intégrateur est de type multivoies avec un nombre de voies au minimum égal au nombre de capteurs.
9. Système selon les revendications 1 à 7 dans lequel l'intégrateur est autonome en alimentation et est porté par l'individu.
10. Système selon les revendications 1 à 9 dans lequel les valeurs dans l'intégrateur sont transférées à l'interface utilisateur puis réinitialisées à chaque impulsion provenant d'un capteur d'impact.
11. Système selon les revendications 1 à 2 dans lequel l'interface utilisateur est de type petit ordinateur portable permettant d'exécuter, en temps réel, le traitement des informations provenant de l'intégrateur, de les combiner avec des données préalablement mémorisées et d'afficher le résultat à l'individu.
12. Système selon les revendications 1 à 2 et 11 dans lequel l'interface utilisateur communique par réception de paquets de données avec l'intégrateur selon un mode avec ou sans fil mais de préférence avec fil de connexion.
13. Système selon les revendications 1 à 2 et 11 à 12 dans lequel l'interface utilisateur est autonome en alimentation et est porté par l'individu de manière aisément visible.
14. Système selon les revendications 1 à 13 dans lequel le calcul exécuté par l'interface utilisateur ne repose que sur les données transmises par l'intégrateur, sur les caractéristiques morphologiques de l'individu et sur la détermination du point d'origine.
15. Système selon les revendications 1 à 13 dans lequel les caractéristiques morphologiques de l'individu sont constituées des longueurs des segments «cuisses» (de la hanche au genou) et «jambes» (du genou à la cheville) pour les membres du côté gauche et du côté droit; des valeurs des angles d'ouverture des pieds lors d'une marche en ligne droite.
16. Système selon les revendications 1 à 15 dans lequel le calcul de l'amplitude du pas s'exprime par L = S2 + S3 + S4 + S5 avec:
    S2 = abs(Jd. cos(Fd))
    S3 = abs(Cd. cos(Hd))
    S4 = abs(Cg. cos(Hg))
    S5 = abs(Jg. cos(Fgj)
    Fg = Gg - Hg - 90° pour des valeurs d'angles exprimées en degrés
    Fd = Gd - Hd - 90° pour des valeurs d'angles exprimées en degrés
    Hg: angle axe vertical - hanche - cuisse pour le membre gauche
    Hd: angle axe vertical - hanche - cuisse pour le membre droit
    Gg: angle cuisse - genou - jambe pour le membre gauche
    Gd: angle cuisse - genou - jambe pour le membre droit
    Jg: longueur du segment cheville - genou pour le membre gauche
    Jd: longueur du segment cheville - genou pour le membre droit
    Cg: longueur du segment genou - hanche pour le membre gauche
    Cd: longueur du segment genou - hanche pour le membre droit

17. Système selon les revendications 1 à 15 dans lequel le calcul du sens S du pas s'exprime par les valeurs des angles Kd et Kg corrigées des valeurs de posture de l'individu; les valeurs de correction de posture «Dd» et «Dg» sont spécifiques d'un individu et traduisent l'angle d'ouverture des pieds lors d'une marche en ligne droite.
18. Système selon les revendications 1 à 17 dans lequel la position instantanée de l'individu est calculée par rapport au point d'origine comme étant la somme des vecteurs unitaires de déplacement ayant pour chacun d'eux un module correspondant à la valeur L exprimée selon la revendication 16 et le sens S exprimé selon la revendication 17.
19. Système selon les revendications 1 à 18 dans lequel l'interface utilisateur permet d'afficher en surimpression la position de l'individu dans une cartographie tridimensionnelle de l'environnement dans lequel il progresse.
20. Système selon les revendications 1 à 19 dans lequel l'interface utilisateur permet d'afficher en surimpression la position de l'individu dans une cartographie tridimensionnelle de l'environnement dans lequel il progresse avec affichage (obtenue par modélisation CFD) du niveau de contamination de l'air dans la zone de progression.

Fig.1

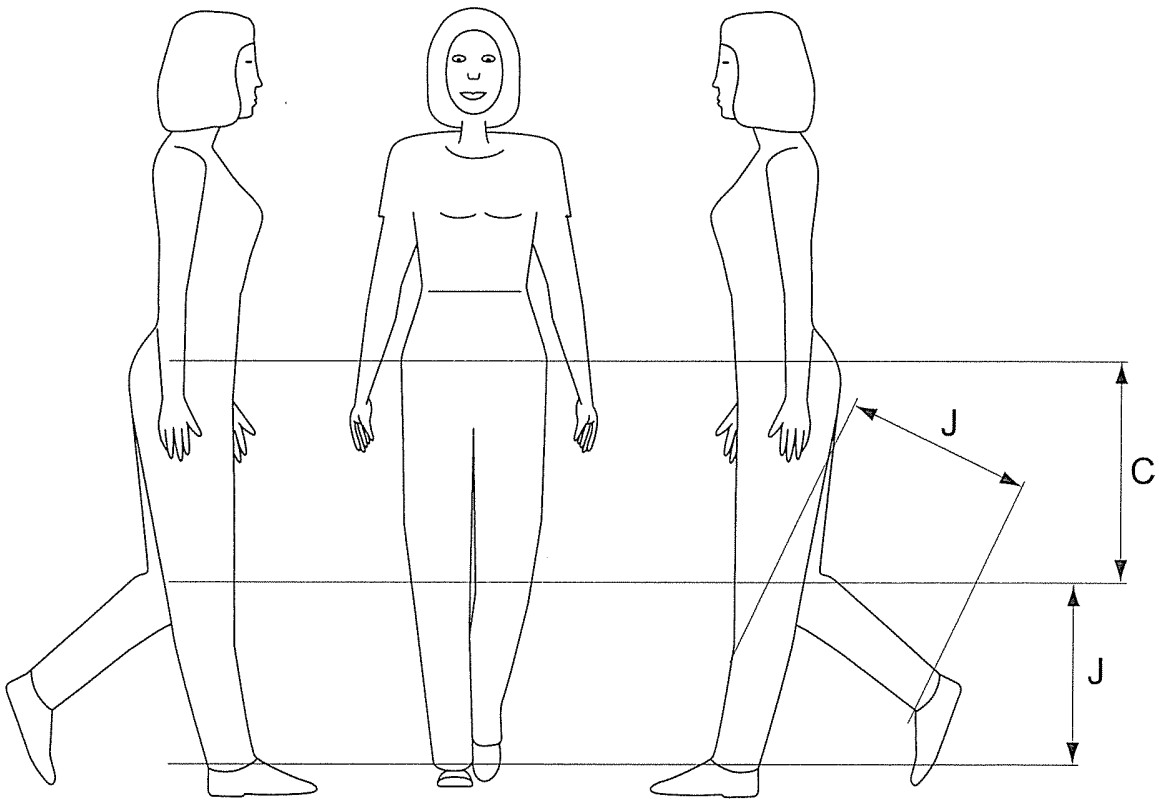


Fig.2a

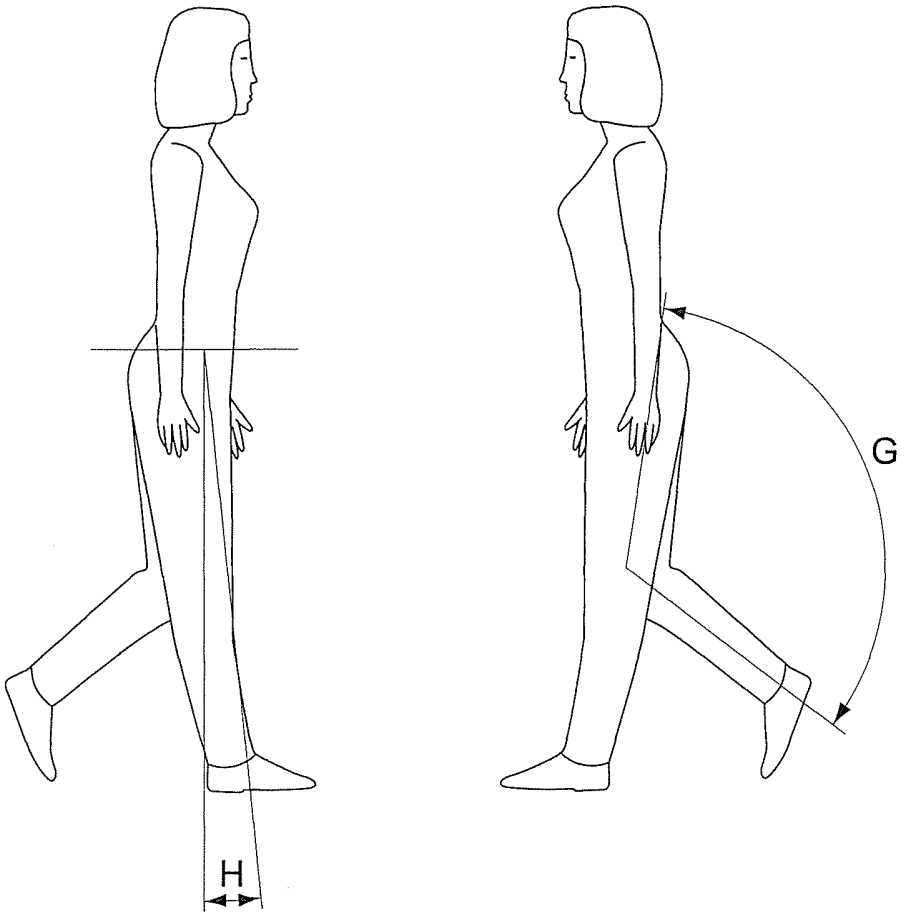


Fig.2b

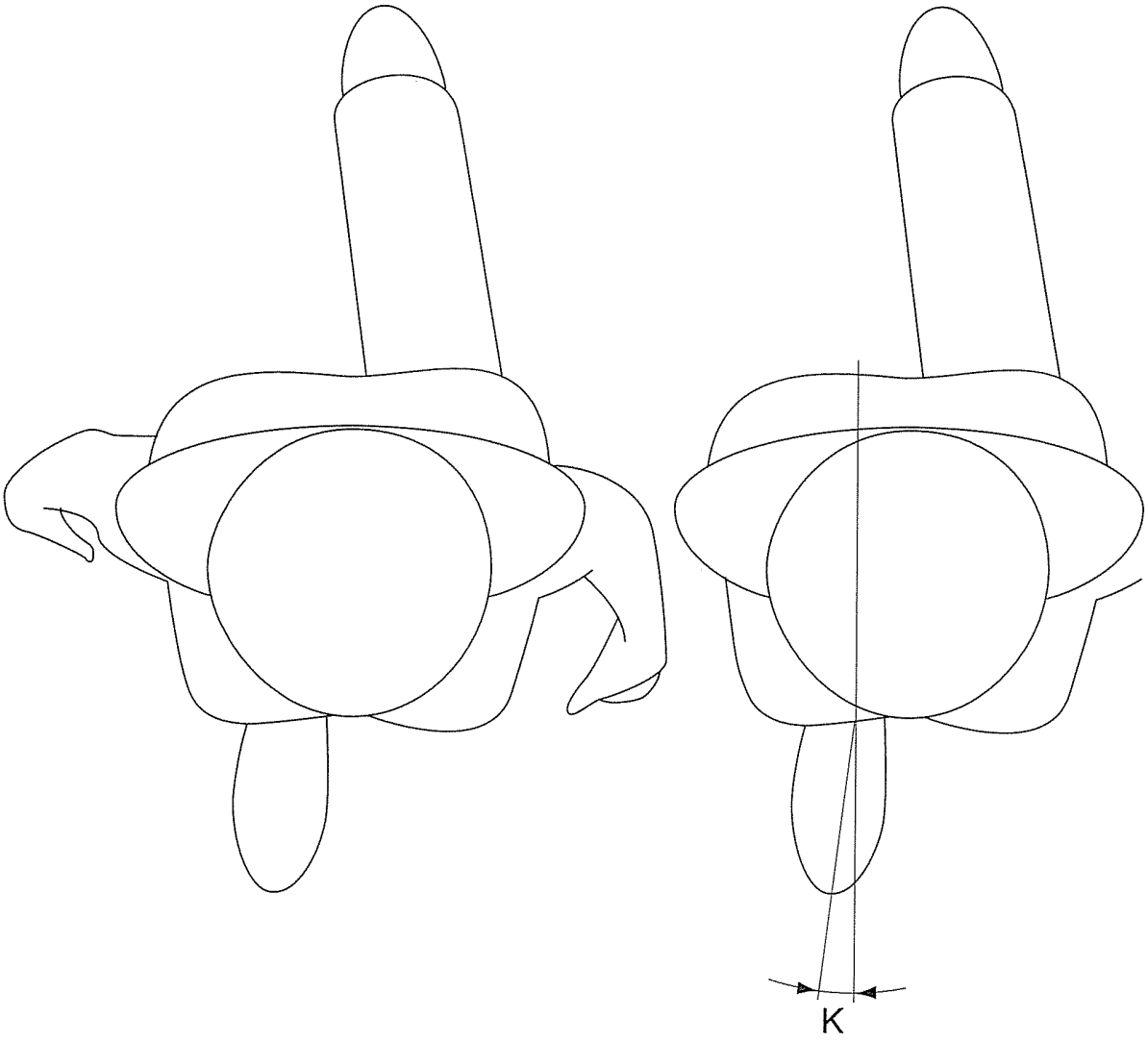


Fig.2c

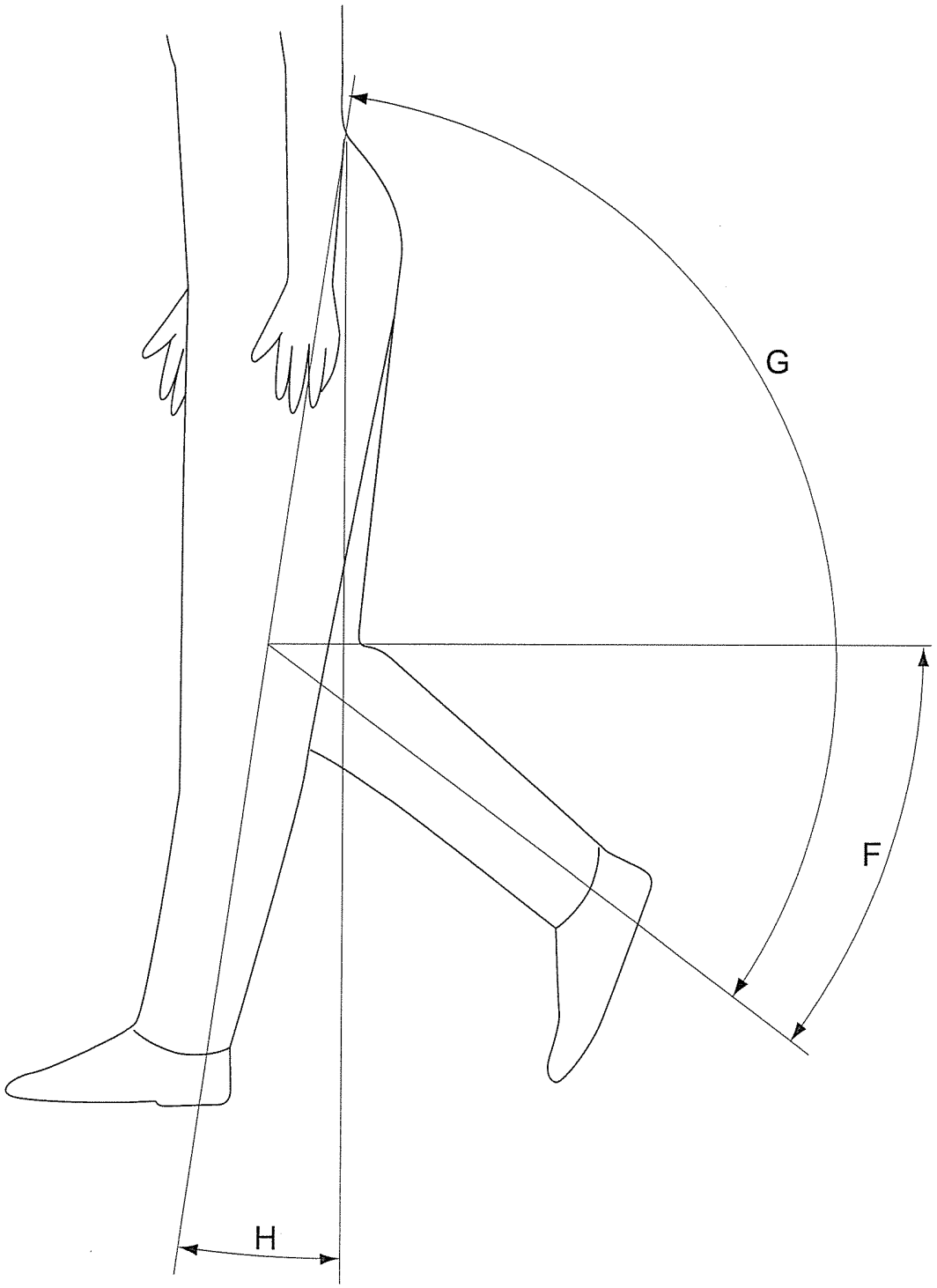


Fig.3

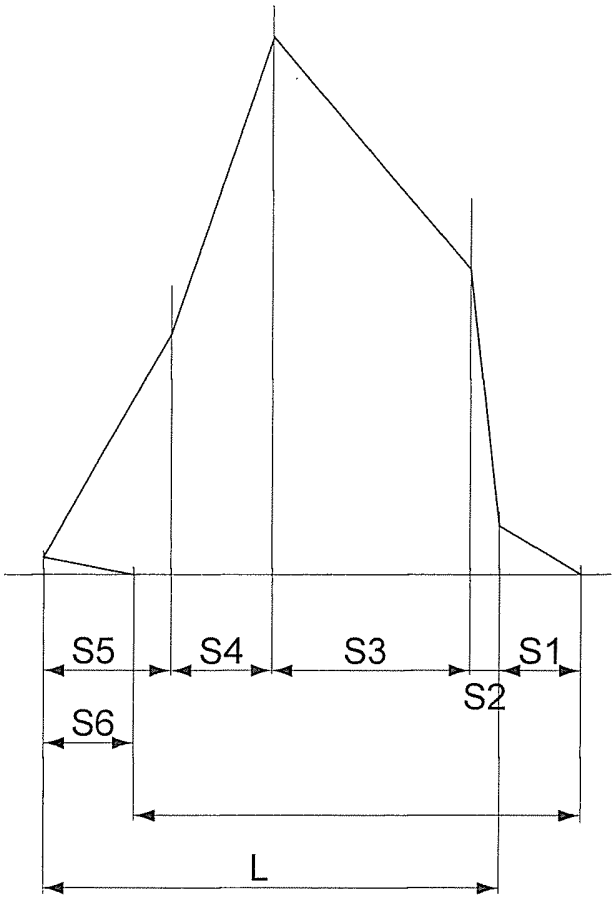


Fig.4

