

Un modelo de representacion circular para poligonos.

Arcila Guzmán, Olmeda, Jos María Bañón Pinar, and Carlos Andrés Muñoz Bolaños. "Un modelo de representacion circular para poligonos." *Energia y Computacion* 11.2 (2002): 6+. *Informe Academico*. Web. 5 Oct. 2010.

Document URL

<http://find.galegroup.com/gtx/infomark.do?&contentSet=IAC-Documents&type=retrieve&tabID=T002&prodId=IFME&docId=A236480322&source=gale&srcprod=IFME&userGroupName=univalle&version=1.0>

Texto Completo:COPYRIGHT 2002 Universidad del Valle

RESUMEN

En este artículo se propone una nueva representación geométrica basada en círculos de polígonos convexos. Inicialmente, se realiza una introducción al problema de la detección de colisiones mostrando las representaciones geométricas utilizadas para resolver dicho problema. Se presenta e implementa un algoritmo basado en una subdivisión binaria recursiva de un polígono que conduce a una jerarquía de representaciones circulares del polígono.

Se describe, cómo de la jerarquía de círculos se genera una representación circular exterior que cubre el perímetro del polígono y una representación interior contenida en el polígono.

Finalmente, se muestran resultados experimentales y se explican las ventajas de la representación propuesta para ser utilizada en la detección de colisiones.

PALABRAS CLAVES

Representación espacial, detección de colisiones, polígono, jerarquía de círculos.

ABSTRACT

This paper proposes a novel geometric representation based on circles for polygons. First, a brief introduction to the problem of collision detection is presented showing the different geometric representations utilized to solve such problem.

An algorithm for constructing a hierarchy of circular representations based on a binary subdivision of the polygon is presented and implemented. It is explained how to construct from the hierarchy of circles an exterior representation that cover the boundary of the polygon and an interior representation that is contained in the polygon.

Finally, some experimental results are presented and the advantages of the proposed representation for collision detection are explained.

KEYWORDS:

Geometric representation, collision detection, polygon, hierarchy of circles.

[ILUSTRACIÓN OMITIR]

1. INTRODUCCIÓN

La solución de problemas en inteligencia artificial está intimamente ligada a una adecuada representación de los objetos. Así por ejemplo, en visión artificial diferentes representaciones se utilizan según el problema sea el reconocimiento de expresiones faciales o el reconocimiento de objetos en un campo de fútbol. La representación geométrica de objetos está pues ligada al tipo particular del problema que deseamos resolver. En este trabajo nos vamos a centrar en la representación geométrica de objetos en el contexto general del problema de la detección de colisiones.

El objetivo de la detección de colisiones es el de reportar de manera automática una intersección entre dos objetos cualesquiera. En el caso particular en que los objetos están en reposo entonces se habla del problema de la detección de intersecciones. El problema de la detección de colisiones aparece en múltiples aplicaciones tales como el diseño asistido por computador, la robótica y la automática, la computación gráfica, la animación y la realidad virtual. La importancia de la detección de colisiones es que permite el diseño basado en la simulación, el análisis en ingeniería, la planificación del movimiento en robótica, la animación basada en modelos físicos, la navegación en modelos virtuales, etc.

Todas estas aplicaciones involucran el análisis de la intersección y el razonamiento espacial entre objetos en reposo y/o en movimiento. Una gran variedad de técnicas de las ciencias de la computación han sido propuestas para abordar el problema de la detección de colisiones. Entre las más importantes figuran las representaciones jerarquizadas, el razonamiento geométrico, las técnicas algebraicas y las técnicas de subdivisión del espacio.

Diferentes tipos de subproblemas aparecen en la detección de colisiones. El más general es sencillamente determinar si dos objetos se tocan; si los objetos están compuestos de partes y cuáles son las partes que se tocan. A veces necesitamos saber cual es la distancia de separación entre dos objetos, entendiendo por ello la distancia Euclídea mínima de separación. Otras veces, cuando los objetos están en movimiento y conocemos su localización en el espacio, nos preguntamos si va haber una colisión entre ellos, siendo este el problema de la predicción de la colisión.

La detección de colisiones forma parte esencial de cualquier algoritmo de planificación del movimiento de un robot en presencia de objetos. En este caso la detección de colisiones sirve para verificar si hay o no colisiones entre el robot y los demás objetos del entorno. En la planificación del movimiento de un robot y en muchas otras aplicaciones del razonamiento geométrico, la detección de colisiones es la componente que más tiempo consume. Ello es debido a lo costoso que resulta verificar intersecciones entre objetos de geometría arbitraria. Por ello, muy frecuentemente, tanto el modelo geométrico tridimensional del robot como el de los objetos se discretizan en mallas finitas de puntos [1,2]. La discretización del espacio de configuración del sistema hace que el cálculo de la detección de colisiones sea mucho más sencillo y rápido. No obstante, los detectores de colisión basados en una discretización del robot no son muy fiables pues pueden dar resultados erróneos al no representar adecuadamente la verdadera topología del robot.

Actualmente, se está realizando un esfuerzo internacional encaminado al desarrollo de detectores de colisión en los que los objetos estén representados por un modelo tridimensional adecuado y conduzcan a tiempos de ejecución pequeños [2]. Cualquier adelanto en la eficiencia de los algoritmos de detección de colisiones puede tener un gran impacto en el desempeño global de muchas aplicaciones.

En este artículo se desarrolla una nueva representación basada en círculos para polígonos convexos generalizados [3]. La representación está diseñada para ser utilizada en el problema de la detección de colisiones y es generalizable a objetos tridimensionales. En la sección 2 se describen las representaciones geométricas más utilizadas en la detección de colisiones. En la sección 3 se desarrolla un algoritmo de subdivisión binaria recursiva que permite construir una jerarquía de representaciones circulares de polígonos con diferentes niveles de precisión. En la sección 4 se explica la figura obtenida de la construcción de las

representaciones exterior e interior del polígono a partir de la subdivisión binaria definida. Finalmente, se termina con una discusión general y las principales conclusiones.

2. GENERALIDADES

El principal paradigma de la detección de colisiones reside en el cálculo de intersecciones entre primitivas geométricas. Si por ejemplo, dos cuerpos A y B están representados por modelos poligonales, verificar la intersección entre A y B implica calcular la intersección entre cada par de polígonos de A y B respectivamente. Un esquema que permite disminuir el costo que supone la realización de pruebas de intersección entre pares de primitivas consiste en utilizar jerarquías de volúmenes envolventes [4]. Los volúmenes envolventes son primitivas geométricas sencillas escogidas porque conducen a pruebas eficientes de intersección entre ellas. La idea es aproximar un objeto o el espacio que ocupa por un conjunto de primitivas sencillas que están estructuradas en una jerarquía de niveles de precisión. Una característica de los métodos basados en jerarquías de volúmenes envolventes es que son muy adecuados para detectar la ausencia de una intersección entre dos objetos separados, lo cual sucede normalmente en los primeros niveles de la jerarquía. Cuando los objetos se encuentran muy próximos y se detecta una intersección entre primitivas, se hace necesario un refinamiento en los niveles en donde se ha detectado la intersección.

Se tienen esencialmente dos tipos de representaciones que utilizan jerarquías de volúmenes envolventes: las basadas en técnicas de particionamiento del objeto y las basadas en técnicas de particionamiento del espacio. Las estructuras jerárquicas más utilizadas en las representaciones basadas en particionamiento del espacio son los árboles octrees [5] y los árboles BSP [6]. Los árboles octrees producen una subdivisión jerárquica y recursiva del espacio en octantes. Los árboles BSP producen una subdivisión jerárquica y recursiva del espacio mediante planos. En la representación mediante árboles octrees el espacio queda dividido en cubos. Un objeto se representa por tres tipos diferentes de cubos: los cubos "llenos" están contenidos en el objeto, los cubos "vacíos" son exteriores al objeto y los cubos "mixtos" tienen partes del objeto y partes vacías. En esta representación, según sean los tipos de cubos que se solapan se puede garantizar colisión, ausencia de colisión o indeterminación. En este último caso se procede a refinar las subdivisiones. También las esferas han sido utilizadas para construir árboles octrees de esferas [7,8,9]. El inconveniente de este tipo de representaciones para su utilización en detección de colisiones es que no conduce a una representación lo suficientemente compacta del objeto para aplicaciones interactivas [14]. Con respecto a las estructuras jerárquicas más utilizadas en las representaciones por particionamiento del objeto están los árboles de esferas y los árboles OBB, estos últimos constituidos por cajas envolventes orientadas [10]. Las ventajas de estas estructuras frente a las de las representaciones basadas en particionamiento del espacio es que aproximan mejor la topología del objeto.

Varias representaciones de objetos 3D basadas en árboles de esferas han sido propuestas para ser utilizadas en el problema de la detección de colisiones [11,12,13,14,15]. La esfera (o el círculo en 2D) es el objeto más sencillo en 3D, su especificación viene dada por el radio y la posición de su centro. La invarianza de la esfera frente a rotaciones hace que sea rápido y sencillo el proceso de actualización de las mismas cuando el objeto que representan se mueve. La importancia de la esfera como primitiva geométrica para representar objetos en la detección de colisiones está basada en que conduce a pruebas eficientes de intersección entre objetos representados por esferas. En efecto, para calcular si dos esferas se solapan basta verificar que la distancia entre sus centros es menor que la suma de los radios. Entre los árboles de esferas propuestos destacamos el trabajo de Del Pobil et al. [11] quienes desarrollan representaciones esféricas de prismas y demuestran que conducen a tiempos de ejecución más rápidos que otras representaciones esféricas [16]. El objetivo de estos autores es el diseño de representaciones esféricas eficientes que puedan servir de herramientas para el desarrollo de planificadores prácticos del movimiento. Tales autores construyen los árboles de esferas exteriores mediante representaciones circulares del polígono base del prisma y de su perímetro. Del Pobil et al. [17] extienden su representación esférica a objetos compuestos por cilindros generalizados. En el presente trabajo se desarrolla un esquema de representación circular de polígonos que representa varias ventajas sobre el trabajo anterior como será explicado en la discusión final del artículo y que es generalizable a 3D.

3. REPRESENTACIÓN JERÁRQUICA CIRCULAR.

En esta sección se desarrolla una representación jerárquica, basada en círculos, de la superficie de un polígono convexo cualquiera. En general, una representación circular de la superficie de un polígono P es un conjunto de círculos $\{[C.sub.i]\}_{i \in I}$ tales que cualquier punto de P está contenido en alguno de los círculos $\{[C.sub.i]\}_{i \in I}$ es decir $P \subseteq \bigcup_{i \in I} C_i$. El conjunto de círculos $\{[C.sub.i]\}_{i \in I}$ cubre la superficie del polígono. La representación está organizada en una jerarquía de círculos. Cada nivel de la jerarquía constituye por sí mismo una representación circular del polígono. El nivel 0 de la jerarquía consiste en un solo círculo, el círculo mínimo $C(0)$ que contiene al polígono.

Una manera trivial de calcular dicho círculo es tomar tuplas de vértices del polígono, generar el círculo que pasa por dichos puntos y verificar si los demás vértices están contenidos en el polígono. Si el resultado es positivo entonces es un círculo candidato a círculo mínimo. De todos los círculos candidatos se escoge aquel que tenga el menor radio. Meggido [18] desarrolla un algoritmo optimal en tiempo lineal para resolver el cálculo del círculo mínimo. El nivel 1 de la jerarquía se calcula subdividiendo el polígono P en dos polígonos hijos, P_1 y P_2 , y generando los círculos mínimos de los polígonos hijos. La unión de los círculos mínimos resultantes cubren evidentemente el polígono original. El nivel 1 de la jerarquía está pues compuesto por los círculos mínimos, $\{C_1(1), C_2(1)\}$, de los polígonos P_1 y P_2 respectivamente. Repitiendo este proceso recursivamente hasta un cierto nivel n se obtiene una jerarquía de círculos $\{[C.sub.ij]\}_{i \in I, j=0, \dots, n}$ que aproximan al objeto con diferentes niveles de precisión. La representación circular se organiza en un árbol binario de círculos en el que cada nivel n está formado por 2^n círculos. A continuación se detalla el proceso de subdivisión binaria de círculos.

[FIGURA 1 OMITIR]

[FIGURA 2 OMITIR]

El proceso de subdivisión del polígono ha sido realizado utilizando el concepto de arista eficiente el cual ha sido utilizado en [11] como heurística para la generación y subdivisión de representaciones circulares de polígonos. El concepto de arista eficiente permite definir "lados" principales del polígono. Una arista eficiente de un polígono convexo se define como un conjunto de aristas adyacentes del polígono tales que el ángulo interno formado por dos aristas consecutivas sea mayor que un cierto ángulo el cual se toma generalmente de 135 grados [11]. Por ejemplo, el polígono de la figura 1 consta de las aristas AB, BC, CD, DE, EF y FA. El polígono tiene 3 aristas eficientes: la primera esta compuesta por las aristas AB y BC, la segunda por CD, DE y EF, y finalmente la tercera por la arista EA. Cada arista eficiente es una lista de aristas del polígono. De esta manera, la frontera de un polígono se divide en una lista de aristas eficientes que corresponde a lados principales del polígono.

[FIGURA 3 OMITIR]

Para dividir el polígono se requiere definir la peor arista eficiente. En este trabajo hemos tomado como peor arista eficiente aquella que soporta el mayor ángulo respecto al centro del círculo mínimo del polígono. Entonces, la bisectriz del ángulo correspondiente a la peor arista eficiente divide al polígono convexo en dos polígonos convexos hijos. En la figura 2 se ilustra el proceso de subdivisión del polígono que se muestra en la figura 1. La peor arista eficiente es la arista CDEF la cual soporta un ángulo $[\alpha]$. La bisectriz del ángulo $[\alpha]$ corta el perímetro del polígono en los puntos G y H. Entonces el polígono original se divide en los polígonos hijos ABCDEH y EFHG. Hacemos notar que esta manera de dividir el polígono es diferente a la utilizada en [11] en donde la división se realiza a partir de los puntos del perímetro obtenidos de las dos peores aristas eficientes.

[FIGURA 4 OMITIR]

[FIGURA 5 OMITIR]

El concepto de arista eficiente fue generalizado para polígonos cóncavos en [17]. En tales polígonos las aristas que forman una concavidad se consideran una sola arista eficiente. Teniendo en cuenta esta generalización hemos aplicado el proceso de subdivisión binaria, definido anteriormente, a polígonos cóncavos y con lados curvos. Los lados curvos se consideran poli líneas que aproximan por fuera al polígono. Las figuras 3, 4 y 5 ilustran la subdivisión binaria y la generación automática de círculos en polígonos convexos, cóncavos y curvos respectivamente.

[FIGURA 6 OMITIR]

4. REPRESENTACIONES EXTERIOR E INTERIOR.

Hemos visto cómo a partir del círculo mínimo que encierra un polígono generamos una jerarquía de representaciones circulares del polígono. A partir de la representación así definida pueden generarse representaciones de la frontera y del interior del polígono que denominaremos respectivamente representaciones exterior e interior. Una representación exterior circular de un polígono es un conjunto de círculos $\{[C.sub.i]\}$ tales que cualquier punto que pertenezca a la frontera [derivada parcial]P del polígono pertenece también a uno de los círculos, es decir $[derivada parcial]P = [U.sub.i] [C.sub.i]$. Una representación interior circular de un polígono es un conjunto de círculos $\{[C.sub.iint]\}$, denominados círculos interiores, tales que cualquier punto que pertenezca a la unión de los círculos interiores pertenece al interior del polígono, es decir $[U.sub.i] [C.sub.iint] = \text{int}(P)$, donde $\text{int}(P)$ indica el interior del polígono P. La representación exterior está pues constituida por un conjunto de círculos que cubren todas las aristas, aproximan pues al perímetro del polígono. Sin embargo, la representación interior aproxima el interior del polígono. Hay que tener en cuenta que para las aplicaciones a la detección de colisiones es importante contar con representaciones exterior e interior. Si las representaciones exteriores de dos objetos no interfieren entonces seguro que no hay colisión entre ellos. Sin embargo si se detecta interferencia entonces hay indeterminación y se procede a refinar la representación exterior. Si las representaciones interiores interfieren entonces seguro que hay colisión entre los objetos.

A continuación describimos el proceso de construcción de las representaciones exterior e interior de un polígono generalizado. Inicialmente, la representación exterior es el círculo mínimo y la representación interior es el conjunto vacío. A medida que se avanza en el proceso de generación de círculos mediante la subdivisión binaria se verifica si los círculos que se generan están o no contenidos en el polígono. Si un círculo está contenido en el polígono entonces se añade a la representación interior y no se vuelve a subdividir. De lo contrario, el círculo forma parte de la representación exterior y será dividido en el proceso. Evidentemente por construcción los círculos que se añaden a la representación exterior son los que cubren la frontera del polígono. De esta manera se tiene que a medida que se subdividen los círculos exteriores, ciertos círculos hijos, los que son interiores van engrosando la representación interior. Los círculos interiores van aproximando por dentro al interior del polígono. Al mismo tiempo, los círculos de la representación exterior se hacen cada vez mas pequeños formando un rosario alrededor del perímetro del polígono.

[FIGURA 7 OMITIR]

El algoritmo de construcción de las representaciones exterior e interior de polígonos generalizados ha sido implementado. En la figura 6 se ilustra el proceso de generación de las representaciones exterior e interior de un polígono convexo. Las figuras de la izquierda muestran las representaciones externas y las de la derecha las representaciones internas. Inicialmente, en las primeras subdivisiones la representación interior no contiene ningún círculo. La figura 6 muestra el inicio de la representación interior con un solo círculo, luego se agrega otro y finalmente se tiene dos representaciones interiores con números superiores de círculos. Las figuras 7 y 8 ilustran la construcción de las representaciones para un polígono cóncavo y otro de lados curvos respectivamente. En los diferentes ejemplos calculados se muestra que las jerarquías de círculos obtenidas

están bien balanceadas y se adaptan a la forma de los polígonos que representan.

[FIGURA 8 OMITIR]

5. CONCLUSIONES

Hemos desarrollado un nuevo esquema de representación circular para polígonos generalizados. El esquema está basado en una subdivisión binaria recursiva del polígono que conduce a un árbol binario de círculos. Cada nivel del árbol binario constituye una representación circular del polígono con diferente grado de precisión. A partir del árbol de círculos se obtienen dos representaciones circulares del polígono: una representación exterior que cubre la frontera del polígono y otra representación interior formada por círculos interiores al objeto.

El algoritmo de construcción de las representaciones exterior e interior ha sido implementado y los resultados obtenidos han sido suficientemente ilustrados en diferentes polígonos generalizados. Una de las características notables del nuevo esquema presentado es que las representaciones exterior e interior surgen de la misma subdivisión binaria recursiva. Esta característica resulta bastante prometedora pues, sin duda, contribuirá a mejorar el desempeño y eficiencia de un detector de colisiones basado en dichas representaciones. Notemos que en otros trabajos que proponen representaciones circulares de polígonos, las representaciones circulares exterior e interior se basan en heurísticas completamente diferentes. Por lo general en [11] la representación exterior se basa en la heurística de las aristas eficiente mientras que la representación interior se basa en el diagrama de Voronoi del polígono tomando sucesivamente un número finito de círculos maximales centrados en las aristas de Voronoi del polígono [11]. En otros trabajos [12] únicamente se desarrolla la representación exterior del polígono.

Actualmente estamos trabajando extendiendo el presente trabajo al espacio tridimensional. Concretamente estamos desarrollando una representación espacial para objetos tridimensionales basada en una jerarquía de esferas [3]. Evidentemente, este es un problema más complejo pues interviene una dimensión adicional, lo cual implica desarrollar heurísticas para realizar el proceso de subdivisión binaria de un objeto tridimensional. El objetivo final es el desarrollo de detector de colisiones basado en dicha representación.

Recibido : Diciembre 2002

Aceptado: Septiembre 2003

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] J.C. Latombe, Robot Motion planning, Kluwer Academic Publishers, 1991.
- [2] Gupta K. and del Pobil A. P. (eds.), Practical Motion Planning in Robotics, John Wiley & Sons, 1998.
- [3] Muñoz Carlos, Una Nueva Representación Jerárquica Basada en Esferas Sencilla, Rápida y Eficiente. Tesis de Pregrado, Universidad del Valle. Se sustentará muy próximamente, 2001.
- [4] Watt A: y Watt M., Advanced Animation and Rendering Techniques. Addison Wesley, 1992.
- [5] Samet H. Spatial Data Structure: Quadtree, Octrees and Other Hierarchical Methods. Addison Wesley, 1989.
- [6] Naylor B., Amanatides J. y Thibault W., Merging BSP trees yield polyhedral modeling results. In Proc. of ACM Siggraph, 115-124p, 1990.
- [7] Hubbard P. M. Interactive Collision detection. In Proceeding of IEEE Symposium on Research Frontiers

in Virtual Reality, October 1993.

- [8] Liu Y., Noborio J. and Arimoto S., Hierarquical sphere model and its application for cheking an interfernece between moving robots, In Proceeding of the IEEE International Workshop on Intelligent Robots and Systems, 801-806p, 1988.
- [9] Greenspan M. and Burtnyk N., Obstacle Count Independent Real-Time Collision Avoidance, International Conference on Robotics and Automation, 1073-1079p, Abril 1996.
- [10] Hubbard P.M., Approximating Polyhedra with Spheres for Time-Critical Collision Detection, ACM Trans. Graphics, vol. 15, no. 3, 179-210p, 1996.
- [11] Gottschalk S., Lin M. C. y Manocha D., OBB-tree: A hierarchical structure for rapid interference detection. In Proc. of ACM Siggraph'96, 1996.
- [12] Del Pobil A. P. and Serna M.A., A new object representation for robotics and artificial intelligence applications, International Journal of Robotics and Automation, Vol. 9, No. 1, 11-21p, 1994.
- [13] S. Quinlan, Efficient Distance Computation between Non-Convex Objects, Proceedings of International Conference on Robotics and Automation, 3324-3329p, San Diego, CA, 1994.
- [14] I.J. Palmer and R. L. Grimsdale, Collision Detection for Animation Using Sphere-Tree, Computer Graphics Forum, 14(2), 105-116p, June 1995.
- [15] Pitt-Francis, J. and Featherstone, R., Automatic Generation of sphere hierarchies from CAD data Proceeding of the 1998 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 324-329p. Leuven, Belgium, 1998.
- [16] Del Pobil A. P., Pérez M. and Martínez B., A Practical Approach to Collision Detection between General Objects, Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, 779-784p, Minneapolis, MN, 1996.
- [17] Megiddo, Linear time algorithm for linear programming in R3 an related problems, S/AM J. Computing, Vol. 12, No. 4, pp 759-776, 1983.

OLMEDO ARCILA GUZMÁN, Ingeniero de Sistemas. Profesor Auxiliar de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Valle.

JOSÉ MARÍA BAÑÓN PINAR, Doctor de Estado. Profesor Titular de la Escuela De Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Valle, Colombia.

CARLOS ANDRÉS MUÑOZ BOLAÑOS. Est. De Ingeniería de Sistemas. Universidad del Valle.

Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación. Grupo de Geometría y Robótica Computacional.

CARLOS ANDRÉS MUÑOZ BOLAÑOS. Estudiante de Ingeniería de Sistemas, se encuentra en la actualidad realizando su trabajo de grado. Actualmente es Asistente de la salas de Computo de la Escuela de Ingenieria de Sistemas Computación de la Universidad del Valle, carmunoz@eisc.univalle.edu.co

OLMEDO ARCILA GUZMÁN. Ingeniero de Sistemas de la Universidad del Valle 2000. Profesor Auxiliar de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Valle.
olarcila@eisc.univalle.edu.co

JOSÉ MARIA BAÑÓN PINAR. Obtuvo el título de Físico en 1977 en la Universidad Complutense de Madrid

y el de Ingeniero Nuclearen 1979 en la Junta de Energía Nuclear en Madrid. En 1985 obtuvo el título de Doctor de Estado por la Universidad Pierre et Marie Curie en París (Francia). Ha realizado estancias en varios centros de investigación como el Laboratorio de Robótica de la Universidad Stanford (USA), el Centro de Estudios Nucleares de Saclay (Francia) y el Instituto de Óptica (España). En la actualidad es Profesor Titular de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Valle. Sus áreas de investigación son los algoritmos de planificación del movimiento de robots, la detección de colisiones y la modelización geométrica y la geometría computacional. banon@eisc.univalle.edu.co

Número de Documento:A236480322
