

Raytracing en la Palma de tu Mano: Desafíos y Oportunidades en el Desarrollo de Videojuegos Móviles

Raytracing in the Palm of your Hand: Challenges and Opportunities in Mobile Video Game Development

Cabello-Carranza Alejandro Y. ^a, Domínguez-Jiménez Ismael ^b

Abstract:

In the last decade, mobile applications and games have undergone a significant evolution in their visualisation and handling of graphical elements, with ray tracing standing out as a revolutionary technique for rendering light and shadows in 3D environments, offering high realism now on mobile devices.

This article examines how the evolution of graphics engines such as Unity® and Unreal®, along with graphics APIs such as Vulkan® and OpenGL®, has facilitated the implementation of ray tracing. These technologies allow developers to manipulate 3D graphics more precisely, integrating ray tracing for immersive visual experiences. However, the adoption of ray tracing in mobile visualisation faces several challenges, especially in optimisation and power consumption of mobile devices. We explore these challenges and analyse strategies implemented by the industry to overcome them, discuss examples of successful implementations, optimisation tools and possible future developments to improve the capabilities of ray tracing on mobile devices.

Keywords:

Graphics API's, Graphics evolution, Graphics engines, Optimisation, Raytracing, Mobile video games

Resumen:

En la última década las aplicaciones y videojuegos del ámbito móvil han tenido una evolución significativa en su visualización y manejo de elementos gráficos, destacándose el raytracing como una técnica revolucionaria para representar luz y sombras en entornos 3D, ofreciendo un alto realismo ahora en dispositivos móviles.

Este artículo examina cómo la evolución de motores gráficos como Unity® y Unreal®, junto con API's gráficas como Vulkan® y OpenGL®, ha facilitado la implementación del raytracing. Estas tecnologías permiten a los desarrolladores manipular gráficos 3D de manera más precisa, integrando el raytracing para experiencias visuales inmersivas. No obstante, la adopción del raytracing en la visualización móvil enfrenta varios desafíos, especialmente en la optimización y consumo de energía de los dispositivos móviles. En este sentido, se exploran estos desafíos y analizan estrategias implementadas por la industria para superarlos, se abordan ejemplos de implementaciones exitosas, herramientas de optimización y posibles avances futuros para mejorar las capacidades del raytracing en dispositivos móviles.

Palabras Clave:

API 's gráficas, Evolución gráfica, Motores gráficos, Optimización, Raytracing, Videojuegos móviles

Introducción

En la última década, el sector de aplicaciones y juegos móviles ha experimentado un crecimiento exponencial, consolidándose como una de las áreas tecnológicas más rentables y adoptadoras de tecnologías emergentes. El mercado de videojuegos móviles, en particular, está en

pleno auge y se anticipa que seguirá expandiéndose significativamente en los próximos años. Según ^[1], se espera que el tamaño de este mercado aumente de USD 100.54 mil millones en 2024 a USD 164.81 mil millones para 2029, lo que representa una tasa compuesta anual del 10.39% (véase Figura. 1). Este estudio considera

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0001-5377-8260>, Email: ca374895@uaeh.edu.mx

^b Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0003-0959-5875>, Email: ismael@ieee.org

como principales competidores a Nintendo®, Activision®, Tencent®, GungHo® y Zynga® en juegos para dispositivos móviles.



Figura 1 Mercado de juegos móviles 2024-2029. [1]

Esta expansión se debe en gran parte a la creciente penetración de mercado en regiones emergentes, acompañada de un incremento en las inversiones en desarrollo y marketing por parte de editoriales y marcas. Innovaciones en monetización, como las loot boxes, han desempeñado un papel crucial en este crecimiento. Además, avances tecnológicos en hardware móvil, incluyendo el desarrollo de redes 5G, inteligencia artificial, y procesos avanzados en la fabricación de CPUs y GPUs, han permitido crear aplicaciones y videojuegos móviles que rivalizan en complejidad y calidad visual con sus contrapartes de consolas y PC.

Este entorno tecnológico evolutivo ha creado numerosas oportunidades para que los desarrolladores y otros stakeholders exploren y adopten nuevas tecnologías para diseñar experiencias de juego más inmersivas y visualmente complejas, satisfaciendo las crecientes expectativas de una base de usuarios que demanda un mayor realismo y efectos visuales avanzados.

Una de las tecnologías que ha comenzado a destacar es el raytracing, que se ha popularizado inicialmente en el mercado de videojuegos para ordenador y que se espera se incorpore próximamente a los juegos móviles AAA. El raytracing es una técnica de renderizado que permite un manejo avanzado de la luz en escenas 3D mediante sombras, reflejos y otros efectos visuales complejos, según señalan [2] y [3]. Estos elementos han sido esenciales en la industria del cine y ahora prometen elevar la calidad de visualización en el ámbito móvil a un nivel completamente nuevo.

Los avances recientes en motores gráficos, como Unity® y Unreal®, y en APIs gráficas han facilitado la implementación del raytracing en dispositivos móviles. Estas herramientas se convierten en ejes centrales para la manipulación y renderizado de gráficos 3D,

permitiendo aplicar esta tecnología a escenas virtuales con un realismo impresionante.

Sin embargo, la adopción del raytracing como estándar en visualización móvil enfrenta varios desafíos, principalmente debido a que esta técnica requiere un uso intensivo de la GPU, lo que puede ser problemático en dispositivos con hardware menos potente. Incluso los dispositivos más avanzados enfrentan dificultades para ejecutar el raytracing a altas velocidades de cuadros por segundo, poniendo a los desarrolladores en la difícil situación de equilibrar una alta calidad visual con un rendimiento fluido.

Este estudio, ofrece una visión exhaustiva sobre la integración del raytracing en el desarrollo de videojuegos para dispositivos móviles, examinando los avances tecnológicos en hardware, tecnologías como 5G, inteligencia artificial, y como se ven implicadas en el desarrollo y evolución de tecnologías de renderizado de gráficos como el raytracing.

Se abordarán los avances que técnicos de su implementación en el ámbito móvil destacando la importancia de los motores gráficos y APIs, así como los desafíos asociados. El artículo también discute estrategias de optimización y colaboraciones entre desarrolladores y fabricantes de hardware, subrayando el potencial transformador del raytracing en la industria de los videojuegos móviles y anticipando futuros avances que podrían normalizar esta tecnología en dicha plataforma.

Planteamiento del problema

A pesar de los avances continuos en la tecnología móvil, el desarrollo de videojuegos que integran gráficos de alta calidad mediante técnicas de renderizado avanzadas, como el raytracing, enfrenta desafíos significativos. Estos incluyen la gestión del rendimiento óptimo del sistema, la fluidez del juego y el consumo energético, aspectos que son críticos en dispositivos con recursos limitados como los móviles.

El raytracing, ofrece ventajas significativas sobre técnicas tradicionales como la rasterización, incluyendo una representación más precisa de efectos visuales. Sin embargo, su implementación en plataformas móviles no está exenta de limitaciones. El principal reto es el alto consumo de recursos de procesamiento gráfico, lo que puede impactar negativamente en la eficiencia energética y la temperatura del dispositivo, llevando a un potencial agotamiento rápido de la batería y degradación del hardware a largo plazo.

Además, el raytracing en tiempo real en dispositivos móviles requiere adaptaciones significativas en los motores gráficos y arquitecturas de hardware, incluyendo el desarrollo de nuevas APIs gráficas y el uso de GPUs avanzadas que soporten esta carga de trabajo intensiva. Aunque estas adaptaciones pueden elevar la calidad visual e inmersión en los juegos móviles a niveles comparables con las plataformas de escritorio y consolas, también plantean desafíos en términos de accesibilidad y escalabilidad en un mercado donde la variabilidad del hardware es considerable.

Esta compleja intersección entre la demanda de gráficos de alta fidelidad y las restricciones inherentes de los dispositivos móviles establece un campo avanzado de estudio e innovación para los desarrolladores y diseñadores de sistemas gráficos móviles, quienes deben equilibrar la aspiración de realismo visual con las limitaciones prácticas de la computación móvil.

Justificación

El desarrollo de videojuegos móviles con trazado de rayos tiene un gran potencial para mejorar la experiencia de juego y atraer a una audiencia más amplia. Las principales razones son:

- Realismo visual: El trazado de rayos permite crear gráficos más realistas e inmersivos que las técnicas tradicionales de renderizado.
- Efectos visuales más complejos: El trazado de rayos permite crear efectos visuales más complejos, como sombras realistas, reflejos y refracciones.
- Mayor potencial creativo: El trazado de rayos ofrece a los desarrolladores nuevas herramientas para crear experiencias de juego más innovadoras y atractivas.

Es importante abordar los desafíos que enfrenta el *raytracing* en dispositivos móviles para que esta tecnología pueda alcanzar su máximo potencial. La investigación y el desarrollo en esta área pueden conducir a avances significativos en la visualización móvil.

Objetivo General

Evaluar los desafíos y oportunidades que presenta el desarrollo de videojuegos móviles con *raytracing*, considerando las limitaciones de los dispositivos móviles y las soluciones técnicas disponibles.

Objetivo Especifico

- Optimizar el rendimiento del raytracing en dispositivos móviles: Investigar herramientas y

métodos para mejorar la eficiencia energética y operativa del raytracing en dispositivos móviles.

- Evaluar el impacto de avances en hardware móvil para el raytracing: Analizar cómo las mejoras en GPUs y CPUs afectan la implementación y rendimiento del raytracing en videojuegos móviles.
- Fomentar la colaboración entre desarrolladores y fabricantes de hardware: Desarrollar estrategias de colaboración que superen los desafíos técnicos y promuevan la implementación eficiente de raytracing en juegos móviles.

Hipótesis

Se sostiene que un conocimiento profundo del raytracing puede ayudar a superar determinados desafíos técnicos y de rendimiento relacionados con su implementación en dispositivos móviles, y con ello, alcanzar niveles sin precedentes de realismo visual e inmersión en videojuegos.

A través del desarrollo de métodos más eficientes de integración y la optimización del uso de recursos de hardware, como la GPU, se mejorará significativamente el rendimiento y la eficiencia en dispositivos móviles. Algunas métricas que se pueden destacar para llevar a cabo esta evaluación son la tasa de cuadros por segundo (FPS), el tiempo de respuesta de renderizado, y el consumo de batería durante sesiones de juego extendidas.

Se plantea que la colaboración entre desarrolladores, fabricantes de hardware es clave para acelerar la superación de estos obstáculos, llevando los juegos móviles a una paridad visual con las consolas y PC de escritorio, transformando así la experiencia de juego móvil.

Metodología

El estudio se basa en una revisión bibliográfica exhaustiva de investigaciones científicas, publicaciones de la industria y estudios de mercado. Se analizarán las características técnicas del raytracing, su implementación en motores gráficos y APIs, y las soluciones técnicas disponibles para optimizar su rendimiento en dispositivos móviles.

Marco Teórico

Tecnología en auge: ¿Qué es el raytracing en tiempo real?

De acuerdo con ^[3], para LinkedIn en trazado de rayos o raytracing es una técnica de renderización que simula el

comportamiento de la luz en el mundo real en una escena 3D, replicando comportamientos físicos, para imitar la apariencia de la realidad.

Específicamente hablando, el raytracing en tiempo real de acuerdo con [5], representa una variante de esta técnica que se ejecuta en tiempo real, es decir, a la velocidad de interacción del usuario en una aplicación o juego. Esta modalidad de raytracing, se utiliza especialmente en la industria de los videojuegos sin embargo de acuerdo con (xxx6) para Nvidia®, explica que el trazado de rayos en tiempo real también está allanando el camino para producciones virtuales y seres humanos digitales del cine, la televisión y experiencias inmersivas como la realidad virtual y la realidad aumentada.

Al implementar raytracing, se consiguen efectos visuales más realistas, como reflejos precisos, sombras suaves, iluminación global y refracción, contribuyendo así a una experiencia visual más inmersiva y detallada.

[3] junto con Epic Games®, muestran una comparativa entre la implementación y no, del raytracing en tiempo real en un videojuego (Véase en la Figura. 2)



Figura 2 Demostración de Galaxy Unpacked en asociación con Epic Games®. [3]

Renderización de gráficos: ¿Qué es el Raytracing y la rasterización?

Tanto el trazado de rayos como la rasterización son técnicas de renderización empleadas en el campo de los gráficos por ordenador. En este contexto, su función principal es determinar el color de los píxeles que compondrán la imagen final mostrada en pantalla. Cada técnica presenta diferencias significativas en la metodología y los resultados conseguidos.

De acuerdo [5], la rasterización trabaja dibujando los objetos de una escena desde el fondo hacia el primer plano, mapeando los objetos tridimensionales factibles en un plano bidimensional. Esto se logra mediante el uso de

matrices de transformación. En este método, el color de cada píxel se determina basándose en la información almacenada en la malla del modelo, por ejemplo, color, textura o normal, en combinación con la iluminación de la escena.

Aunque la rasterización es generalmente más rápida que el trazado de rayos, [5] y Unreal® Engine explican que adolece de limitaciones para simular efectos dependientes de la luz rebotada, tales como reflejos reales, translucidez y oclusión ambiental.

Por otro lado, el raytracing opera lanzando un rayo desde la perspectiva de la cámara y siguiendo su trayectoria a medida que rebota entre los objetos de la escena, hasta que alcanza una fuente de luz. Este método recopila y acumula la información de color durante su recorrido. Al imitar las propiedades físicas de los rayos de luz, el trazado de rayos proporciona resultados de una calidad superior, consiguiendo una representación mucho más realista y precisa de la luz y las sombras, reflejos y refracciones, y la oclusión ambiental. Sin embargo, esta calidad y precisión vienen a expensas de una gran demanda computacional, que se traduce en un retardo en el proceso de renderizado.

Desarrollo

Panorama del mercado de juegos móviles: Diferenciación en el mercado y tendencias.

La diferenciación en el mercado de juegos móviles emerge como un factor determinante para el crecimiento exponencial del sector, de acuerdo con datos proporcionados por Mordor Inteligense; "...el tamaño del mercado de juegos se estima en 272,86 mil millones de dólares en 2024, y esperando un crecimiento de 426,02 mil millones de dólares en 2029 a una tasa compuesta anual del 9,32% durante este periodo." [7]. (véase Figura. 3).



Figura 3 Expectativa de crecimiento del mercado de videojuegos (2024 - 2029) [7]

Las tendencias de mercado por ^[1] explican que el número de jugadores a nivel mundial en plataformas móviles alcanzó los 2.700 millones durante el año 2022. Esto se tradujo en 90.000 millones de descargas de juegos móviles a lo largo del año, y se espera un incremento en los próximos años.

Por otra parte, el análisis de mercado de unidades de procesamiento gráfico realizado por ^[7], afirma que, la industria de los videojuegos es una de las fuerzas impulsoras más importantes del mercado de GPU's. La creciente inversión en el sector global del videojuego y el avance en su desarrollo ha impulsado la evolución de los gráficos por ordenador, adjunto de creciente demanda de tecnologías avanzadas, como AR, VR e AI. "Para el año 2024, el mercado de GPU's fue valorado en 37,9 mil millones de dólares y se espera que alcance los 206,95 mil millones de dólares para el año 2029." ^[1] (véase Figura. 4).

Los principales fabricantes de GPU's considerados en este estudio son AMD®, Nvidia®, Intel®, Imagination® y Samsung®.

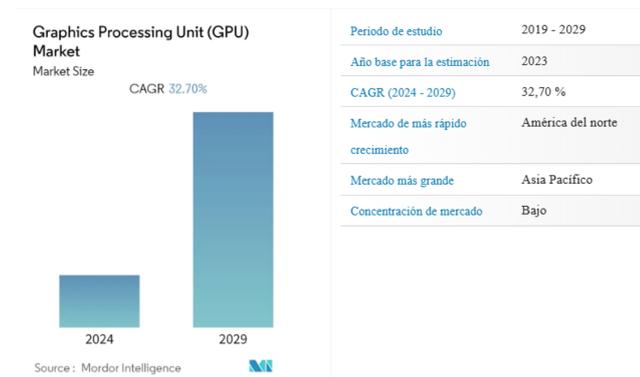


Figura 4. Crecimiento de uso de GPU's en el mercado y principales competidores ^[1]

Este crecimiento no es el resultado de un solo elemento, sino que es impulsado varios factores que convergen en la evolución y expansión del mercado. Un elemento esencial que impulsa este crecimiento según ^[7], es el aumento de la penetración de teléfonos inteligentes, que se posiciona como un impulsor clave en la atracción de un público más amplio hacia los juegos móviles. La conveniencia y accesibilidad inherentes a los dispositivos inteligentes, combinadas con el continuo mejoramiento de sus capacidades tecnológicas, han creado un entorno propicio para la expansión del mercado.

Para el año 2022 los sistemas operativos Android y iOS, líderes en dispositivos móviles, de acuerdo con el número de descargas totales en sus plataformas de distribución

como lo son Google Play Store® y Apple App Store®, el 21% y el 25%, respectivamente fueron juegos móviles.

En el ámbito global, la industria del juego ha experimentado una expansión significativa, impulsada en gran medida por el papel crucial desempeñado por los teléfonos inteligentes. Este crecimiento ha provocado una búsqueda constante de diferenciación de productos ^[8]. Una estrategia adoptada por los desarrolladores que destaca en este contexto es la denominada 'genre mashing', una técnica que fusiona diferentes géneros para crear estilos de juego únicos y distintivos. Este fenómeno se manifiesta claramente en las tendencias actuales de los juegos más populares, donde la combinación creativa de elementos de diferentes géneros da lugar a experiencias de juego innovadoras y cautivadoras.

En este panorama dinámico, la diferenciación no solo es una estrategia comercial, sino también una necesidad imperante para destacar en un mercado saturado. La constante experimentación y fusión de géneros no solo satisfacen las expectativas cambiantes de los jugadores, sino que también contribuyen a la creación de experiencias de juego únicas que mantienen el interés y la lealtad de la audiencia, consolidando así el crecimiento sostenible del mercado de juegos móviles.

Avances en hardware móvil: Redes 5G, mayor potencia y eficiencia.

Los avances en el ámbito del hardware móvil, con énfasis en la implementación de redes 5G, han desencadenado una transformación significativa en la industria de los videojuegos. ^[7] explica que, la creciente conectividad a Internet, adopción de teléfonos inteligentes y la llegada de la conectividad 5G, han aumentado aún más la demanda del mercado de los juegos en todo el mundo. Esta evolución se ve reflejada en incremento en la velocidad de transmisión de datos y eficiencia de las comunicaciones, impactando en la experiencia de juego.

La sinergia entre las redes 5G y los chipsets móviles de última generación ha propiciado un aumento significativo en el desarrollo de juegos AAA multiplataforma.

Los desarrolladores de videojuegos en economías emergentes se esfuerzan constantemente por mejorar la experiencia de juego, reescribiendo códigos para diversas plataformas, como consolas, dispositivos móviles y PC. Estos códigos se integran en un producto independiente que se ofrece a los jugadores a través de una plataforma en la nube de gran escala.

De acuerdo con un informe de [7], se prevé que la adopción masiva de la conectividad 5G desencadene un crecimiento notable en el mercado de juegos de América del Norte en los próximos años. Y la convergencia de redes 5G y hardware móvil avanzado será un catalizador clave para la evolución continua de la industria de los videojuegos.

Antecedentes e Impacto en la industria del raytracing

Para poder conocer el impacto y futuro del raytracing en aplicaciones móviles debemos de conocer cuáles son sus antecedentes y evolución, de esta manera poder evaluar sus avances y obstáculos que han dado paso a la democratización de esta técnica y se implementación de aplicaciones graficas modernas.

Orígenes de raytracing

De acuerdo con [9], primeros conceptos del trazado de rayos se remontan a la década de 1960, con los trabajos pioneros de investigadores como Arthur Appel y Turner Whitted con el desarrollo de algoritmos de "ray casting" Sin embargo, la limitada potencia computacional de la época dificultaba la aplicación práctica de esta técnica. Un punto de inflexión llegó en 1979 con la llegada de Turner Whitted, quien acuñó el término "raytracing" y presentó un algoritmo revolucionario que incluía reflexiones y sombras, sentando las bases de la técnica moderna. Su trabajo impulsó el desarrollo de esta tecnología y la consolidó como una herramienta fundamental para la creación de imágenes realistas por ordenador. (véase Figura. 5).

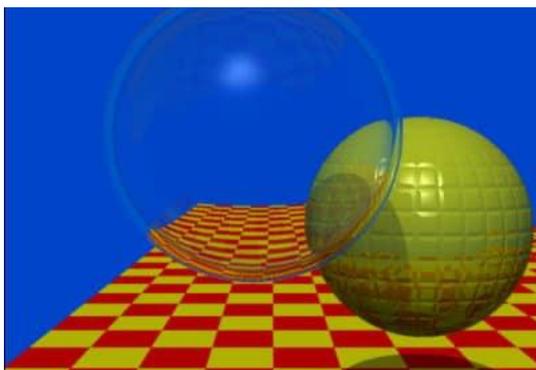


Figura 4. Esferas interreflectantes generada por ordenador de Whitted mediante raytracing (1979) [9]

Durante la década de los 90's, el raytracing se usaba en gráficos por computadora y simulaciones científicas, pero su implementación en tiempo real estaba limitada por el alto consumo de recursos. Según [10], este panorama cambió con la introducción de la tecnología RTX de

Nvidia® en 2018, la cual incorporó núcleos RT dedicados y capacidades de inteligencia artificial, facilitando el raytracing en tiempo real y marcando un salto generacional en las GPU para juegos.

Además, [11] menciona que, la tecnología RTX de Nvidia® encontraron aplicaciones en áreas como diseño asistido, visualización científica y simulaciones acústicas y electromagnéticas, estableciendo un nuevo estándar en la industria y ampliando el uso del raytracing en juegos y aplicaciones profesionales.

Implementación en dispositivos móviles: Avances en motores gráficos API's y herramientas gráficas.

La integración del trazado de rayos en motores gráficos móviles, como Unity® y Unreal® Engine, ha sido un tema de creciente interés en el desarrollo de aplicaciones y juegos móviles. El trazado de rayos ha sido una técnica de renderizado altamente demandante en recursos que ha estado principalmente reservada para sistemas de alto rendimiento como consolas de videojuego de última generación y PC. Sin embargo, con el avance en hardware y software de dispositivos móviles, se ha vuelto posible incorporar el trazado de rayos en entornos móviles.

Los motores gráficos más comunes utilizados en el desarrollo de juegos, como Unity® y Unreal® Engine, han implementado soporte para el raytracing.

En el caso de [12] la incorporación del trazado de rayos se ha facilitado mediante el desarrollo del paquete de alto rendimiento conocido como "HDRP" (High Definition Render Pipeline) y el paquete "LWRP" (Lightweight Render Pipeline) que permiten a los desarrolladores utilizar el trazado de rayos en sus proyectos.

En el caso de Unreal® Engine, [5] explica que, la integración del trazado de rayos se ha abordado a través de la implementación de la tecnología conocida como "Nanite" y el sistema de trazado de rayos "Lumen", que permiten la representación y el cálculo de la iluminación de manera más realista en entornos móviles. Estos avances han sido posibles gracias al desarrollo de capacidades de renderizado altamente eficientes que aprovechan el hardware disponible en dispositivos móviles para proporcionar iluminación, sombras y reflejos de calidad cinematográfica en tiempo real.

El avance en las APIs gráficas como Vulkan® ha sido significativo en la implementación del raytracing, en particular con la introducción de extensiones como VK_KHR_ray_tracing_pipeline y VK_KHR_ray_query.

Estas extensiones integran de manera eficiente las funcionalidades de trazado de rayos en el marco de Vulkan, permitiendo a los desarrolladores de juegos y aplicaciones gráficas implementar técnicas avanzadas de renderizado.

De acuerdo con ^[14] la extensión VK_KHR_ray_tracing_pipeline introduce una nueva forma de pipeline de renderizado que es independiente del pipeline de rasterización tradicional. Utiliza un conjunto dedicado de etapas de shader específicas para el trazado de rayos y comandos dedicados para la presentación del trabajo de renderizado, como vkCmdTraceRaysKHR. Esto facilita la implementación de trazado de rayos en aplicaciones gráficas sin depender exclusivamente de las capacidades del hardware subyacente

Además, la extensión VK_KHR_ray_query permite la emisión de consultas de rayos desde todos los tipos de shaders, facilitando una integración más versátil y menos dependiente del contexto de pipeline específico. Esto proporciona un método más flexible y generalizado para manejar el trazado de rayos dentro de una amplia gama de aplicaciones, incluidas las que funcionan en dispositivos móviles ^[14].

Por otra parte, ^[15] menciona que, en dispositivos móviles, la implementación de estas técnicas de raytracing ha comenzado a ser viable gracias a la evolución de las GPU en los smartphones, como las series Qualcomm Snapdragon® y Dimensity de MediaTek® que ahora incluyen soporte para raytracing. Esta capacidad permite que el raytracing se utilice en un contexto de dispositivos con restricciones de potencia y eficiencia energética, adecuándose a las limitaciones típicas de los dispositivos móviles.

Desafíos y oportunidades para el raytracing móvil: GPU's y baterías

El renderizado con raytracing es conocido por su capacidad para producir imágenes de gran realismo, modelando el comportamiento de la luz en entornos tridimensionales. Sin embargo, este proceso requiere una cantidad significativa de cálculos por rayo, lo que implica un uso intensivo de la unidad de procesamiento gráfico (GPU) y, por ende, un gran consumo de energía. Esta demanda puede ser especialmente problemática en dispositivos móviles, donde la eficiencia energética es crucial debido a la limitada capacidad de la batería.

Las tecnologías de raytracing en móviles han avanzado significativamente, implementando soluciones de

hardware dedicadas para mejorar la eficiencia energética. ^[16] menciona que la tecnología Ray Tracing Levels System (RTLS) identifica diferentes niveles de implementación del raytracing, desde soluciones básicas hasta las más avanzadas que incorporan mayor funcionalidad en hardware dedicado. Esto permite una mejor gestión de los recursos de procesamiento y memoria, crucial para dispositivos con restricciones energéticas.

Además, empresas como Imagination Technologies, han desarrollado soluciones de raytracing que prometen una eficiencia energética hasta 2.5 veces superior a las soluciones tradicionales, optimizando el uso de los recursos de la GPU y minimizando el impacto en el rendimiento gráfico tradicional. Este tipo de tecnologías permiten a los desarrolladores de juegos móviles implementar efectos de iluminación avanzados sin comprometer significativamente la duración de la batería .

Adicionalmente, ^[16] menciona que, desarrolladores también están adaptando sus métodos de implementación del raytracing, utilizando técnicas como el trazado de rayos esparcido y de baja resolución que luego se escalan, reduciendo así la cantidad de rayos necesarios y optimizando el uso de la energía. Estos métodos podrían ayudar a mantener una buena experiencia de usuario en dispositivos móviles, donde el equilibrio entre la calidad visual y la eficiencia energética es esencial.

Es importante destacar que las soluciones para estos desafíos se encuentran en constante evolución. De acuerdo con ^[3], desarrolladores, en colaboración con el Instituto P&D Samsung® Ucrania (SRUKR) y varias empresas asociadas, incluyendo Epic Games® y Unreal® Engine, están trabajando en la mejora de los gráficos basados en raytracing para dispositivos móviles. Su objetivo principal es encontrar el método óptimo para aplicar el Raytracing en una amplia gama de dispositivos móviles y proporcionar una excelente experiencia de juego a los usuarios.

Con esto queda claro que el raytracing en dispositivos móviles presenta desafíos debido a su intensivo uso de recursos, pero, sin embargo, los avances en hardware dedicado y técnicas de optimización están permitiendo que esta tecnología sea cada vez más viable en términos de eficiencia energética, abriendo la puerta a experiencias gráficas impresionantes en una gama más amplia de dispositivos.

Colaboración entre desarrolladores, fabricantes y proveedores de tecnología.

En los últimos años la capacidad del hardware de los dispositivos móviles ha aumentado de manera significativa y de acuerdo Unity® Technologies, "...los mejores conjuntos de chips móviles brindan mayor rendimiento con menos consumo de batería" [1].

Adicional a esto, con los avances tecnológicos y la reducción del tamaño de los transistores en CPU 's y GPU 's por compañías como Qualcomm® y ARM® y Nvidia® lideran un papel crucial en el desarrollo de hardware especializado capaz de gestionar tareas complejas como el raytracing.

La colaboración entre los desarrolladores de juegos, los fabricantes de hardware, y los proveedores de tecnología es fundamental para superar los retos técnicos.

Los desarrolladores aportan su conocimiento sobre las necesidades de renderizado, mientras que los fabricantes y proveedores de tecnología, como Qualcomm® y ARM®, están innovando con nuevos diseños de chips y arquitecturas de procesadores que permiten la ejecución eficiente de raytracing en tiempo real.

La posibilidad de integrar el raytracing en dispositivos móviles también abre un abanico de oportunidades. Al lograr esta integración, se puede transformar la experiencia visual de los videojuegos móviles y aplicaciones de realidad aumentada, posicionándolos a la vanguardia de la inmersión gráfica y la interactividad.

Discusión y conclusiones

El estudio realizado demuestra el considerable potencial del raytracing para transformar el desarrollo de videojuegos móviles. A pesar de enfrentar desafíos técnicos, como el alto consumo de energía y las exigencias de hardware avanzado, los progresos en GPUs, inteligencia artificial y tecnologías emergentes como las redes 5G están impulsando un crecimiento robusto en el sector.

De acuerdo con Mordor Intelligence [7], se espera que el mercado de juegos móviles aumente de USD 100.54 mil millones en 2024 a USD 164.81 mil millones en 2029.

La colaboración entre desarrolladores, fabricantes de hardware y proveedores de tecnología es crucial para superar estos obstáculos. Un ejemplo destacado es la asociación entre Samsung® y Unreal® Engine para optimizar el raytracing en dispositivos móviles, mostrando

cómo la industria está trabajando conjuntamente para mejorar la eficiencia sin comprometer la calidad visual.

Mirando hacia el futuro, la incorporación del raytracing en los videojuegos móviles no solo promete elevar la calidad visual, sino también transformar la experiencia de juego, haciéndola más inmersiva y atractiva. Con los avances continuos en tecnología de hardware y las innovaciones en la optimización de software, el futuro de los videojuegos móviles se presenta prometedor, con un potencial para ofrecer experiencias visuales revolucionarias que podrían compararse con las de consolas de videojuegos y PC.

Trabajo Futuro

El trabajo futuro de esta investigación se centrará en abordar los desafíos técnicos identificados en la implementación del raytracing en dispositivos móviles. Se propone el desarrollo de pruebas como bechmarks o pruebas de rendimiento en profundidad, además de medir el impacto en eficiencia energética de la implantación de raytracing en aplicaciones y juegos móviles.

Además, se buscará explorar nuevas técnicas y algoritmos que permitan mejorar la eficiencia del raytracing sin comprometer la calidad visual. Esto podría incluir investigaciones sobre métodos de renderización más eficientes como técnicas de compresión de texturas o algoritmos de distribución de carga computacional además del desarrollo de pruebas de laboratorio que permita justificar la investigación realizada.

Referencias

- [1] Mordor Intelligence Research & Advisory. GPU Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029) [Internet]. 2024 Feb [cited 2024 Apr 10]. Available from: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/graphics-processing-unit-market>
- [2] González Valenzuela C. ¿Qué es el raytracing y cómo cambia la experiencia de los videojuegos? [Internet]. 2023 Feb 11 [cited 2024 Apr 10]. Available from: <https://computerhoy.com/tecnologia/raytracing-como-cambia-experiencia-videojuegos-1183652>
- [3] Samsung. Ray Tracing, la nueva función que permite gráficos más realistas en tiempo real para los gamers [Internet]. 2023 May 29 [cited 2024 Apr 10]. Available from: <https://news.samsung.com/co/ray-tracing-la-nueva-funcion-que-permite-graficos-mas-realistas-en-tiempo-real-para-los-gamers>
- [4] BeHumans. La renderización 3D en la construcción de humanos digitales [Internet]. LinkedIn. BeHumans; 2023 [cited 2024 Apr 10]. Available from: https://es.linkedin.com/pulse/la-renderizaci%C3%B3n-3d-en-construcci%C3%B3n-de-humanos-digitales-behumans?trk=article-ssr-frontend-pulse_more-articles_related-content-card
- [5] Records E. ¿Qué es el trazado de rayos en tiempo real y por qué es importante? [Internet]. [cited 2024 Apr 10]. Available from: <https://www.unrealengine.com/es-ES/explainers/ray-tracing/what-is-real-time-ray-tracing>

- [6] Champagne R. Real-Time Ray Tracing Realized: RTX Brings the Future of Graphics to Millions [Internet]. 2020 Aug 25 [cited 2024 Apr 10]. Available from: <https://blogs.nvidia.com/blog/rtx-real-time-ray-tracing/>
- [7] Mordor Intelligence Research & Advisory. Industria del juego - Análisis de tamaño y participación - Tendencias y pronósticos de crecimiento (2024 - 2029) [Internet]. 2024 Jan [cited 2024 Apr 11]. Available from: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/global-gaming-market>
- [8] Beshimov M. Innovating with genre mashing in mobile gaming [Internet]. Medium. Google Play Apps & Games; 2017 [cited 2024 Apr 10]. Available from: <https://medium.com/googleplaydev/innovating-with-genre-mashing-in-mobile-gaming-286abdf816f0>
- [9] Whitted JT. A Ray-Tracing Pioneer Explains How He Stumbled into Global Illumination [Internet]. 2018 Aug 01 [cited 2024 Apr 10]. Available from: <https://blogs.nvidia.com/blog/ray-tracing-global-illumination-turner-whitted/>
- [10] Rizzo D. Bryan. 10 Years in the Making: NVIDIA Brings Real-Time Ray Tracing to Gamers with GeForce RTX [Internet]. Nvidia Newsroom. 2018, August 20. Available from: <https://nvidianews.nvidia.com/news/10-years-in-the-making-nvidia-brings-real-time-ray-tracing-to-gamers-with-geforce-rtx>
- [11] Sjöholm Juha. Effectively Integrating RTX Ray Tracing into a Real-Time Rendering Engine [Internet]. Nvidia Technical Blog. 2018. Available from: <https://developer.nvidia.com/blog/effectively-integrating-rtx-ray-tracing-real-time-rendering-engine/>
- [12] Unity. Getting started with ray tracing [Internet]. [cited 2024 Apr 10]. Available from: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@8.2/manual/Ray-Tracing-Getting-Started.html>
- [13] Unity. Mapeo de rayos en tiempo real de Unity [Internet]. [cited 2024 Apr 10]. Available from: <https://unity.com/es/ray-tracing>
- [14] Vulkan Documentation. Ray Tracing [Internet]. Vulkan.org. 2024 [cited 2024 Apr 15]. Available from: https://docs.vulkan.org/guide/latest/extensions/ray_tracing.html
- [15] GFreeman. Solutions Launches 3DMark Solar Bay, New Cross-Platform Ray Tracing Benchmark [Internet]. TechPowerUp. TechPowerUp; 2023 [cited 2024 Apr 15]. Available from: <https://www.techpowerup.com/312355/ul-solutions-launches-3dmark-solar-bay-new-cross-platform-ray-tracing-benchmark>
- [16] Beets Kritof. Real-time Ray Tracing Technology: A Game-Changer for Mobile Graphics [Internet]. Embedded Computing Design; 2021 [cited 2024 Apr 21]. Available from: <https://embeddedcomputing.com/technology/processing/eda-tools/real-time-ray-tracing-technology-a-game-changer-for-mobile-graphics>
- [17] Mordor Intelligence Research & Advisory. Análisis del tamaño y la participación del mercado de juegos móviles tendencias de crecimiento y pronósticos (2023 - 2028) [Internet]. 2023 [cited 2024 Apr 10]. Available from: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/mobile-games-market>
- [18] Burnes A. Ray Tracing, Respuestas a Tus Preguntas: Tipos de Ray Tracing, Rendimiento en las GPU GeForce y Más [Internet]. Nvidia News. Nvidia; 2019 [cited 2024 Apr 5]. Available from: <https://www.nvidia.com/es-la/geforce/news/geforce-gtx-dxr-ray-tracing-available-now/>
- [19] Frid I. Why a new game classification in the app stores is in order [Internet]. Appsflyer; 2023 [cited 2024 Apr 9]. Available from: <https://www.appsflyer.com/blog/mobile-marketing/game-classification-app-stores/>
- [20] Orús A. Industria mundial del videojuego - Datos estadísticos [Internet]. 2023 Dec 31 [cited 2024 Apr 10]. Available from: <https://es.statista.com/temas/9150/industria-mundial-del-videojuego/#topicOverview>
- [21] Tori R, et al. Introdução a Realidade Virtual e Aumentada. SBC; 2018. Available from: http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2018_livroRVA.pdf
- [22] Samsung. Gráficos realistas en tiempo real: los expertos de Samsung explican el Ray Tracing para la serie Galaxy S23 [Internet]. 2023 May 01 [cited 2024 Apr 10]. Available from: <https://news.samsung.com/mx/entrevista-graficos-realistas-en-tiempo-real-los-expertos-de-samsung-explican-el-ray-tracing-para-la-serie-galaxy-s23>