

Dead Reckoning Aplicado a Videojuegos en Línea: Revisión Sistemática

BGM

Abstract—This systematic review analyses studies on Dead Reckoning algorithms for multiplayer video games, focusing on enhancing user experience and network efficiency. Findings indicate that integrating physical and adaptive models into Dead Reckoning significantly improves prediction accuracy and efficiency. Key studies demonstrate the benefits of these enhancements in reducing latency and bandwidth consumption. Despite substantial advancements, there is a notable gap in the application of machine learning techniques within Dead Reckoning algorithms. Most existing research relies on traditional methods, with limited exploration of how machine learning can further optimize prediction accuracy and network performance. Future work should explore new algorithms and their application across various game types to further enhance gameplay quality. Additionally, there is a need for interdisciplinary research combining insights from computer science, network engineering, and game design to develop more robust and versatile Dead Reckoning solutions.

Index Terms—Dead Reckoning, Multiplayer Video Games, User Experience, Network Efficiency, Prediction Models, Latency Reduction, Bandwidth Consumption, Hybrid Approaches, Machine Learning, Gameplay Quality.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, se ha popularizado el uso de internet como medio general orientado al ocio. Los videojuegos se han convertido en uno de los principales medios de entretenimiento, ya no solo alcanzando un público juvenil, sino también alcanzando a un público más general a través de perspectivas mucho más ambiciosas. Debido al gran uso de las redes de datos en las últimas décadas, las infraestructuras que daban servicio a esta red se han transformado y mejorado con el paso de los años, aumentando la calidad y la cantidad de datos transmitidos que pueden soportar. Esto ha requerido la investigación de medios para aumentar el rendimiento de los recursos y evitar así la saturación de las redes de datos. Los videojuegos son un medio que actualmente está de moda, y dentro de este género, los juegos multijugador a tiempo real son una de las formas de entretenimiento más populares en la actualidad.

Sin embargo, el hecho de que un gran número de usuarios se conecte, empleando internet para ello, a un servidor para jugar en línea supone un problema para las tasas de transmisión de datos, puesto que el comportamiento humano puede ser impredecible y requiere una constante frecuencia de comprobación por parte de los servidores sobre las acciones realizadas por los usuarios en todo momento, hecho que conlleva un gran consumo de ancho de banda y recursos en muchos casos.

Dentro de los diferentes géneros de videojuegos podemos encontrar aquellos que son orientados a las carreras. Dentro de

estos, la posición de los jugadores es un punto fundamental, puesto que esto es la idea principal dentro de determinar aspectos muy importantes como dónde se encuentran los jugadores en la pista mientras se mueven a altas velocidades, sus posiciones al terminar la carrera, e interacciones entre unos autos con otros. Para mitigar los efectos de este fenómeno, existen una serie de técnicas que pretenden dar solución a ello, como lo es la técnica foco de esta revisión sistemática: el Dead Reckoning. Dicha técnica busca, fundamentalmente, la anticipación del movimiento de los jugadores basándose en la información recibida de patrones previos, para que de esta forma no exista la necesidad de estar emitiendo información de forma constante sobre la posición de los jugadores.

Dentro de este tipo de técnicas, existe una especialización relacionada con los videojuegos de carreras, ya que estos cuentan con un trazado predefinido para las carreras, el cual encaja como objeto para el estudio de las posibles posiciones en las que podría encontrarse un jugador en un momento determinado. Esto simplifica el trabajo de las técnicas de Dead Reckoning, puesto que la cantidad de posiciones a estimar se reduce a diferencia de lo que sucede en otro tipo de entornos virtuales.

II. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para esta revisión sistemática fue el protocolo de Biolcini. El objetivo principal de esta revisión fue identificar estudios relacionados con la definición y/o aplicación de estrategias de Dead Reckoning para mejorar la experiencia de usuario en el contexto de videojuegos y/o aplicaciones multijugador.

El problema a estudiar radica en conocer los tipos de Dead Reckoning, sus técnicas de implementación y sus aplicaciones, con tal de proponer el tipo que mejor se ajuste a un entorno de videojuegos.

En esta revisión, se buscaron estudios que pudieran dar respuesta a al menos una de las siguientes preguntas:

- ¿De qué manera se implementan los algoritmos de Dead Reckoning para mejorar la experiencia de usuario?
- ¿Cómo son capaces las distintas implementaciones de Dead Reckoning de mejorar la experiencia de usuario?

Para llevar a cabo la búsqueda de dichos estudios, se confeccionaron una serie de cadenas de búsqueda, las cuales se utilizaron para buscar trabajos publicados en ScienceDirect, IEEE Xplore y en Association for Computing Machinery (ACM). Estas son plataformas prestigiosas que publican artículos de renombre. Cabe mencionar que también fue considerada la literatura gris recomendada por académicos de la Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad del Bío-Bío.

En cuanto a los idiomas de búsqueda, solo se consideraron los trabajos encontrados en inglés y español. Asimismo, las cadenas de búsqueda fueron ejecutadas en ambos idiomas.

A. Definición de Cadenas de Búsqueda

Para poder definir las cadenas de búsqueda a utilizar, se reunieron primero una serie de palabras clave con sus correspondientes sinónimos tanto en inglés como en español.

Palabra Clave	Sinónimo en Inglés	Sinónimo en Español
User	Customers, user, users	Cliente, usuario, usuarios
Dead Reckoning	Dead Reckoning	Navegación a estima
Multiplayer	Multiplayer	Multijugador
Multiplayer Online Game	MPOG	Juego multijugador en línea

Tabla I
PALABRAS CLAVE Y SINÓNIMOS

Una vez sentada esta base, se utilizaron estas palabras para la creación de las siguientes cadenas de búsqueda:

Cadenas de Búsqueda en Inglés
"dead reckoning applications"
"position prediction in multiplayer"
"multiplayer position prediction" AND "cars"
"dead reckoning" AND "racing games"
"dead reckoning applied" AND "videogames" OR "racing"
"enhanced jitter conceiling" AND "videogames" OR "multiplayer"

Tabla II
CADENAS DE BÚSQUEDA EN INGLÉS

Cadenas de Búsqueda en Español
"aplicaciones de dead reckoning"
"predicción de posicionamiento multijugador"
"predicción de posicionamiento multijugador" AND "autos"
"dead reckoning" AND "juegos de carreras"
"dead reckoning aplicado" AND "videojuegos" OR "carreras"
"reducción de jitter mejorada" AND "videojuegos" OR "multijugador"

Tabla III
CADENAS DE BÚSQUEDA EN ESPAÑOL

B. Selección de Estudios

Para seleccionar aquellos estudios que fuesen relevantes para el tema en cuestión, se formularon los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

1) Criterios de Inclusión:

- Estudios relacionados con la implementación del Dead Reckoning para la mejora de la experiencia de usuarios.
- Estudios relacionados con la mejora y/u optimización de algoritmos de Dead Reckoning.

2) Criterios de Exclusión:

- Estudios que no tienen relación con el efecto que tiene el Dead Reckoning sobre la experiencia de usuario.
- Estudios que no aporten de ninguna manera a la implementación y/o mejora de algoritmos de Dead Reckoning.

3) Procedimiento de Preselección: El procedimiento empleado para la preselección de estudios fue utilizar las cadenas de búsqueda en las fuentes seleccionadas. Una vez encontrados, se analizaron el título, abstracto, palabras clave, trabajo futuro y bibliografía, cuidando que éstos tuvieran relación con el tema. Finalmente, se aplican tanto los criterios de inclusión como los de exclusión. De esta manera, se determina si el estudio pasa o no a estar pre-seleccionado.

C. Aplicación del Criterio de Inclusión

Como se mencionó anteriormente, basta con que el artículo esté relacionado con Dead Reckoning para mejorar la experiencia de usuario, o que hable de la mejora u optimización de algoritmos de Dead Reckoning.

D. Aplicación del Criterio de Exclusión

Para el criterio de exclusión bastará que se cumpla al menos una de las condiciones definidas anteriormente.

E. Registro de Estudios

Para el registro de los estudios se utilizó una tabla, como la que se muestra a continuación. En esta tabla se detallarán los autores, nombre del artículo, un pequeño resumen, la fecha de publicación, y si es o no relevante para la investigación.

Registro de Estudios				
ID	Autor	Nombre	Resumen	Relevante
-	-	-	-	-

Tabla IV
FORMATO DE REGISTRO DE ESTUDIOS

III. RESULTADOS

La aplicación del protocolo consiste, inicialmente, en las búsquedas realizadas por cada una de las cadenas de búsqueda que fueron definidas durante el desarrollo de la metodología.

Al realizar las búsquedas correspondientes en cada uno de los portales, las cuales se llevaron a cabo en mayo de 2024, se obtuvo la siguiente cantidad de resultados:

- "dead reckoning applications" (134 resultados).
- "dead reckoning" AND "racing games" (14 resultados).
- "position prediction in multiplayer" (3 resultados).
- "multiplayer position prediction AND cars" (1 resultado).

En total, se encontraron 152 publicaciones, de las cuales se preseleccionaron 18, para finalmente llegar a ser 7 los estudios seleccionados de manera definitiva.

Es importante destacar que, si bien en un principio se consideraron cadenas de búsqueda tanto en inglés como en español, éstas últimas no arrojaron ningún resultado en los motores de búsqueda utilizados. Por lo tanto, el cuerpo de

estudios final está conformado exclusivamente por trabajos escritos en inglés.

Además de la consideración anterior, también se eliminaron las últimas dos cadenas de búsqueda que se definieron en un principio, ya que éstas arrojaban resultados demasiado generales los cuales, en su mayoría, no estaban relacionados con el tema de esta revisión.

A. Análisis de Resultados

Para el análisis de resultados, se utilizó la herramienta open-source bibliometrix, con la ayuda de Biblioshiny, en el lenguaje de programación R.

Como los resultados fueron obtenidos en plataformas donde se publican artículos científicos con regularidad, éstos pudieron ser exportados directamente como archivos de extensión “.bib”, los cuales fueron cargados en Biblioshiny.

Las gráficas que se aprecian en las figuras 1 a 3 fueron exportadas directamente desde Biblioshiny. En ellas, es posible visualizar con claridad los autores más destacados dentro de los estudios relacionados con Dead Reckoning elegidos, así como también las fuentes y palabras más relevantes dentro de estos estudios.

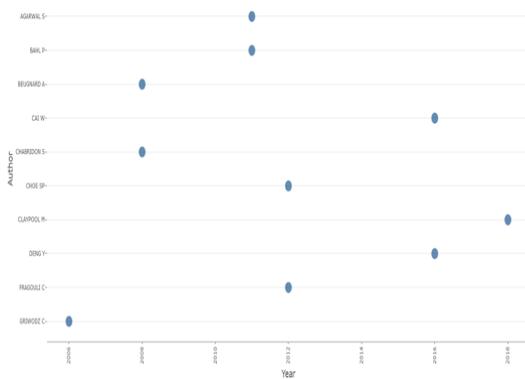


Figura 1. Autores más destacados

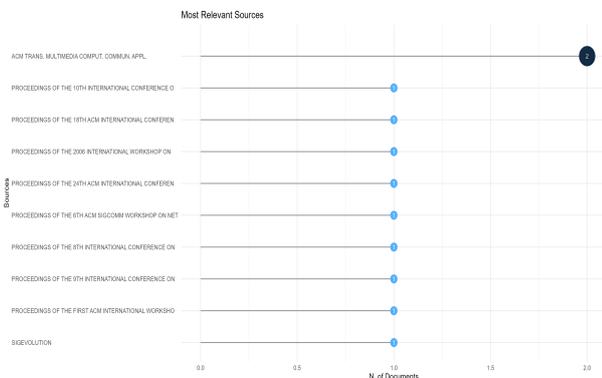


Figura 2. Fuentes más relevantes

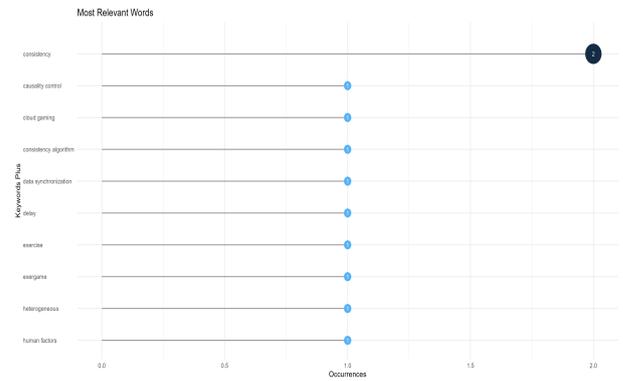


Figura 3. Palabras más relevantes

Cabe recalcar que, debido a que el formato admitido por Biblioshiny es estricto, no todos los resultados de búsqueda exportados desde los distintos portales pudieron ser visualizados con la herramienta. Únicamente fueron considerados los resultados obtenidos en la plataforma de ACM, ya que estos sí cumplían con el formato requerido.

De acuerdo con la información obtenida, gran parte de los estudios relacionados con el tema son relativamente recientes, comenzando por Evaluating dead reckoning variations with a multi-player game simulator [1] de 2006, hasta llegar a Game Input with Delay—Moving Target Selection with a Game Controller Thumbstick [2] de 2018. En adición a esto, y a pesar de que no se encuentre reflejado en los gráficos, existen estudios incluso más recientes publicados en los otros dos portales utilizados, como es el caso de Predictive Dead Reckoning for Online Peer-to-Peer Games [3], publicado en 2023.

IV. ESTUDIOS SELECCIONADOS

Los estudios seleccionados en esta revisión sistemática se separan en dos grupos. El primer grupo se compone de 18 publicaciones que fueron elegidas en base a lo definido en el apartado II-B3. Dichos estudios fueron registrados en la tabla descrita en el apartado II-E. A partir de este análisis inicial, se seleccionaron 7 estudios de estos 18 para conformar los trabajos finales.

A. Estudios Preseleccionados

Dentro del grupo de trabajos preseleccionados, se identificó un espectro amplio en cuanto a todo lo que es abordable a través de la aplicación del Dead Reckoning, y las técnicas que se han intentado utilizar para mejorar la experiencia de usuario en videojuegos y aplicaciones multijugador. Por ejemplo, hay ciertos estudios que hablan del Dead Reckoning para esconder la latencia en videojuegos multijugador, como lo es el caso de An Adaptive Scheme for Consistency among Players in Networked Racing Games [4], Improving end-to-end quality-of-service in online multi-player wireless gaming networks [5] y Consistent Synchronization of Action Order with Least Noticeable Delays in Fast-Paced Multiplayer Online Games [6]. Es más, incluso existen estudios que hablan del Dead Reckoning aplicado a videojuegos específicamente

de carreras, como lo es el caso de Influences of Network Latency and Packet Loss on Consistency in Networked Racing Games [7] y An Adaptive Scheme for Consistency among Players in Networked Racing Games [8].

Se encontraron también estudios que aplican directamente el Dead Reckoning en simulaciones de videojuegos multi-jugador para realizar predicciones, como lo es el caso de Evaluating dead reckoning variations with a multi-player game simulator [1] y A network-centric approach to enhancing the interactivity of large-scale distributed virtual environments [9].

Finalmente, se identificaron estudios que, si bien hablan de Dead Reckoning de manera conceptual, no fueron seleccionados debido a que se desviaban demasiado del ámbito de los videojuegos multijugador. Estos son Towards a position and orientation independent approach for pervasive observation of user direction with mobile phones [10], que habla de una especie de Dead Reckoning para predecir la dirección de movimiento de una persona basada en los acelerómetros y magnetómetros de dispositivos móviles, y The need for speed: testing acceleration for estimating animal travel rates in terrestrial dead-reckoning systems [11], el cual abarca el Dead Reckoning aplicado a la estimación de la migración de animales terrestres.

B. Estudios Seleccionados

Dentro de los estudios seleccionados para un análisis más profundo, se encuentran aquellos que encajan perfectamente dentro del foco de esta revisión sistemática y que, además, cumplen totalmente los criterios de inclusión de este trabajo.

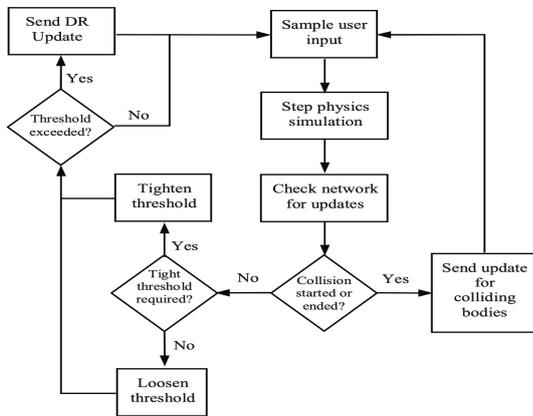


Figura 4. Diagrama de flujo de técnicas de gestión del estado de entidades propuestas para videojuegos multijugador con conciencia física.

En primer lugar, tenemos dos estudios que hablan acerca del mejoramiento de los modelos de Dead Reckoning a través de la incorporación conceptos que pueden ayudar a potenciar la predicción del comportamiento de los jugadores. Por ejemplo, en An Enhanced Dead Reckoning Model for Physics-Aware Multiplayer Computer Games [12] se menciona la incorporación activa de las físicas de los juegos multijugador en conjunto con el Dead Reckoning para obtener mejores predicciones, tal como puede verse en la figura 4. De la misma

forma, en Adaptive Δ -Causality Control with Adaptive Dead-Reckoning in Networked Games [8] se habla de un control adaptativo aplicado al Dead Reckoning, específicamente relacionado con videojuegos en la línea.

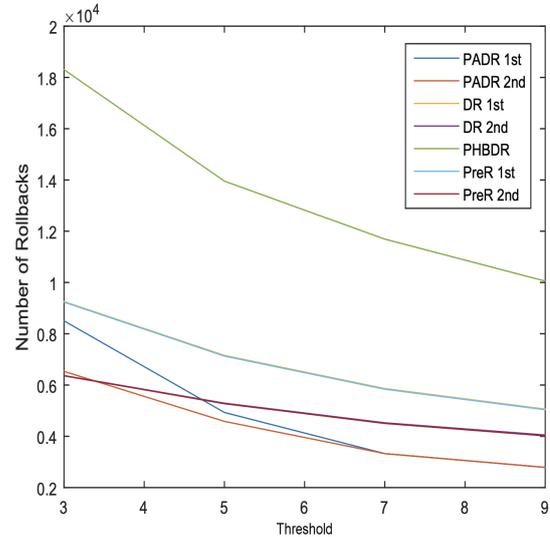


Figura 5. Precisión de Predicción

En segundo lugar, hay estudios que analizan la usabilidad de ciertos esquemas de Dead Reckoning para juegos en línea, como es el caso de On the suitability of dead reckoning schemes for games [13]. Asimismo, hay estudios que comparan diferentes algoritmos; Comparing dead reckoning algorithms for distributed car simulations [14] toma y compara distintos tipos de implementaciones de Dead Reckoning, exponiendo métricas fundamentales como su costo computacional, su costo en términos de ancho de banda y, lo más importante, la precisión de la predicción que son capaces de generar, tal como puede verse en la figura 5.

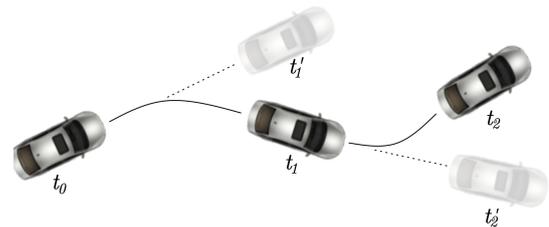


Figura 6. Extrapolando la posición de un oponente a partir de actualizaciones periódicas.

Uno de los estudios que más se acerca al tema de esta revisión sistemática es Predictive Dead Reckoning for Online Peer-to-Peer Games [3]. En él, se entra en detalle acerca del Dead Reckoning aplicado en videojuegos de carreras modernos, pasando desde la teoría de aplicación, hasta experimentos

prácticos y la implementación en un simulador de carreras. Además, en este paper se hace referencia al protocolo Peer-to-Peer (P2P), en el cual se deben tener consideraciones especiales al momento de realizar predicciones en el movimiento de objetos (figura 6). Dentro del trabajo futuro que plantea este estudio, se menciona específicamente que hace falta realizar más pruebas, y considerar las colisiones entre objetos

V. CONCLUSIÓN

Este trabajo presenta un análisis exhaustivo de los algoritmos de Dead Reckoning utilizados en videojuegos multijugador. Se ha demostrado que la integración de modelos físicos y adaptativos en estos algoritmos mejora significativamente la precisión de las predicciones y la eficiencia de la red. Estos avances no solo reducen la latencia, sino que también optimizan el consumo de ancho de banda, lo cual es crucial para una experiencia de juego fluida.

A pesar de estos progresos, se ha identificado una falta de investigación en la aplicación de técnicas de aprendizaje automático dentro de los algoritmos de Dead Reckoning. La mayoría de los estudios actuales se basan en métodos tradicionales, y existe un potencial sin explotar para que el aprendizaje automático mejore aún más la precisión de las predicciones y el rendimiento de la red. Aunque es un tema poco popular en general, existe la intención y el material necesario para avanzar en esta área, que sin duda es un campo de estudio latente.

Además, al contar con una cantidad limitada de estudios en español, podemos decir que es un tema poco popular en esta comunidad lingüística. Futuros trabajos deben centrarse en explorar nuevos algoritmos y su aplicación en diversos tipos de juegos. Asimismo, es fundamental fomentar la investigación interdisciplinaria que combine conocimientos de ciencias de la computación, ingeniería de redes y diseño de juegos para desarrollar soluciones de Dead Reckoning más robustas y versátiles.

REFERENCIAS

- [1] W. Palant, C. Griwodz, and P. Halvorsen, "Evaluating dead reckoning variations with a multi-player game simulator," in *Proceedings of the 2006 International Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video*, NOSSDAV '06, (New York, NY, USA), Association for Computing Machinery, 2006.
- [2] M. Claypool, "Game input with delay—moving target selection with a game controller thumbstick," *ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl.*, vol. 14, jun 2018.
- [3] T. Walker, B. Gilhuly, A. Sadeghi, M. Delbosc, and S. L. Smith, "Predictive dead reckoning for online peer-to-peer games," *IEEE Transactions on Games*, vol. 16, no. 1, pp. 173–184, 2024.
- [4] Y. Ishibashi, Y. Hashimoto, T. Ikedo, and S. Sugawara, "Adaptive δ -causality control with adaptive dead-reckoning in networked games," in *Proceedings of the 6th ACM SIGCOMM Workshop on Network and System Support for Games*, NetGames '07, (New York, NY, USA), p. 75–80, Association for Computing Machinery, 2007.
- [5] P. Ghosh, K. Basu, and S. K. Das, "Improving end-to-end quality-of-service in online multi-player wireless gaming networks," *Computer Communications*, vol. 31, no. 11, pp. 2685–2698, 2008. End-to-End Support over Heterogeneous Wired-Wireless Networks.
- [6] J. Xu and B. W. Wah, "Consistent synchronization of action order with least noticeable delays in fast-paced multiplayer online games," *ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl.*, vol. 13, dec 2016.
- [7] T. Yasui, Y. Ishibashi, and T. Ikedo, "Influences of network latency and packet loss on consistency in networked racing games," in *Proceedings of 4th ACM SIGCOMM Workshop on Network and System Support for Games*, NetGames '05, (New York, NY, USA), p. 1–8, Association for Computing Machinery, 2005.
- [8] T. Ikedo and Y. Ishibashi, "An adaptive scheme for consistency among players in networked racing games," in *7th International Conference on Mobile Data Management (MDM'06)*, pp. 116–116, 2006.
- [9] T. D. Vy, T. L. N. Nguyen, and Y. Shin, "A precise tracking algorithm using pdr and wi-fi/beacon corrections for smartphones," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 49522–49536, 2021.
- [10] S. A. Hoseinitabatabaei, A. Gluhak, and R. Tafazolli, "Towards a position and orientation independent approach for pervasive observation of user direction with mobile phones," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 17, pp. 23–42, 2015.
- [11] O. R. Bidder, M. Soresina, E. L. Shepard, L. G. Halsey, F. Quintana, A. Gómez-Laich, and R. P. Wilson, "The need for speed: testing acceleration for estimating animal travel rates in terrestrial dead-reckoning systems," *Zoology*, vol. 115, no. 1, pp. 58–64, 2012.
- [12] S. C. McLoone, P. J. Walsh, and T. E. Ward, "An enhanced dead reckoning model for physics-aware multiplayer computer games," in *2012 IEEE/ACM 16th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications*, pp. 111–117, 2012.
- [13] L. Pantel and L. C. Wolf, "On the suitability of dead reckoning schemes for games," in *Proceedings of the 1st Workshop on Network and System Support for Games*, NetGames '02, (New York, NY, USA), p. 79–84, Association for Computing Machinery, 2002.
- [14] Y. Chen and E. S. Liu, "Comparing dead reckoning algorithms for distributed car simulations," in *Proceedings of the 2018 ACM SIGSIM Conference on Principles of Advanced Discrete Simulation*, SIGSIM-PADS '18, (New York, NY, USA), p. 105–111, Association for Computing Machinery, 2018.