

Título del Trabajo Fin de Máster

Trabajo Fin de Máster (Escribe aquí la modalidad),
Convocatoria Julio 2020

Máster Propio en Inteligencia Artificial

Segunda Edición,
Curso Académico 2019-2020

Por el alumno/a

Julio Emanuel Suriano Bryk
Con DNI 37.620.411

Dirigido por

Nombre del director/a

*Education is not about thinning the herd.
Education is about helping every student succeed.*

Andrew Ng

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a los profesores y compañeros del máster por su apoyo, sus valiosas aportaciones y los intercambios de ideas que han enriquecido este trabajo.

También quiero destacar a mi pareja por su comprensión y apoyo durante todo el proceso, lo que me permitió mantenerme enfocado y motivado.

Por último, agradezco a mi familia y amigos por su apoyo constante y por estar siempre disponibles para ofrecerme su ayuda y perspectiva.

Índice general

Índice de figuras	III
Índice de tablas	IV
Índice de algoritmos	1
Resumen	2
1 Introducción	3
1.1 Motivación	3
1.1.1 Limitaciones Actuales	3
1.1.2 Oportunidades de Mejora	4
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivo Específicos	4
2 Estado del arte	6
2.1 Sistemas de Aprendizaje Adaptativo	6
2.2 Aplicaciones de LLM	6
2.2.1 Generación de Diálogos	6
2.2.2 Análisis y Corrección	6
2.3 Tecnologías Emergentes en Educación Lingüística	7
2.4 Sistemas Multi-Agente	7
2.5 RAG en Educación	7
2.6 Avances en Procesamiento de Voz	7
2.7 Tecnologías de Síntesis y Reconocimiento	7
2.8 Integración de Tecnologías	7
2.9 Sistemas Híbridos	7
2.10 Tendencias Futuras	8
3 Marco teórico	9
3.1 Reinforcement Learning	9



3.1.1	Fundamentos	9
3.2	Arquitecturas Transformer	9
3.2.1	Mecanismo de Atención	9
3.3	Sistema Multi-Agente con RAG	9
3.3.1	Arquitectura de Agentes	9
4	Material	11
5	Métodos	12
6	Resultados	13
7	Conclusiones	14
	Glosario	15
	Lista de Acrónimos	16
	Glosario	16
A	Apéndice A	17
	Bibliografía	18

Índice de figuras



Índice de tablas

Índice de algoritmos

Resumen

Este Trabajo de Fin de Máster propone un sistema de aprendizaje de idiomas basado en Reinforcement Learning (RL) y Transformers para personalizar y optimizar el proceso de adquisición de lenguas. Se busca mejorar la experiencia educativa mediante rutas adaptativas, simulaciones de conversación, y tecnologías de Text-to-Speech y Speech-to-Text que evalúan y entrenan habilidades auditivas y de pronunciación.

El sistema utiliza RL para recomendar ejercicios personalizados y Transformers para generar diálogos contextuales y detectar errores en tiempo real. Los datos de interacción del usuario, registros de audio y diálogos simulados entrenarán un modelo que evoluciona continuamente, ajustándose a las necesidades individuales de cada estudiante.

Introducción

1

El aprendizaje de idiomas en la era digital ha experimentado una transformación significativa gracias a los avances en Inteligencia Artificial (IA). Sin embargo, uno de los mayores desafíos sigue siendo la personalización efectiva del proceso de aprendizaje para adaptarse a las necesidades individuales de cada estudiante. Este trabajo propone un enfoque innovador que combina técnicas de RL con arquitecturas Transformers introducidas y tecnologías de procesamiento de voz para crear un sistema de aprendizaje de idiomas adaptativo y personalizado.

([Vaswani et al., 2017](#)) introdujo la arquitectura Transformers que ha revolucionado el procesamiento del lenguaje natural. ([Vaswani et al., 2017](#)) demostraron que los Transformers superan a las arquitecturas recurrentes y convolucionales en tareas de traducción automática. ([Devlin et al., 2018](#)) presentaron Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT), un modelo de lenguaje basado en Transformers que ha establecido nuevos estándares en tareas de procesamiento del lenguaje natural.

1.1. Motivación

La adquisición de una segunda lengua es un proceso complejo que varía significativamente entre individuos. Los métodos tradicionales de enseñanza de idiomas, incluso en su forma digitalizada, presentan limitaciones significativas.

1.1.1. Limitaciones Actuales

- **Rigidez Estructural:** Los programas siguen secuencias predefinidas que no se adaptan al progreso real del estudiante.
- **Falta de Personalización:** No consideran adecuadamente los diferentes estilos de aprendizaje y preferencias individuales.
- **Retroalimentación Limitada:** La mayoría de los sistemas proporcionan feedback básico sin considerar el contexto completo del aprendizaje.
- **Práctica Conversacional Artificial:** Las interacciones suelen ser mecánicas y no reflejan la naturaleza dinámica del lenguaje real.

1.1.2. Oportunidades de Mejora

- **Adaptabilidad Dinámica:** Sistemas que ajustan el contenido y la dificultad en tiempo real.
- **Personalización Profunda:** Consideración de múltiples factores individuales para optimizar el aprendizaje.
- **Interacción Natural:** Uso de tecnologías avanzadas para simular conversaciones más realistas.
- **Feedback Contextual:** Retroalimentación detallada y específica basada en el perfil del estudiante.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema de aprendizaje de idiomas que utilice RL, Transformers y una arquitectura multi-agente para una experiencia de aprendizaje personalizada, adaptativa y efectiva.

1.2.2. Objetivo Específicos

1. Optimización del Aprendizaje

- Implementar un sistema de RL que optimice rutas de aprendizaje personalizadas
- Desarrollar mecanismos de adaptación dinámica del contenido
- Crear sistemas de evaluación continua del progreso

2. Mejora de la Interacción

- Integrar modelos Transformers para procesamiento del lenguaje natural
- Desarrollar sistemas de diálogo contextuales
- Implementar análisis de errores en tiempo real

3. Perfeccionamiento de Habilidades Lingüísticas

- Crear sistemas de evaluación de pronunciación usando Text-to-Speech (TTS) y Speech-to-Text (STT)
- Desarrollar ejercicios adaptativos de comprensión
- Implementar práctica conversacional contextual

4. Gestión del Conocimiento

- Integrar sistemas Retrieval-Augmented Generation (RAG) para acceso a recursos educativos
- Desarrollar bases de conocimiento dinámicas
- Implementar mecanismos de actualización de contenido

Estado del arte

2

2.1. Sistemas de Aprendizaje Adaptativo

Los sistemas modernos de aprendizaje de idiomas han evolucionado significativamente con la integración de IA y aprendizaje automático. Destacan las siguientes innovaciones:

- **Busuu (2023)** incorpora un sistema de IA que analiza patrones de error y ajusta dinámicamente el contenido.
- **Duolingo Max (2023)** utiliza GPT-4 para generar explicaciones personalizadas y mantener conversaciones contextuales.
- **Babbel Live (2023)** combina IA con tutores humanos para optimizar la experiencia de aprendizaje híbrido.

2.2. Aplicaciones de LLM

Los Large Language Models (LLM) han revolucionado el aprendizaje de idiomas en múltiples aspectos:

2.2.1. Generación de Diálogos

- **ChatGPT for Language Learning (2023)**: Capacidad de mantener conversaciones multilingües con adaptación de nivel.
- **LangChain Applications (2023)**: Framework para crear agentes conversacionales especializados en enseñanza de idiomas.
- **Microsoft Azure Language Studio (2023)**: Herramientas de análisis lingüístico y generación de contenido educativo.

2.2.2. Análisis y Corrección

- **Grammarly with GrammarlyGO (2023)**: Utiliza IA generativa para proporcionar correcciones contextuales y sugerencias de mejora.
- **DeepL Write (2023)**: Sistema de corrección que considera el contexto cultural y el registro lingüístico.

2.3. Tecnologías Emergentes en Educación Lingüística

2.4. Sistemas Multi-Agente

Las implementaciones recientes destacan por:

- **Microsoft AI Tutor (2023)**: Sistema multi-agente que combina diferentes roles pedagógicos.
- **OpenAI GPTs (2023)**: Agentes especializados para diferentes aspectos del aprendizaje de idiomas.
- **Anthropic Claude (2023)**: Capacidad de mantener contexto extenso y proporcionar explicaciones detalladas.

2.5. RAG en Educación

Los sistemas RAG han mostrado resultados prometedores:

- **Lingua RAG (2023)**: Sistema que combina conocimiento lingüístico estructurado con generación de contenido.
- **EduRAG Framework (2023)**: Arquitectura para recuperación y generación de contenido educativo personalizado.

2.6. Avances en Procesamiento de Voz

2.7. Tecnologías de Síntesis y Reconocimiento

- **Whisper OpenAI (2023)**: Sistema de reconocimiento de voz multilingüe de alta precisión.
- **Azure Neural TTS (2023)**: Voces naturales con control de emotividad y estilo.
- **Google Cloud Speech Services (2023)**: API unificada para reconocimiento y síntesis multilingüe.

2.8. Integración de Tecnologías

2.9. Sistemas Híbridos

Las soluciones más avanzadas combinan múltiples tecnologías:

- **AI Language Coach (2023)**: Integra LLM, STT/TTS y análisis de progreso.

- **Adaptive Learning Platforms (2023):** Combinan RL con sistemas multi-agente para optimizar rutas de aprendizaje.
- **Immersive Language Learning (2023):** Una realidad virtual con procesamiento de lenguaje natural.

2.10. Tendencias Futuras

Las direcciones más prometedoras incluyen:

- **Personalización Profunda:** Sistemas que adaptan no solo el contenido sino también la metodología de enseñanza.
- **Aprendizaje Multimodal:** Integración de diferentes modalidades de input y output.
- **Sistemas Autónomos:** Agentes que pueden mantener conversaciones extensas y naturales.
- **Evaluación Continua:** Sistemas que ajustan el aprendizaje en tiempo real basado en múltiples métricas.

gar re-
cia del
jo

Marco teórico

3

3.1. Reinforcement Learning

3.1.1. Fundamentos

El RL se basa en el paradigma de aprendizaje a través de la interacción con un entorno. Los componentes principales son:

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha[r + \gamma \max_{a'} Q(s', a') - Q(s, a)] \quad (3.1)$$

Donde:

3.2. Arquitecturas Transformer

3.2.1. Mecanismo de Atención

El mecanismo de atención se puede expresar matemáticamente como:

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmax} \left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}} \right) V \quad (3.2)$$

3.3. Sistema Multi-Agente con RAG

3.3.1. Arquitectura de Agentes

La arquitectura propuesta integra múltiples agentes especializados:

■ Agente Tutor

- Gestión del proceso de aprendizaje
- Coordinación con otros agentes
- Seguimiento del progreso

■ Agente de Contenido

- Recuperación de material

15 a 20 páginas

agregar una introducción a este capítulo

Agregar referencia bibliográfica a cada sección

- Generación de ejercicios
- Adaptación de dificultad

Material

4

Métodos

5

Resultados

6

Conclusiones

7

Glosario

Transformers A type of neural network architecture designed to handle sequential data, widely used in natural language processing.

Lista de Acrónimos

BERT Bidirectional Encoder Representations from Transformers.

IA Inteligencia Artificial.

LLM Large Language Models.

RAG Retrieval-Augmented Generation.

RL Reinforcement Learning.

STT Speech-to-Text.

TTS Text-to-Speech.

Apéndice A



Bibliografía

Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., y Toutanova, K. (2018). Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)*, pages 4171–4186.

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., y Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In *Advances in neural information processing systems*, pages 5998–6008.