

MODELOS DE LENGUAJE NATURAL PARA ROBOTS SOCIALES

Javier Sevilla Salcedo, Sara Carrasco Martínez, J. C. Castillo, Á. Castro-González, Miguel A. Salichs
 RoboticsLab, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática,
 Universidad Carlos III de Madrid
 {jasevill, sacarras}@pa.uc3m.es
 {jocastil, acgonzal, salichs}@ing.uc3m.es

Resumen

Hoy en día, los robots se están abriendo paso en nuestras vidas en muchos campos. Uno de ellos es el social, en el que encontramos robots capaces de interactuar con las personas y realizar diferentes actividades. El habla de un robot social es un elemento central en la interacción humano-robot; para parecer natural y amigable, debe evitar los textos predefinidos repetitivos. Con esta premisa, junto con el importante crecimiento en el campo de los modelos de generación de lenguaje natural, este artículo explora las capacidades de los modelos de lenguaje natural para conducir a una interacción humano-robot más fluida y abrir un abanico de nuevas oportunidades y aplicaciones. Tras la implementación de las diferentes aplicaciones, se ha observado el potencial de la integración de la generación de lenguaje natural en el campo de la robótica.

Keywords: Generación de Lenguaje Natural, Robótica Social, Procesamiento de Lenguaje Natural, Interacción Humano-Robot, Deep Learning

1. INTRODUCCIÓN

La robótica social, centrada en la interacción humana, utiliza robots que se comunican a través de diversos canales, como interfaces visuales, gestos o el habla. En términos de interacción, estos recursos hacen que el usuario se sienta más cercano y amigable. Sin embargo, la robótica social en el sector de los servicios sigue en desarrollo, un robot social capaz de interactuar con los usuarios y realizar diversas actividades. Recientemente, la robótica social se está acercando a los hogares de muchas familias a través de la continua integración de nuevas funcionalidades para ampliar el foco de atracción de nuevos usuarios [22]. Además, con el foco puesto en las personas mayores, se están implementando metodologías para integrar las nuevas tecnologías en sus hogares de forma saludable y no intrusiva [6].

En esta línea, los robots sociales siguen adaptándose a los cambios del mundo y de

la sociedad. Centrándonos en las dificultades de los robots sociales para comunicarse con los usuarios, la interacción con el usuario debe presentar un lenguaje rico y flexible, para ello, los desarrollos deben orientarse hacia el lenguaje natural, evitando el texto predefinido [8]. Este trabajo de investigación se basa en esta filosofía; de ahí que la idea de trabajar con modelos de procesamiento del lenguaje natural (NLP, Natural Language Processing) surja del deseo de dotar a la robótica social de una nueva capa de participación del usuario y de una sensación de naturalidad. La forma en que el robot se expresa es crucial para una interacción fluida. La percepción que el usuario tiene del robot puede verse afectada por la capacidad de respuesta del lenguaje del robot, así como por la adecuación de sus gestos a la situación, dotando a los robots de una apariencia viva [20]. Para ello, se han utilizado modelos de lenguaje natural. Estos nos proporcionan un nuevo enfoque para la generación de textos no pre-establecidos. Además, gracias a los avances en NLP los modelos actuales permiten numerosas aplicaciones más allá de la generación de textos simples.

Junto con el crecimiento del sector y las capacidades de los modelos, crece simultáneamente el interés de las empresas e industrias por integrar esta tecnología en sus productos. De este modo, se han podido comprobar la madurez de los modelos actuales, los precios, las ventajas y los inconvenientes. Este trabajo se centra en la exploración, el uso y la adaptación de los modelos de generación de texto, poniéndolos a punto para modelar diversas aplicaciones y funcionalidades.

Con este mismo fin, numerosos trabajos están explorando las posibilidades del NLP en este campo. En 2016, Hammed presentó un trabajo que exploraba la idea de utilizar NLP como herramienta para que los robots sociales aprendieran de las personas a través de las interacciones [5]. El objetivo final era lograr la confianza y el confort entre el robot y el usuario, buscando una relación larga y estable. Para ello, durante las interacciones con el usuario, realizaban análisis de estancia y extraían información personal del usuario, incluyendo in-

tereses personales, para modelar el perfil de cada usuario y así adaptar y personalizar las actividades y conversaciones a la persona.

Para un robot social que quiera adaptar su comportamiento al usuario, una parte esencial es el conocimiento de los estados emocionales humanos. Graterol y otros propusieron un framework que permite a los robots detectar emociones mediante técnicas de NLP y recogerlas en un repositorio semántico basado en ontologías [4]. La idea principal es que el robot inicie la conversación en un tono neutro. A medida que la conversación se desarrolla, ajustará su tono en función de las emociones detectadas. Utilizan varios modelos basados en transformers junto con una red perceptrón multicapa para detectar las emociones. Estas emociones se almacenan en *EMONTO*, una ontología extensible que representa las emociones semánticamente.

Woo y otros propusieron un sistema de conversación para acompañantes robóticos [21]. El sistema estaba compuesto por dos módulos principales. El primero utilizaba la relación entre la forma en que el usuario pronuncia y expresa la frase con la percepción del robot para extraer información emocional inspirada en los humanos. El segundo era un módulo de construcción de frases basado en reglas predefinidas, gracias al cual el robot puede crear frases utilizando únicamente la frase del usuario como referencia. Por último, existe una base de datos de frases preescritas cuando el robot no puede entender al usuario o la respuesta es arcaica. De este modo, se puede mantener una conversación fluida y estable.



Figura 1: El robot Mini durante una interacción con una persona mayor [14].

Se pretende enmarcar este desarrollo en nuestro grupo de investigación, centrado en la investigación y desarrollo de robots sociales. La incorporación de los modelos de NLP en los robots sociales, como el robot *Mini* [14], mostrado en la figura 1, supone un avance sustancial en términos de HRI suave y natural.

El resto del trabajo tiene la siguiente estructura: la sección 2 introduce y explica el procesamiento del lenguaje natural, qué es, cómo funciona, y diversas aplicaciones. La siguiente sección, la sección 3, desarrolla el estado actual de los modelos de NLP de generación y procesamiento de textos. A continuación, en la sección 4 se presenta un ejemplo de integración en un robot social. Finalmente, las conclusiones generales del proyecto se presentan en la sección 5.

2. PROCESAMIENTO DE LENGUAJE NATURAL

La lengua es un elemento crucial para la comunicación en nuestro mundo; gracias a ella podemos interactuar, convivir y establecer vínculos y puentes entre personas y culturas. Al mismo tiempo, el lenguaje está vivo y cambia y se adapta constantemente a través de las generaciones y su uso [11]. Sin ir más lejos, el ser humano puede determinar el rango de edad de una persona por su forma de hablar. Podría decirse que la lingüística y el lenguaje contienen mucha más información de la que a primera vista puede parecer [1].

Dada su importancia, el estudio y tratamiento del lenguaje es uno de los retos más significativos para la robótica social, donde la interacción humano-robot es uno de sus pilares fundamentales. El procesamiento del lenguaje natural ha surgido como respuesta a esta necesidad [9]. Es un campo interdisciplinar que combina los conocimientos de la lingüística, la inteligencia artificial y la informática para que los ordenadores puedan entender y comprender el lenguaje humano [3].

Uno de los principales problemas que se han encontrado al trabajar con el lenguaje es el manejo de datos. Los algoritmos, las librerías y los modelos de aprendizaje automático están más que optimizados para trabajar con valores numéricos y vectores. Incluso los datos categóricos se codifican antes de ser procesados. Por eso, el campo del NLP necesita un proceso capaz de transformar el lenguaje, las palabras o los caracteres en valores numéricos para procesarlos de forma eficiente.

2.1. TOKENIZERS

La tokenización es uno de los componentes principales y obligatorios del tratamiento de los datos de texto [19]. Es un preprocesamiento del texto que transforma y adapta dicho texto en una forma que puede ser analizada por cualquier sistema de NLP [15]. El proceso divide el texto en unidades básicas llamadas *tokens*. Dentro de la tokenización, hay varios tipos, dependiendo de la definición de la unidad básica; hay tokenizaciones

de frases, de palabras con caracteres, o incluso de subpalabras [7]; las unidades básicas pueden ser diferentes dependiendo del tipo de tokenización, desde simples caracteres hasta palabras enteras. OpenAI, uno de los principales desarrolladores de modelos lingüísticos, define los tokens como ‘*secuencias comunes de caracteres encontradas en el texto*’.

2.2. WORD EMBEDDING

En 2013, Mikolov y otros, junto con Google, presentaron Word2Vec, una técnica en el campo del NLP que procesa la representación de tokens y la adapta a un nuevo espacio vectorial para representar la semántica de las palabras [10]. Este proceso reduce la alta dimensionalidad de los vectores iniciales de manera que el modelo de destino trabaja con un volumen de datos significativamente menor, lo que optimiza el proceso.

De este modo, las palabras que pertenecen a un mismo campo semántico aparecen agrupadas en este nuevo espacio vectorial. Éste recoge el contexto del conocimiento semántico de las palabras [16]. Este paso es crucial, ya que proporciona al modelo lingüístico no sólo los tokens del texto, sino también la información semántica intrínseca a su representación.

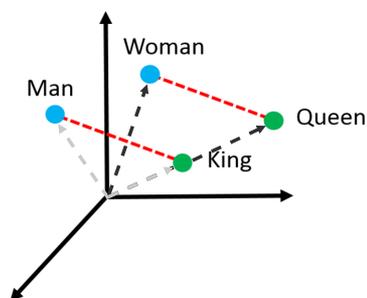


Figura 2: El clásico rey + mujer - hombre = reina ejemplo de incrustación neural de palabras [16].

Este nuevo espacio vectorial propone conceptos interesantes como las operaciones vectoriales con palabras. La operación más famosa es

$$Rey - Hombre + Mujer = Reina \quad (1)$$

Esta fórmula representa cómo el vector resultante sería “reina” si sumamos rey a “mujer” y restamos “hombre”. En este caso, el vector de diferencia entre hombre y mujer captura la relación de género, como se muestra en la figura 2.

3. MODELOS DE LENGUAJE EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Cuando se habla de modelos lingüísticos en inteligencia artificial, se hace referencia a los marcos de redes neuronales que implementan el procesamiento y la generación de textos, entre otras aplicaciones. Hoy sabemos que existen modelos capaces de escribir libros, codificar o seguir conversaciones con fluidez. Sin embargo, para llegar a los grandes modelos actuales, la investigación en NLP ha pasado por muchos avances intermedios necesarios que forman parte de las mega redes neuronales que se utilizan en la actualidad.

Una de las primeras aplicaciones de los modelos de Inteligencia Artificial al lenguaje fue la traducción de textos, el resumen y el subtítulo de imágenes. Para estas aplicaciones los modelos secuencia a secuencia (seq2seq) alcanzaron un alto rendimiento [17]. Estos modelos, basados en aprendizaje profundo, pueden recibir una secuencia de elementos, ya sean palabras, letras, características, etc. y el modelo devuelve otra secuencia de elementos.

3.1. TRANSFORMERS

Un transformer es un modelo de aprendizaje profundo basado en el mecanismo de autoatención. La autoatención evalúa los datos de entrada ponderando diferencialmente la importancia de cada parte de los datos de entrada. Aunque el mecanismo de atención se introdujo con redes neuronales recurrentes (RNN, Recurrent Neural Networks), los transformers se inspiran en el uso del mecanismo de atención de manera única, destacando el hecho de que los mecanismos de autoatención por sí solos pueden igualar el rendimiento de las RNN con atención [18].

El modelo presenta una arquitectura codificador-decodificador. Basándose en el mecanismo de autoatención, cada capa de codificación genera codificaciones que contienen información sobre las partes de las entradas relevantes para cada una de ellas. Por otro lado, las capas decodificadoras decodifican las codificaciones generadas, utilizando las codificaciones y tomando la información contextual codificada para construir una secuencia de salida [17].

A nivel de modelo de lenguaje, han aparecido y siguen apareciendo cada vez más redes con transformers. Por ejemplo, en modelos como GPT-3, la estructura del modelo está compuesta únicamente por bloques decodificadores de transformers para conseguirlo. También sus desarrolladores han añadido modularidad, ya que modificando

el número de bloques decodificadores del modelo se pueden obtener directamente modelos más ligeros para tareas menos exigentes.

3.2. MODELOS ACTUALES

Con el lanzamiento de los transformers, el campo del NLP basado en Deep Learning experimentó un gran avance. En junio de 2018, OpenAI presentó su modelo de preentrenamiento generativo (GPT) de 110 millones de hiperparámetros [12]. Sin embargo, sus desarrollos propusieron el entrenamiento de un modelo de lenguaje generativo basado en transformers de forma no supervisada para, una vez entrenado, realizar un ajuste fino supervisado en tareas específicas. El modelo resultó tener un mejor rendimiento que los modelos entrenados específicamente para una tarea determinada. Uno de los logros fue su rendimiento con zero-shot learning en algunas tareas, es decir, tareas nuevas para las cuales no había sido entrenado de manera específica.

En 2018, Google presentó uno de los primeros modelos basados en transformers, Bidirectional Encoder Representations from transformers (BERT), con un tamaño en su versión más grande de 340 millones de hiperparámetros. Basado únicamente en bloques codificadores de transformers, el diseño del modelo se centró en el aprendizaje por transferencia, preentrenando un modelo para una tarea conocida, para posteriormente, mediante un ajuste fino, especializarlo para cualquier otra tarea. Gracias a esta técnica, el modelo era capaz de adaptarse a diferentes tareas a medida que se afinaba.

A principios de 2020, Google presenta T5 como un nuevo enfoque de su modelo BERT [13]. En este caso, T5 persigue una nueva filosofía en comparación con su predecesor, utilizando el mismo modelo para todas las tareas de NLP. La intención es que la secuencia de entrada se modele de forma que el modelo entienda la tarea a partir de ella, sin necesidad de afinarla. El modelo tiene una gran dimensión (11 billones de hiperparámetros), sin embargo, resultó ser sorprendentemente bueno en su rendimiento. A mediados de 2020, OpenAI presentó una nueva iteración de sus modelos generativos, GPT-3 [2]. En este caso, se presentó un modelo sólido y potente que no necesitaba un ajuste fino y con unas pocas demostraciones fuese capaz de resolver tareas complejas con buen rendimiento. El modelo resultó ser un referente en el modelado del lenguaje desde su lanzamiento, y fue uno de los primeros modelos en demostrar un buen rendimiento en tareas nuevas sin entrenamiento específico.

4. INTEGRACIÓN DE UN MODELO DE LENGUAJE EN UN ROBOT SOCIAL

Un robot social puede ser una gran fuente de entretenimiento y compromiso para el usuario. Además, los modelos de lenguaje natural nos ofrecen altas dosis de creatividad sin perder frescura y naturalidad. Con esto en mente,



Figura 3: El Robot Social Mini.

Con el fin de integrar un modelo de lenguaje en un robot decidimos desarrollar una funcionalidad de cuentacuentos interactiva, basada en GPT-3, capaz de generar una historia sobre cualquier idea que el usuario proporcione. La implementación se ha realizado para el robot social Mini, mostrado en la figura. Mini tiene como objetivo acompañar y ayudar a las personas mayores en su vida diaria [14]. El robot viene equipado con varias habilidades y actividades; puede expresar emociones, recordar fechas importantes, asistencia personal, jugar a juegos interactivos o incluso ayudar a las personas mayores y a los cuidadores en tareas cognitivas y mentales.

Los listados 1 y 2 muestran ejemplos de historias generadas por el modelo. Como se puede ver en los listados, las historias muestran cohesión léxica, co-referencialidad, con respecto a los personajes presentes en la historia. Además, la historia se ajusta al tema indicado en el prompt de entrada. Entre las numerosas pruebas realizadas, se ha decidido mostrar estos ejemplos para recoger los diferentes casos que pueden darse. Por ejemplo, en la historia mostrada en el listado 1, se presenta un tema simple y sencillo, *cachorros*. El modelo genera una historia con aires de fábula infantil, donde en to-

```

1 model: GPT-3 Davinci-instruct
2
3 input_Prompt: Tell a story about puppies
4
5 model_Output: Once upon a time, there were three puppies.
  They were the cutest little puppies you had ever
  seen. They were always playing together and having
  fun. One day, they were playing in the backyard and
  they found a big hole. They all wanted to see what
  was inside, so they all climbed in. The hole was
  really deep and they all fell all the way to the
  bottom. They were scared and didn't know what to do
  . They started to cry. Suddenly, they heard a voice
  . It was a kind voice and it said, "Don't worry, I'
  m here to help you." The voice belonged to a big,
  friendly dog. He helped the puppies out of the hole
  and took them back home. They were so happy to be
  safe and sound. They never played in that hole
  again.

```

Listing 1: Ejemplo de una historia sobre cachorros generado por el modelo sintonizado.

```

1 model: GPT-3 Davinci-instruct
2
3 input_Prompt: Tell a story about a happy dog on roller
  skates
4
5 model_Output: One day a dog was walking his skateboard
  around the neighbourhood, when he saw a sign for a
  roller derby. The dog was so excited, he had never
  been to a roller derby before. The dog showed up
  and there was a sign-up sheet for the upcoming
  derby. The dog filled out the form and signed his
  name. When he turned around, he saw a lot of other
  dogs that were going to be competing. One of the
  dogs was a pug that was wearing a hot pink skirt
  and had a pink skateboard. The pug walked up to the
  dog and said "oh I see you're a newbie." The pug
  then taught the dog how to skate well enough to
  compete in the derby.

```

Listing 2: Ejemplo de una historia sobre un perro feliz en patines generada por el modelo sintonizado.

do momento hay coherencia y la historia avanza junto a sus personajes. Con el ejemplo del Listado 2, pretendemos mostrar un caso en el que se presenta un tema inverosímil e irreal (los perros no llevan patines), pero podemos ver cómo el modelo capta la esencia intencionada del tema y genera una historia que es al mismo tiempo coherente y entretenida.

Con el modelo correctamente sintonizado y ajustado para la tarea, con el uso de llamadas API se integró el modelo en la arquitectura del robot tal y como se muestra en el diagrama de la figura 5. Haciendo uso de módulos de reconocimiento de voz automático (ASR) y texto emocional a voz (ETTS), ambos mostrados en la figura, podemos integrar la interacción con el usuario en la experiencia. De esta manera, se consigue integrar de manera interactiva la respuesta del usuario en la aplicación. En la figura 4 se muestra un diagrama de ejemplo donde se observa la interacción del robot con el usuario. El siguiente video ofrece una

demostración de la habilidad donde se puede ver la completa integración de la actividad.

<https://youtu.be/I24vgEa70qo>

5. CONCLUSIONES

Después de estudiar distintos modelos de lenguaje, se ha puesto de manifiesto la contribución que han supuesto para el campo del NLP, y de forma aplicada, para el futuro de la robótica. En cuanto a la integración de los modelos de lenguaje natural en la robótica, su ámbito de aplicación es amplio y novedoso.

Hasta ahora, los robots utilizaban bases de datos y lenguaje previamente escrito a mano, mientras que en este proyecto, gracias a la integración de modelos de lenguaje generativo, el robot puede generar su diálogo. En términos de interacción humano-robot, esta notable mejora acerca la robótica social a una interacción fluida y natural entre robots y humanos. No obstante, aún quedan algunos retos por superar en la integración total en dispositivos robóticos, como por ejemplo, las limitaciones de hardware para correr modelos de grandes dimensiones, entre otros.

Agradecimientos

La investigación que ha conducido a estos resultados ha recibido financiación de los proyectos: Robots Sociales para Estimulación Física, Cognitiva y Afectiva de Mayores (ROSES), RTI2018-096338-B-I00, financiado por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades; Robots sociales para mitigar la soledad y el aislamiento en mayores (SOROLI), PID2021-123941OA-I00, financiado por Agencia Estatal de Investigación (AEI), Ministerio de Ciencia e Innovación. RoboCity2030-DIH-CM, Madrid Robotics Digital Innovation Hub, S2018/NMT-4331, financiado por "Programas de Actividades I+D en la Comunidad de Madrid" cofinanciado por los Fondos Sociales Europeos (FSE) de la UE. R&D&I project PLEC2021-007819 financiado por MCI-N/AEI/10.13039/501100011033 y por European Union NextGenerationEU/PRTR.

English summary

Natural Language Models for Social Robots

Abstract

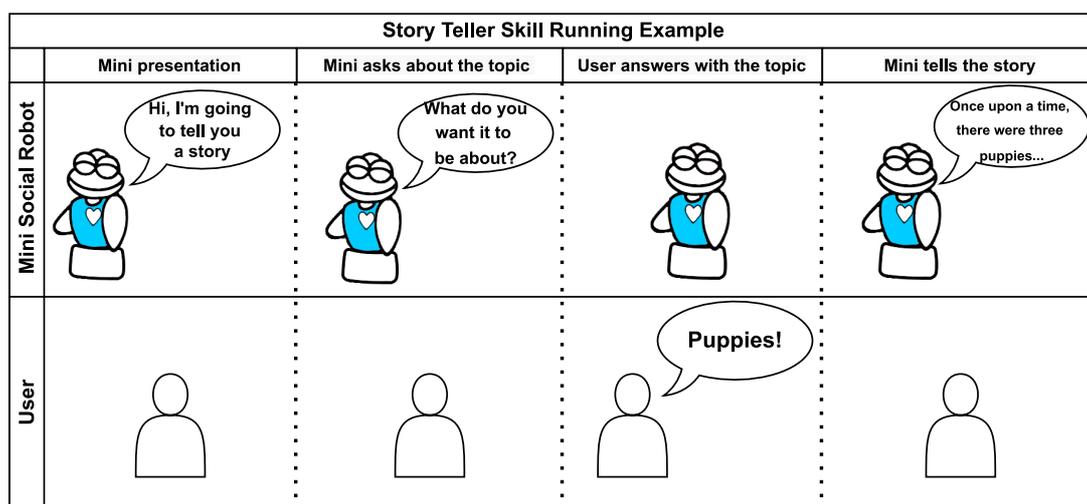


Figura 4: Diagrama de ejemplo de la actividad.

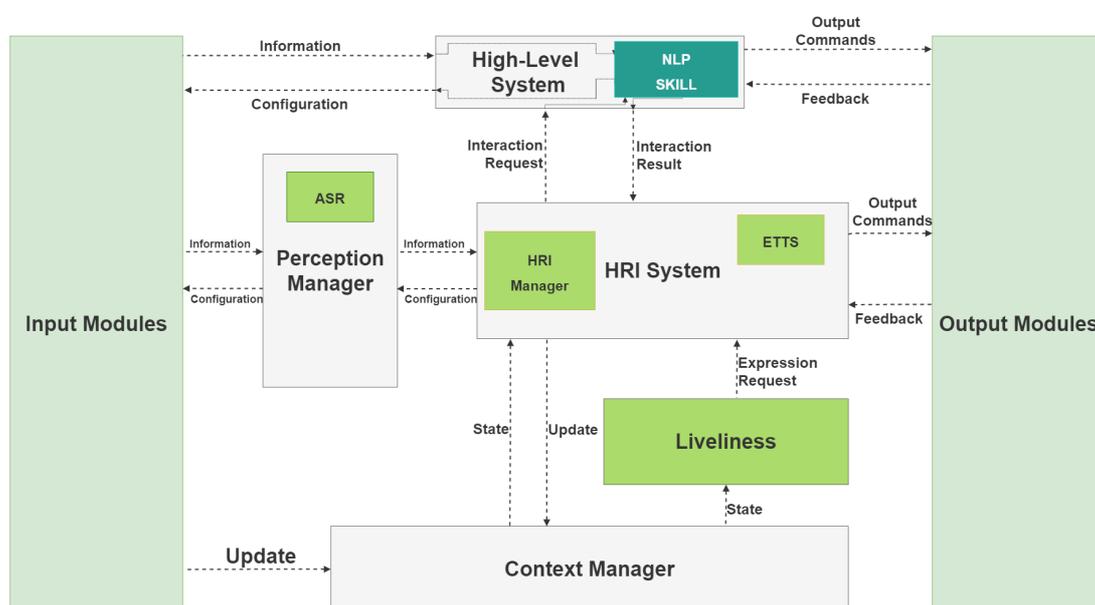


Figura 5: Diagrama de la integración de la actividad en la arquitectura del robot.

Nowadays, robots are making their way into our lives in many fields. One of them is social, where we find robots capable of interacting with people and performing different activities. The speech of a social robot is a central element in human-robot interaction; to sound natural and friendly, it must avoid repetitive predefined texts. With this premise, together with the significant growth in the field of natural language generation models, this paper explores the capabilities of natural language models to lead to a more fluent human-robot interaction and open up a range of new opportuni-

ties and applications. Following the implementation of different applications, the potential of integrating natural language generation in the field of robotics has been observed.

Keywords: Natural Language Generation, Social Robots, Natural Language Processing, Human-Robot Interaction, Deep Learning.

Referencias

[1] A. Akmajian, A. K. Farmer, L. Bickmore, R. A. Demers y R. M. Harnish,

- Linguistics, seventh edition: An Introduction to Language and Communication*, en. MIT Press, jun. de 2017, Google-Books-ID: VF4nDwAAQBAJ.
- [2] T. B. Brown, B. Mann, N. Ryder, M. Subbiah y et al., «Language Models are Few-Shot Learners,» jul. de 2020.
- [3] K. R. Chowdhary, «Natural Language Processing,» en, en *Fundamentals of Artificial Intelligence*, K. Chowdhary, ed., New Delhi: Springer India, 2020, págs. 603-649.
- [4] W. Graterol, J. Diaz-Amado, Y. Cardinale, I. Dongo, E. Lopes-Silva y C. Santos-Libarino, «Emotion Detection for Social Robots Based on NLP Transformers and an Emotion Ontology,» en, ene. de 2021.
- [5] I. A. Hameed, «Using natural language processing (NLP) for designing socially intelligent robots,» en *2016 Joint IEEE International Conference on Development and Learning and Epigenetic Robotics (ICDL-EpiRob)*, sep. de 2016.
- [6] A. P. Henkel, M. Čaić, M. Blaurock y M. Okan, «Robotic transformative service research: deploying social robots for consumer well-being during COVID-19 and beyond,» *Journal of Service Management*, vol. 31, n.º 6, págs. 1131-1148, ene. de 2020, Publisher: Emerald Publishing Limited.
- [7] W. Khan, A. Daud, J. A. Nasir y T. Amjad, «A survey on the state-of-the-art machine learning models in the context of NLP,» en, *Kuwait Journal of Science*, vol. 43, n.º 4, nov. de 2016, Number: 4.
- [8] V. Klingspor, J. Demiris y M. Kaiser, «Human-Robot-Communication and Machine Learning,» en, pág. 41,
- [9] E. Kumar, *Natural Language Processing*, en. I. K. International Pvt Ltd, oct. de 2011, Google-Books-ID: FpUBFNfuKWgC.
- [10] T. Mikolov, I. Sutskever, K. Chen, G. S. Corrado y J. Dean, «Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality,» en *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 26, Curran Associates, Inc., 2013.
- [11] R. E. Owens, *Language development: an introduction*, en, Tenth edition. Hoboken, New Jersey: Pearson Education, Inc, 2019.
- [12] A. Radford, K. Narasimhan, T. Salimans e I. Sutskever, «Improving Language Understanding by Generative Pre-Training,» en, pág. 12,
- [13] C. Raffel, N. Shazeer, A. Roberts y col., «Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer,» *arXiv:1910.10683 [cs, stat]*, jul. de 2020, arXiv: 1910.10683.
- [14] M. A. Salichs, A. Castro, E. Salichs y col., «Mini: A New Social Robot for the Elderly,» en, *International Journal of Social Robotics*, vol. 12, n.º 6, págs. 1231-1249, dic. de 2020.
- [15] Y. A. Solangi, Z. A. Solangi, S. Aarain, A. Abro, G. A. Mallah y A. Shah, «Review on Natural Language Processing (NLP) and Its Toolkits for Opinion Mining and Sentiment Analysis,» en *2018 IEEE 5th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)*, nov. de 2018, págs. 1-4.
- [16] P. Sutor, Y. Aloimonos, C. Fermüller y D. Summers Stay, *Metaconcepts: Isolating Context in Word Embeddings*. mar. de 2019, Pages: 549.
- [17] I. Sutskever, O. Vinyals y Q. V. Le, «Sequence to Sequence Learning with Neural Networks,» en *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 27, Curran Associates, Inc., 2014.
- [18] A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar y col., «Attention Is All You Need,» dic. de 2017.
- [19] J. J. Webster y C. Kit, «Tokenization as the Initial Phase in NLP,» en *COLING 1992 Volume 4: The 14th International Conference on Computational Linguistics, 1992*.
- [20] T. Williams, P. Briggs y M. Scheutz, «Covert robot-robot communication: human perceptions and implications for human-robot interaction,» *Journal of Human-Robot Interaction*, vol. 4, n.º 2, págs. 24-49, sep. de 2015.
- [21] J. Woo, J. Botzheim y N. Kubota, «Conversation system for natural communication with robot partner,» en *2014 10th France-Japan/ 8th Europe-Asia Congress on Mechatronics (MECATRONICS2014- Tokyo)*, nov. de 2014.
- [22] M. Čaić, D. Mahr y G. Oderkerken-Schröder, «Value of social robots in services: social cognition perspective,» *Journal of Services Marketing*, vol. 33, n.º 4, págs. 463-478, ene. de 2019, Publisher: Emerald Publishing Limited.



© 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>).