Neural Network를 이용한 4족 로봇의 보행 제어

**보행로봇과 같은 다관절 로봇을 구현하기 위해서는 복잡한 구동부를 제어하는 기술이 필요하다. 구동부가 복잡해질수록 그를 제어하는 알고리즘도 복잡해지므로 기존에 사용하던 고전적인 제어기술로는 제약이 있다. 로봇의 보행제어에 Deep learning을 이용하면 로봇의 상태에 따른 즉각적인 반응이 가능하며, 필요한 자세나 운동에 따른 부차적인 구동 알고리즘을 개발하지 않아도 되기에 개발비용을 낮출 수 있다. 그래서 본 연구에서는 로봇의 자세와 운동을 각 관절의 제어변수에 대해 학습시켜, 이를 통해 로봇을 제어하고자 했다. Tensorflow에서 일반적인 다관절 로봇의 물리엔진을 구현하고 학습알고리즘을 만들었으며, 시뮬레이션 결과 학습이 잘 이루어짐을 확인하였다.**

# **1. 서론**

일반적인 보행 로봇의 경우 구동부의 개수가 관절의 개수만큼 있을뿐더러, 극도로 복잡한 동작 수행을 요하기 때문에 제어가 매우 어렵다.

보행로봇이 걷는 최적의 형태를 찾기 위해서는 모든 관절, 다리 등을 고려한 복잡한 형태의 운동 방정식을 풀어야 한다. 하지만 사람이 이 일을 해내는 것은 매우 어려우며, 특히 원하는 목적지를 계속해서 바꾸어 이동하는 것은 불가능에 가깝다.

따라서 로봇의 보행 제어에 관한 여러 알고리즘적 접근이 있었는데, 현재까지는 유전 알고리즘[1]을 이용하여 최적의 형태를 추출하거나[2], Deep Q-learning과 같은 강화학습[3]을 사용하는 방법이 있었다.

한편 최근 이미지 인식, 음성 인식 등 복잡한 optimizing problem에서 NN(Neural Network)을 이용한 지도 학습법이 큰 성공을 거두고 있음[4]에 주목하여, 4족 보행 로봇에 있어 최적인 보행 패턴을 NN을 이용하여 찾고자 하였다.

# **2. 작성 양식**

초록 및 논문의 양식은 A4용지(21cm×29.7cm)를 사용하며, 용지 여백은 위 3cm, 아래 2.5cm, 왼쪽 1.5cm, 오른쪽 1.5cm, 머리글 2cm, 바닥글 1cm로 한다. 머리글과 바닥글의 경우, "짝수 페이지와 홀수 페이지가 다르게", "첫 페이지가 다르게"로 지정한다.

머리글에는 "24th HumanTech Paper Award"를 표기하되, 첫 페이지에는 12pt(굵게), 이후 페이지에는 9pt로 하되 짝수 페이지는 왼쪽 정렬, 홀수 페이지는 오른쪽 정렬로 한다. (첫 페이지는 왼쪽 정렬) 바닥글에는 페이지 번호를 표시하되, 짝수 페이지는 왼쪽, 홀수 페이지는 오른쪽에 표시한다.

논문은 12장 이내로 작성을 권장한다. 초록 및 논문의 제목은 2줄을 넘지 않게 하고, Abstract는 15줄을 넘지 않게 한다.

초록 및 논문은 영문 또는 국문으로 작성하여야 한다. 영문 서체는 Times New Roman**,** 국문 서체는 바탕체로, 줄간격 1.0으로 하며, 제목과 Abstract는 왼쪽 정렬, 본문 내용은 양쪽 정렬로 한다. 글씨 크기는 제목 20pt(굵게), Abstract 10pt(굵게), 본문의 제목은 11pt(굵게), 내용은 10pt, 그림 및 도표 9pt(굵게), 참고문헌은 9pt로 한다.

\* 영문과 국문 양식 중에 하나를 선택하여 작성

심사의 공정성을 위해 초록과 논문에는 절대로 저자의 이름, 전공, 학교명, 학교 로고 혹은 지도교사/교수 이름을 기재할 수 없다.

본문은 다단 편집(단수 2단, 단 간격 0.5cm)으로 하며, 본문 내의 제목, 표, 그림, 수식은 위, 아래로 각 각 한 줄을 띄어 구분한다.

본문 내용의 목차 표시는 다음과 같이 작성한다. 장: 1. , 2. , 3. ~, 절: 1.1. , 2.1. ~.

모든 단위는 SI 단위 사용을 원칙으로 한다. 약어가 처음 나타나는 경우는 문자를 생략하지 않고 전부 써주어야 하고 만약 비표준 약어를 사용하는 경우에는 명확하게 정의되어야 한다.

# **3. 도움말**

3.1. 그림과 표

큰 그림과 표는 두 개의 단에 이어진다. 그림 설명은 그림 아래에, 표 제목은 표 위에 작성한다. 2개이상의 그림이 함께 있다면, "(a)" 와 "(b)"로 표시하여 구분한다. 논문 내용에서 언급된 그림과 표가 실제로 존재하는지 확인한다.

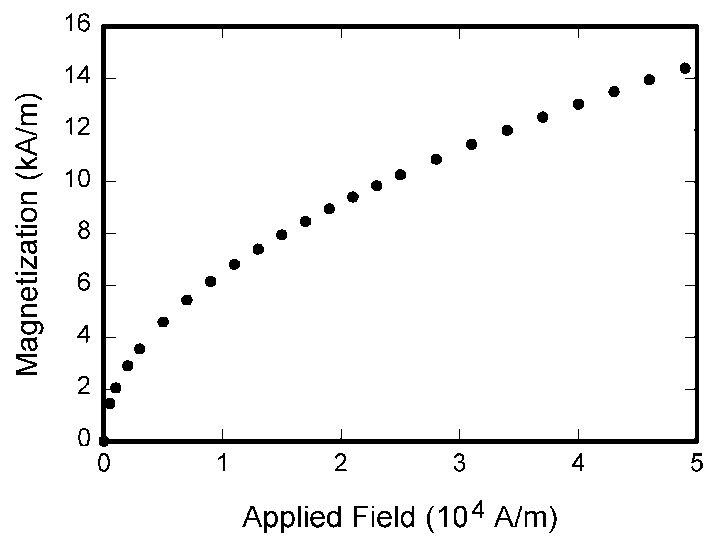
그림은 "Fig."로 표는 "Table"로 표기하고 아라비아 숫자로 번호를 매긴다.

그림의 축 레이블은 혼동되기 쉬워 심볼 대신 단어로 표기한다. 예를 들어, 단순히 "M."으로 작성하지 않고, "Magnetization," 또는 "Magnetization, M,"으로 작성하고 괄호 안에 단위를 적는다. 축 레이블에 단위만 작성하지 않는다. 예로 Fig. 1을 보면, "A/m."으로만 작성하지 않고, "Magnetization (A/m)" 또는 "Magnetization (A m ),"으로 작성한다. 축 레이블을 "Temperature (K),"와 같이 작성하고, "Temperature/K."와 같은 단위와 수량의 비율로 작성하지 않는다.

**Table 1. Units for Magnetic Properties**

(Gaussian units are the same as cgs emu for magnetostatics; Mx = maxwell, G = gauss, Oe = oersted; Wb = weber, V = volt, s = second, T = tesla, m = meter, A = ampere, J = joule, kg = kilogram, H = henry.)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Symbol | Quantity | Conversion from Gaussian and cgs emu to SI |
| Φ | magnetic flux | 1 Mx → 10−8 Wb = 10−8 V·s |
| *B* | magnetic flux density,  magnetic induction | 1 G → 10−4 T = 10−4 Wb/m2 |
| *H* | magnetic field strength | 1 Oe → 103/(4π) A/m |
| *m* | magnetic moment | 1 erg/G = 1 emu → 10−3 A·m2 = 10−3 J/T |
| M | magnetization | 1 erg/(G·cm3) = 1 emu/cm3 → 103 A/m |
| 4πM | magnetization | 1 G → 103/(4π) A/m |
| σ | mass magnetization,  specific magnetization | 1 erg/(G·g) = 1 emu/g → 1 A·m2/kg |
| *j* | magnetic dipole moment | 1 erg/G = 1 emu → 4π × 10−10 Wb·m |
| *J* | magnetic polarization | erg/(G·cm3) = 1 emu/cm3 → 4π × 10−4 T |
| χ, κ | susceptibility | 1 → 4π |
| χρ | mass susceptibility | 1 cm3/g → 4π × 10−3 m3/kg |
| μ | permeability | 1 → 4π × 10−7 H/m = 4π × 10−7 Wb/(A·m) |
| μr | relative permeability | μ → μr |
| *w, W* | energy density | 1 erg/cm3 → 10−1 J/m3 |
| *N, D* | demagnetizing factor | 1 → 1/(4π) |



**Fig. 1. Magnetization as a function of applied field.** Note that "Fig." is abbreviated. There is a period after the figure number. It is good practice to explain the significance of the figure in the caption.

## 3.2. 참고문헌

번호는 대괄호 안에 연속하여 작성한다 [1]. 마침표는 대괄호 뒤에 붙는다 [2]. 인용이 여러개인 경우 [2], [3] 또는 [1-3]로 작성한다. 책의 부분을 인용하면 관련 페이지 번호를 적는다 [2]. 문장에서 참조를 언급할 때 [3]으로 표기하고, "Ref. [3]" 또는 "reference [3]"으로 작성하지 않는다. 단, 문장 처음인 경우는 "참고 [3]은 ... ."로 표현한다.

참고문헌은 다음과 같은 방법으로 작성한다. 저자명은 성을 먼저 쓰고 콤마로 구분한 뒤 이름의 이니셜을 표기한다. Article의 Title은 Full Title을 정확하게 표기하며, 첫자는 대문자로 쓴다. Journal 및 단행본의 제목은 이탤릭체로 표기하며, 모든 단어의 첫자는 대문자로 쓴다. Journal Title의 경우, 일반적인 용례에 따라 약어로 표기할 수 있다. Vol.은 굵게(Bold)하며, 단행본의 경우 출판사명과 출판지(지역명)를 표기한다. web-only journal의 경우, 위에서 제시한 기본 정보와 함께 전체 URL 혹은 DOI를 표기한다. website의 경우, author, 인용 페이지의 title, URL 및 posting 연도를 표기한다. 발행연도(posting 연도)는 괄호 안에 표기한다.

## 3.3. 약어와 頭문자어

논문에서 약어와 頭문자어가 처음 나올 때는 그 정의를 표기한다.

홈페이지상의 작성 가이드 참조

## 3.4. 수식

수식은 (1)와 같이 괄호 안에 번호를 순차적으로 적어 수식 오른쪽에 작성한다. 수식은 수식편집기를 사용하여 작성한다.

 (1)

문장에서 수식을 언급할 때 (3)으로 표기하고, "Eq. (1)" 또는 "equation (1),"로 작성하지 않는다. 단, 문장 처음인 경우는 "수식 (3)은 ... ."로 표현한다.

## 3.5. 그 외 권고사항

마침표와 콜론(:) 뒤에 한 칸을 띄어쓰기 한다. 소수점 앞에는 "0"을 사용: "0.25." 샘플의 크기는 "0.1cm×0.2cm"로 표기한다. 시간 단위 "초"의 약어는"sec"가 아닌 "s"이다. 단위를 표현할 때 약어와 단어를 모두 표기하는 것을 혼용하지 않는다. 예를 들어, "Wb/m" 또는 "webers per square meter"으로 표기하고 "webers/m"와 같이 표기하지 않는다. 수의 범위를 표현할 때는 "7~9"가 아닌 "7 에서 9" 또는 "7-9"으로 표기한다.

문장이 닫힌 괄호로 끝나면 마침표는 괄호 밖에 위치한다 (이것처럼). (괄호 안에서 문장이 끝나면 괄호 안에 마침표가 위치한다.)

# **4. 결론**

초록 및 논문의 전체 구성은 다음과 같다. ①제목 ②Abstract ③본문 ④참고문헌

# **참고문헌**

[1] True, H. L. & Lindquist, S. L. A yeast prion provides a mechanism for genetic variation and phenotypic diversity. *Nature* **407**, 477–483 (2000)

[2] Schluter, D. *The Ecology of Adaptive Radiation* (Oxford Univ. Press, 2000)

[3] Plazzo, A. P. et al. Bioinformatic and mutational analysis of channelrhodopsin-2 cation conducting pathway. *J. Biol. Chem.* http://dx.doi.org/10.1074/jbc.M111.326207 (2011)

※ 참고문헌 예시

[단행본의 경우]

- 저자명, 책명, 출판사, 출판연도, 인용페이지

ex) 김익수, 원색 한국 어류도감, 아카데미, 1993, pp.33-65

[논문지의 경우]

- 저자명, "논문제목", 논문지명, 권호, 페이지, 출판연월

ex) 이은웅, 김일중,"2상 8극형 HB형 리니어 펄스모터의 자속 분포와 정특성 해석", 대한전기학회 논문지, 제42권 9호, pp.9-18, 1993.9.

ex) 정연택 외 4인, "3상 전압형 PMW 컨버터의 특성개선에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집(B), pp.830-832, 1993.7

Title

**(Abstract) High school students and university students (Undergraduate & Graduate) having Korean nationality**

**and foreign students attending universities in Korea are eligible to submit papers to the HumanTech Paper Award. Visiting scholar and Part-time students are excluded. Paper should NOT be published any journal including online prior to the submission of full paper. Purpose of the HumanTech Paper Award is to encourage Korean students to do research in science and technology. For the fairness of the review, Name, major, the school/university name, the school/university logo, and teacher/professors name of author should NOT be included in the abstract and paper. In addition, Prize money will be paid to the first author. Prize money and taxes (SEC charges) are charged to the income of the first author. Applicants (Authors) can submit their abstracts and papers only via the website of HumanTech Paper Award. And the papers should be submitted within the period of submission.** **Applicants (Authors) should write their abstracts and papers using an official template from the homepage. This is a template of Full Paper for HumanTech Paper Award. The recommended volume is 4 to 12 pages with 2-column format. You are also requested to use Times New Roman Font and 10 point sized.**

# **1. INTRODUCTION**

HumanTech Paper Award was established in 1994 with the purpose of encouraging Korean students to do research in science and technology. High school students and university students (Undergraduate & Graduate) having Korean nationality and foreign student attending universities in Korea are eligible to submit papers to the HumanTech Paper Award. Paper should not be published any journal including online prior to full paper submission. HumanTech Paper Award has three stages of evaluation to select the awardees. The first stage will be done with an extended abstract, the second, with a full paper and the third, with an oral presentation. The submitted abstracts will be screened and the writers of the selected will be required to submit a full paper. Reviewers will be experts in each field. The objectives, scope, results, importance, and originality of the study should be described in the submitted abstracts.

# **2. WRITING STYLE**

Abstracts and Papers should be written in A4 sized paper(21cm×29.7cm) with margins of 3cm on the top, 2.5cm on the bottom, 1.5cm on the left and right, 2cm on the header, and 1cm on the footer.

“24th HumanTech Paper Award” should be written in the header. The header of first page is 12pt (bold), others are 9pt. The headers of even number pages should be left-justified, and those of odd number pages should be right-justified. Page numbers should be written in the footer. The footer of even number pages should be left-justified, and those of odd number pages should be right-justified.

The recommended volume is 4 to 12 pages with 2-column format. Titles do not exceed two lines and abstracts do not exceed 15 lines.

Papers should be written in English or Korean. Papers should be written in Times New Roman font for English, '바탕체' for Korean with the font size of 20pt in bold for the title, 10pt in bold for abstracts, 11pt in bold for the titles within text, 10pt for the text, 9pt in bold for the titles of figures and tables and 9pt for the references.

For the fairness of the review, Name, major, the school/university name, the school/university logo, and teacher/professors name of author should NOT be included in the abstract and paper.

The main text page should be divided into two columns vertically with the margin of 0.5cm between the two columns. If you insert titles, tables, graphs, or formulas in the main text, please insert one blank line before and after them.

The numbering of contents in the main text should use the following format: chapters are 1. , 2. , 3. et al., and paragraphs are 1.1. , 2.1. et al.

Only SI units should be used and abbreviations should be spelled out when they appear first in the text. If a non-standard abbreviation is used first, it should be clearly defined.

# **3. HELPFUL HINTS**

3.1. Figures and Tables

Large figures and tables may span both columns. Place figure captions below the figures; place table titles above the tables. If your figure has two parts, for example, include the labels "(a)" and "(b)" as part of the artwork. Please verify that figures and tables that you mention in the text actually exist.

Use the abbreviation "Fig." even at the beginning of a sentence. Do not abbreviate "Table." Tables are numbered with Roman numerals.

Figure axis labels are often a source of confusion. Use words rather than symbols. As an example, write the quantity "Magnetization," or "Magnetization, M," not just "M." Put units in parentheses. Do not label axes only with units. As in Fig. 1, for example, write "Magnetization (A/m)" or "Magnetization (A m )," not just "A/m." Do not label axes with a ratio of quantities and units. For example, write "Temperature (K)," not "Temperature/K.".

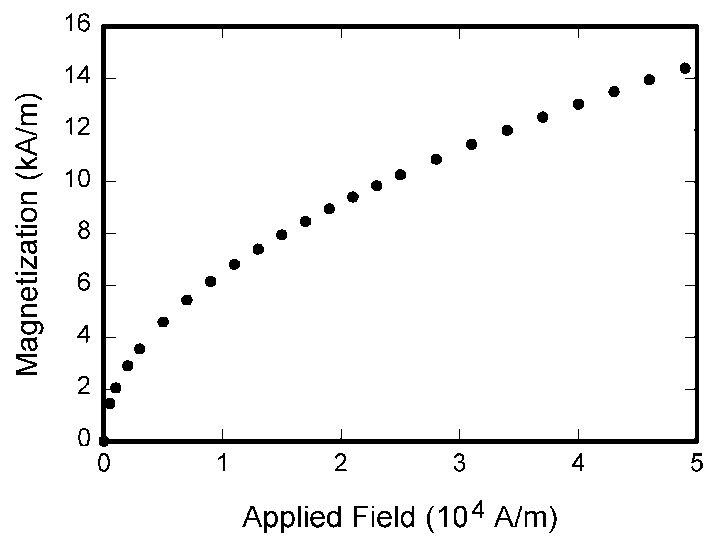
**Table 1. Units for Magnetic Properties**

(Gaussian units are the same as cgs emu for magnetostatics; Mx = maxwell, G = gauss, Oe = oersted; Wb = weber, V = volt, s = second, T = tesla, m = meter, A = ampere, J = joule, kg = kilogram, H = henry.)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Symbol | Quantity | Conversion from Gaussian and cgs emu to SI |
| Φ | magnetic flux | 1 Mx → 10−8 Wb = 10−8 V·s |
| *B* | magnetic flux density,  magnetic induction | 1 G → 10−4 T = 10−4 Wb/m2 |
| *H* | magnetic field strength | 1 Oe → 103/(4π) A/m |
| *m* | magnetic moment | 1 erg/G = 1 emu → 10−3 A·m2 = 10−3 J/T |
| M | magnetization | 1 erg/(G·cm3) = 1 emu/cm3 → 103 A/m |
| 4πM | magnetization | 1 G → 103/(4π) A/m |
| σ | mass magnetization,  specific magnetization | 1 erg/(G·g) = 1 emu/g → 1 A·m2/kg |
| *j* | magnetic dipole moment | 1 erg/G = 1 emu → 4π × 10−10 Wb·m |
| *J* | magnetic polarization | erg/(G·cm3) = 1 emu/cm3 → 4π × 10−4 T |
| χ, κ | susceptibility | 1 → 4π |
| χρ | mass susceptibility | 1 cm3/g → 4π × 10−3 m3/kg |
| μ | permeability | 1 → 4π × 10−7 H/m = 4π × 10−7 Wb/(A·m) |
| μr | relative permeability | μ → μr |
| *w, W* | energy density | 1 erg/cm3 → 10−1 J/m3 |
| *N, D* | demagnetizing factor | 1 → 1/(4π) |

No vertical lines in table. Statements that serve as captions for the entire table do not need footnote letters.

Multipliers can be especially confusing. Write "Magnetization (kA/m)" or "Magnetization (A/m)."



**Fig. 1. Magnetization as a function of applied field.** Note that "Fig." is abbreviated. There is a period after the figure number. It is good practice to explain the significance of the figure in the caption.

## 3.2. References

Number citations consecutively in square brackets [1]. The sentence punctuation follows the brackets [2]. Multiple references [2], [3] are each numbered with separate brackets [1-3]. When citing a section in a book, please give the relevant page numbers [2]. In sentences, refer simply to the reference number, as in [3]. Do not use "Ref. [3]" or "reference [3]" except at the beginning of a sentence: "Reference [3] shows ... ."

References should be written to the following formats:

Authors should be listed surname first, followed by a comma and initials of given names. Titles of articles cited in reference lists should be in upright, not italic text; the first word of the title is capitalized, the title written exactly as it appears in the work cited, ending with a full stop. Book titles are italic with all main words capitalized. Journal titles are italic and abbreviated according to common usage. Volume numbers are bold. The publisher and city of publication are required for books cited. References to web-only journals should give authors, article title and journal name as above, followed by URL in full or DOI if known. References to websites should give authors if known, title of cited page, URL in full, and year of posting in parentheses. The year of publication (posting) should written in parentheses.

## 3.3. Abbreviations and Acronyms

Define abbreviations and acronyms the first time they are used in the text, even after they have already been defined in the abstract.

## 3.4. Equations

Number equations consecutively with equation numbers in parentheses flush with the right margin, as in (1). First use the equation editor to create the equation. Then select the "Equation" markup style. Press the tab key and write the equation number in parentheses. To make your equations more compact, you may use the solidus ( / ), the exp function, or appropriate exponents. Use parentheses to avoid ambiguities in denominators. Punctuate equations when they are part of a sentence, as in

 (1)

Be sure that the symbols in your equation have been defined before the equation appears or immediately following. Refer to "(1)," not "Eq. (1)" or "equation (1)," except at the beginning of a sentence: "Equation (1) is ... ."

## 3.5. Other Recommendations

Use one space after periods and colons. Hyphenate complex modifiers: "zero-field-cooled magnetization."

Use a zero before decimal points: "0.25," not ".25." Use "cm3," not "cc." Indicate sample dimensions as "0.1cm×0.2cm," not "0.1×0.2cm2." The abbreviation for "seconds" is "s," not "sec." Do not mix complete spellings and abbreviations of units: use "Wb/m " or "webers per square meter," not "webers/m ." When expressing a range of values, write "7 to 9" or "7-9," not “7~9.”

A parenthetical statement at the end of a sentence is punctuated outside of the closing parenthesis (like this). (A parenthetical sentence is punctuated within the parentheses.) In American English, periods and commas are within quotation marks, like "this period." Other punctuation is "outside"!

If you wish, you may write in the first person singular or plural and use the active voice ("I observed that ..." or "We observed that ..." instead of "It was observed that ...").

# **4. CONCLUSION**

Abstracts and Papers should be written according to the following order: ①Title ②Abstract ③Main text ④References.

# **References**

[1] True, H. L. & Lindquist, S. L. A yeast prion provides a mechanism for genetic variation and phenotypic diversity. *Nature* **407**, 477–483 (2000)

[2] Schluter, D. *The Ecology of Adaptive Radiation* (Oxford Univ. Press, 2000)

[3] Plazzo, A. P. et al. Bioinformatic and mutational analysis of channelrhodopsin-2 cation conducting pathway. *J. Biol. Chem.* http://dx.doi.org/10.1074/jbc.M111.326207 (2011)