

How to Read a Paper

논문을 읽는 방법

S. Keshav

David R. Cheriton School of Computer Science, University of Waterloo
Waterloo, ON, Canada
keshav@uwaterloo.ca

University of Waterloo의 David R. Cheriton School of Computer Science, Waterloo, ON, Canada
keshav@uwaterloo.ca

ABSTRACT

초록

Researchers spend a great deal of time reading research papers. However, this skill is rarely taught, leading to much wasted effort. This article outlines a practical and efficient *three-pass method* for reading research papers. I also de-

4. 참고문헌을 훑어보면서 이미 읽은 것들을 머릿속으로 확인한다. 연구자는 연구 논문을 읽는 데 상당한 시간을 쓴다. 그러나 이 기술은 좀처럼 가르치지 않아 많은 노력이 낭비된다. 첫 번째 읽기가 끝나면 다음 질문에 답할 수 있어야 한다. 이 글에서는 연구 논문을 읽기 위한 실용적이고 효율적인 3단계 읽기법과 5가지 C를 설명한다.

scribe how to use this method to do a literature survey.

또한 이 방법을 사용해 문헌 조사를 수행하는 방법도 설명한다. 1. **Category:** 이 논문은 어떤 유형의 논문인가?

Categories and Subject Descriptors: A.1 [Introductory and Survey]

측정 논문인가? 기존 시스템을 분석한 논문인가? 범주 및 주제 기술어: A.1 [연구 프로토타입에 대한 입문적 설명인가? 및 조사]

General Terms: Documentation.

Keywords: Paper, Reading, Hints.

일반 용어: 문서화. 2. **Context:** 이 논문은 어떤 다른 논문들과 관련되어 있는가? 어떤 것인가? 키워드: 논문, 읽기, 힌트. 문제를 분석하는 데 어떤 이론적 토대를 사용했는가?

1. INTRODUCTION

3. Correctness: 가정은 타당해 보이는가? 1. 서론

Researchers must read papers for several reasons: to review them for a conference or a class, to keep current in 연구자는 여러 이유로 논문을 읽어야 한다. 예를 들어 논문을 검토- 4. **Contributions:** 논문의 주요 기여는 무엇인가? 학회나 수업을 위해 논문을 검토하거나 해당 분야의 최신 동향을 파악하기 위해서인가?

their field, or for a literature survey of a new field. A typical researcher will likely spend hundreds of hours every year reading papers.

일반적인 연구자는 매년 수백 시간을 쓸 가능성이 크다. 5. **Clarity:** 논문이 명확하게 작성되었는가? 논문을 읽는 데 쓴다.

Learning to efficiently read a paper is a critical but rarely taught skill. Beginning graduate students, therefore, must learn on their own using trial and error. Students waste this is 논문에 관심이 없기 때문일 수도 있다. 이는 좀처럼 가르치지 않는 기술이다. 따라서 대학원 신입생은 시행착오를 거치며 스스로 배워야 한다. 또는 해당 분야에 대한 지식이 부족하여 논문을 이해하지 못할 수도 있다.

much effort in the process and are frequently driven to frustration. 이 과정에서 많은 노력을 낭비하고 흔히 좌절한다. 첫 번째 읽기는 자신의 연구 분야에 속하지 않는 논문에 적합하다.

For many years I have used a simple approach to efficiently read papers. This paper describes the ‘three-pass’ approach and its use in doing a literature survey.

이 논문에서는 3단계 읽기법을 설명한다. 한편 논문을 작성할 때는 대부분의 심사자(및 독자)가 논문을 단 한 번만 읽는다고 예상할 수 있다.

2. THE THREE-PASS APPROACH

The key idea is that you should read the paper in up to three passes, instead of starting at the beginning and plowing your way to the end. Each pass accomplishes specific goals and builds upon the previous pass: The *first* pass gives you a general idea about the paper. The *second* pass lets you grasp the paper’s content, but not its details. The *third* pass helps you understand the paper in depth.

또한 문헌 조사에 이 방법을 활용하는 방법을 설명한다. 주의를 기울여야 한다. 일관성 있는 절 및 하위 절 제목을 선택하고 간결하면서도 포괄적인 초록을 작성하도록 주의한다. 심사자가 2. 3단계 읽기법 심사자가 한 번 읽고 요지를 이해하지 못하면 논문은 거절될 가능성이 크다. 핵심은 처음부터 시작해 끝까지 밀고 나가는 대신 논문을 최대 3번에 걸쳐 읽는 것이다. 독자가 5분 안에 논문의 핵심을 이해하지 못하면 그 논문은 아마 끝까지 읽히지 않을 것이다. 각 읽기는 구체적인 목표를 달성하고 이전 읽기를 토대로 진행된다. 그렇지 않으면 논문은 전혀 읽히지 않을 수 있다. 각 읽기는 특정 목표를 달성하고 이전 읽기를 토대로 한다. first첫 번째 읽기는 논문의 전반적인 내용을 파악하게 해 준다. second두 번째 읽기 2.2 두 번째 읽기 논문의 세부 사항까지는 아니지만 내용을 파악하게 해준다. 두 번째 읽기에서는 논문을 더 주의 깊게 읽지만, third세 번째 읽기는 논문을 깊이 이해하는 데 도움이 된다. 증명과 같은 세부 사항은 무시한다.

2.1 The first pass

읽으면서 핵심 사항을 메모하거나 여백에 의견을 적으면 도움이 된다. 2.1 첫 번째 읽기

The first pass is a quick scan to get a bird’s-eye view of the paper. You can also decide whether you need to do any more passes. This pass should take about five to ten minutes and consists of the following steps:

1. Carefully read the title, abstract, and introduction

첫 번째 읽기는 논문을 조감하기 위해 빠르게 훑어보는 것이다. 1. 논문의 그림, 도표 및 기타 삽화를 주의 깊게 살펴본다. 또한 추가 읽기가 필요한지 판단할 수도 있다. 그래프에 특히 주의를 기울인다. 추가 읽기. 이 읽기에는 약 5~10분이 걸린다. 축에 레이블이 적절히 붙어 있는가? 이 읽기는 다음 단계로 구성된다. 결론이 통계적으로 유의하도록 결과에 오차 막대가 표시되어 있는가? 이와 같은 흔한 실수는 연구의 수준을 가려낸다. 1. 제목, 초록, 서론을 주의 깊게 읽는다. 이를 통해 성급하고 부실한 연구와 정말 뛰어난 연구를 구분할 수 있다.

2. Read the section and sub-section headings, but ignore everything else

2. 절 제목과 하위 절 제목을 읽되, 나머지는 무시한다. 그 밖의 내용은 모두 무시한다. 2. 관련 있지만 아직 읽지 않은 참고문헌은 나중에 더 읽어볼 수 있도록 표시해 둔다(이는

3. Read the conclusions

논문의 배경을 더 알아보는 좋은 방법이다). 3. 결론을 읽는다.

4. Glance over the references, mentally ticking off the

ones you’ve already read

At the end of the first pass, you should be able to answer the *five Cs*:

1. *Category*: What type of paper is this? A measurement paper? An analysis of an existing system? A description of a research prototype?

2. *Context*: Which other papers is it related to? Which theoretical bases were used to analyze the problem?

3. *Correctness*: Do the assumptions appear to be valid?

4. *Contributions*: What are the paper’s main contributions?

5. *Clarity*: Is the paper well written?

Using this information, you may choose not to read further. This could be because the paper doesn’t interest you, or you don’t know enough about the area to understand the

paper, or that the authors make invalid assumptions. The first pass is adequate for papers that aren’t in your research area, but may someday prove relevant.

Incidentally, when you write a paper, you can expect most

reviewers (and readers) to make only one pass over it. Take care to choose coherent section and sub-section titles and to write concise and comprehensive abstracts. If a reviewer cannot understand the gist after one pass, the paper will likely be rejected; if a reader cannot understand the highlights of the paper after five minutes, the paper will likely never be read.

2.2 The second pass

In the second pass, read the paper with greater care, but ignore details such as proofs. It helps to jot down the key points, or to make comments in the margins, as you read.

1. Look carefully at the figures, diagrams and other illustrations in the paper. Pay special attention to graphs. Are the axes properly labeled? Are results shown with error bars, so that conclusions are statistically significant? Common mistakes like these will separate rushed, shoddy work from the truly excellent.

2. Remember to mark relevant unread references for further reading (this is a good way to learn more about the background of the paper).

The second pass should take up to an hour. After this ACM SIGCOMM Computer Communication Review 83, 제37권 제3호, 2007년 7월. 두 번째 읽기에는 최대 1시간이 걸린다. pass, you should be able to grasp the content of the paper. 이 읽기를 마치면 논문의 내용을 파악할 수 있다. 이는 해당 분야의 주요 학회를 파악하는 데 도움이 된다. You should be able to summarize the main thrust of the paper, with supporting evidence, to someone else. This level of 뒷받침 근거와 함께 다른 사람에게 설명할 수 있어야 한다.

detail is appropriate for a paper in which you are interested, 이 정도의 상세한 검토는 관심은 있지만 자신의 연구 전문 분야에 속하지는 않는 논문에 적합하다. 세 번째 단계는 이러한 주요 학회의 웹사이트에 접속하여 최근 논문집을 살펴보는 것이다. but does not lie in your research speciality.

빠르게 훑어보면

Sometimes you won't understand a paper even at the end of the second pass. This may be because the subject matter 최근의 수준 높은 관련 연구를 대개 찾아낼 수 있다. 때로는 두 번째 읽기를 마친 뒤에도 논문을 이해하지 못할 수 있다. 이 논문들은 앞서 따로 모아 둔 논문들과 함께

is new to you, with unfamiliar terminology and acronyms. 문헌 조사의 첫 번째 판을 구성한다. 논문을 이해하지 못하는 이유는 주제가 낯선 용어와 약어가 등장하는 새로운 분야이기 때문일 수 있다. 이 논문들을 두 번 읽는다.

Or the authors may use a proof or experimental technique that you don't understand, so that the bulk of the paper 이 논문들을 차례로 읽는다. 논문들이 모두 앞서 찾지 못한 핵심 논문을 인용한다면, 그 논문을 구해 읽고 필요에 따라 이 과정을 반복한다. 또는 저자들이 이해하기 어려운 증명이나 실험 기법을 사용해 논문의 대부분을 per is incomprehensible. The paper may be poorly written 이해할 수 없는 경우도 있다.

with unsubstantiated assertions and numerous forward references. 논문이 근거 없는 주장과 수많은 전방 참조로 가득해 제대로 작성되지 않았을 수도 있다. 4. 경험 erences. Or it could just be that it's late at night and you're tired. You can now choose to: (a) set the paper aside, hoping you don't need to understand the material to be successful in your career, (b) return to the paper later, perhaps after reading background material or (c) persevere and go on to the third pass.

전방 참조 때문이다. 또는 단지 밤이 늦어 피곤하기 때문일 수도 있다. 필자는 지난 15년 동안 이 방법을 사용해 학회 논문집을 읽어 왔다. 이제 다음 중 하나를 선택할 수 있다. (a) 해당 내용을 이해하지 못해도 연구 경력을 성공적으로 이어갈 수 있기를 바라며 논문을 제쳐 둔다. 필자는 이 방법을 사용해 학회 논문집을 읽고, 심사평을 작성하고, 배경 조사를 수행하며, 토론 전에 논문을 빠르게 검토해 왔다. 이 체계적인 방법은 (b) 배경 자료를 읽은 뒤 나중에 논문을 다시 살펴보기나, 세부 사항에 빠져들기 전에 (c) 포기하지 않고 계속 나아간다. 이 방법은 전체적인 조망을 얻기 전에 세부 사항에 매몰되는 일을 방지한다. 또한 논문 묶음을 검토하는 데 필요한 시간을 추정할 수 있게 해 준다. 그리고 세 번째 읽기로 넘어간다. 논문 묶음을 검토하는 데 필요한 시간의 양을 추정할 수 있다.

2.3 The third pass

To fully understand a paper, particularly if you are reviewer, requires a third pass. The key to the third pass is to attempt to *virtually re-implement* the paper: that is, making the same assumptions as the authors, re-create the work. By comparing this re-creation with the actual paper, 더욱이 필요와 가용 시간에 따라 논문 평가의 깊이를 조절할 수 있다. 2.3 세 번째 읽기 이는 자신의 필요와 가용 시간에 따라 달라진다. 논문을 완전히 이해하려면, 특히 심사자라면 세 번째 읽기가 필요하다. 세 번째 읽기의 핵심은 5. 관련 연구 논문을 가상으로 다시 구현해 보는 것이다. 즉, 저자와 동일한 가정을 세우고 연구를 재현한다. 논문을 심사하기 위해 읽는다면 다음 자료도 읽어야 한다. you can easily identify not only a paper's innovations, but 이렇게 재현한 결과를 실제 논문과 비교하면 논문의 혁신뿐 아니라 숨겨진 결함과 가정도 쉽게 찾아낼 수 있다. Timothy Roscoe의 "Writing reviews for systems conferences" [1]도 읽어야 한다.

also its hidden failings and assumptions.

기술 논문을 작성할 계획이라면 관련 자료를 참고해야 한다. 또한 논문의 숨겨진 결함과 가정도 파악할 수 있다.

This pass requires great attention to detail. You should Henning Schulzrinne의 종합적인 웹사이트를 참고해야 한다. 이 읽기에는 세부 사항에 대한 고도의 주의가 필요하다. identify and challenge every assumption in every statement. Henning Schulzrinne의 종합적인 웹사이트 [2]와 George Whitesides의 훌륭한 자료를 모두 참고해야 한다. 모든 진술에 담긴 모든 가정을 찾아내고 의문을 제기해야 한다.

Moreover, you should think about how you yourself would present a particular idea. This comparison of the actual with the virtual lends a sharp insight into the proof and presentation techniques in the paper and you can very likely add this to your repertoire of tools. During this pass, you should also jot down ideas for future work.

This pass can take about four or five hours for beginners, and about an hour for an experienced reader. At the end of this pass, you should be able to reconstruct the entire structure of the paper from memory, as well as be able to identify its strong and weak points. In particular, you should 과정 전반을 설명한 개요 [3]이다. 또한 특정 아이디어를 자신이라면 어떻게 제시할지 생각해야 한다. 실제 논문과 가상으로 재현한 논문을 비교하면 6. 요청 실제 논문과 가상 재현 결과의 비교를 통해 논문의 증명 및 제시 기법을 날카롭게 통찰하고, 이를 자신의 도구 목록에 추가할 수 있다. 필자는 의견을 받을 때마다 갱신하여 이 글을 계속 발전하는 문서로 만들고자 한다. 잠시 시간을 내어 내게 이메일을 보내고, 이를 도구 목록에 추가하기 바란다. 이번 읽기 중에는 개선을 위한 의견이나 제안을 보내기 바란다. 또한 향후 연구 아이디어도 적어 두어야 한다. CCR의 온라인판인 CCRo [4]에도 의견을 남길 수 있다. 이 읽기에는 초보자의 경우 약 4~5시간, 숙련된 독자의 경우 약 1시간이 걸릴 수 있다. 마지막에는 7. 감사의 말 이 읽기를 마치면 논문의 전체 구조를 기억만으로 재구성하고 장단점을 파악할 수 있어야 한다. 이 문서의 초판은 내 학생들이 작성했다. 특히 다음과 같이 해야 한다. 학생들은 Hossein Falaki, Earl Oliver, Sumair Ur Rahman이다.

be able to pinpoint implicit assumptions, missing citations 암묵적 가정과 누락된 인용을 정확히 찾아낼 수 있어야 한다. 이들에게 감사한다. to relevant work, and potential issues with experimental or analytical techniques.

관련 연구와 실험 또는 분석 기법의 잠재적 문제를 파악할 수 있어야 한다. 또한 Christophe Diot의 통찰력 있는 논평과 Nicole Keshav의 예리한 교정 작업에서도 도움을 받았다. 편집 작업.

3. DOING A LITERATURE SURVEY

이 연구는 National Science and Engineering Council of Canada와 Canada의 지원금으로 수행되었다. 3. 문헌 조사 수행하기

Paper reading skills are put to the test in doing a literature survey. This will require you to read tens of papers, perhaps Research Chair Program, Nortel Networks, Microsoft, Intel Corporation, Sprint Corporation의 지원도 받았다. 문헌 조사를 수행할 때 논문 읽기 능력이 시험대에 오른다. 문헌 조사에서이다.

in an unfamiliar field. What papers should you read? Here is how you can use the three-pass approach to help.

이를 위해서는 익숙하지 않은 분야일 수도 있는 수십 편의 논문을 읽어야 한다. 어떤 논문을 읽어야 하는가? 여기에 8. 참고문헌

First, use an academic search engine such as Google Scholar or CiteSeer and some well-chosen keywords to find three to five *recent* papers in the area. Do one pass on each paper to get a sense of the work, then read their related work sections. You will find a thumbnail summary of the recent work, and perhaps, if you are lucky, a pointer to a recent survey paper. If you can find such a survey, you are done. Read the survey, congratulating yourself on your good luck.

Otherwise, in the second step, find shared citations and repeated author names in the bibliography. These are the key papers and researchers in that area. Download the key papers and set them aside. Then go to the websites of the key researchers and see where they've published recently.

3단계 읽기법을 활용하는 방법이 있다. 먼저 Google Scholar 같은 학술 검색 엔진 [1], CiteSeer와 적절히 선택한 키워드를 사용해 해당 분야의 최신 논문 3~5편을 찾는다. T. Roscoe, "Writing Reviews for Systems Conferences," 각 논문을 한 번씩 읽어 연구의 개요를 파악한 다음, 관련 연구 절을 읽는다. http://people.inf.ethz.ch/troscoe/pubs/review-writing.pdf. 절. 최근 연구에 대한 간략한 요약물을 찾을 수 있으며, 운이 좋다면 최신 문헌 조사 논문으로 연결되는 자료도 찾을 수 있다. [2] H. Schulzrinne, "Writing Technical Articles," http://www.cs.columbia.edu/hgs/etc/writingsurvey-paper. 그러한 문헌 조사를 찾았다면 작업은 끝난다. 행운을 자축하며 문헌 조사를 읽는다. [3] G.M. Whitesides, "Whitesides' Group: Writing a Paper," 그렇지 않다면 2번째 단계에서 참고문헌 목록에 반복해서 등장하는 공통 인용 문헌과 저자 이름을 찾는다. 이들이 바로 http://www.che.iitm.ac.in/misc/dd/writepaper.pdf이다. 해당 분야의 핵심 논문과 연구자이다. 핵심 논문을 내려받아 따로 보관한다. [4] ACM SIGCOMM Computer Communication Review 논문. 그런 다음 Online, http://www.sigcomm.org/ccr/drupal/에서 핵심 연구자들의 웹사이트로 이동한다. 핵심 연구자들이 최근 어디에 논문을 발표했는지 살펴본다.

That will help you identify the top conferences in that field because the best researchers usually publish in the top conferences.

The third step is to go to the website for these top conferences and look through their recent proceedings. A quick scan will usually identify recent high-quality related work.

These papers, along with the ones you set aside earlier, constitute the first version of your survey. Make two passes through these papers. If they all cite a key paper that you did not find earlier, obtain and read it, iterating as necessary.

4. EXPERIENCE

I've used this approach for the last 15 years to read conference proceedings, write reviews, do background research, and to quickly review papers before a discussion. This disciplined approach prevents me from drowning in the details before getting a bird's-eye-view. It allows me to estimate the amount of time required to review a set of papers. Moreover, I can adjust the depth of paper evaluation depending on my needs and how much time I have.

5. RELATED WORK

If you are reading a paper to do a review, you should also read Timothy Roscoe's paper on "Writing reviews for systems conferences" [1]. If you're planning to write a technical paper, you should refer both to Henning Schulzrinne's comprehensive web site [2] and George Whitesides's excellent overview of the process [3].

6. A REQUEST

I would like to make this a living document, updating it as I receive comments. Please take a moment to email me any comments or suggestions for improvement. You can also add comments at CCRo, the online edition of CCR [4].

7. ACKNOWLEDGMENTS

The first version of this document was drafted by my students: Hossein Falaki, Earl Oliver, and Sumair Ur Rahman. My thanks to them. I also benefited from Christophe Diot's perceptive comments and Nicole Keshav's eagle-eyed copy-editing.

This work was supported by grants from the National Science and Engineering Council of Canada, the Canada Research Chair Program, Nortel Networks, Microsoft, Intel Corporation, and Sprint Corporation.

8. REFERENCES

[1] T. Roscoe, "Writing Reviews for Systems Conferences," http://people.inf.ethz.ch/troscoe/pubs/review-writing.pdf. [2] H. Schulzrinne, "Writing Technical Articles," http://www.cs.columbia.edu/hgs/etc/writing-style.html. [3] G.M. Whitesides, "Whitesides' Group: Writing a Paper," http://www.che.iitm.ac.in/misc/dd/writepaper.pdf. [4] ACM SIGCOMM Computer Communication Review Online, http://www.sigcomm.org/ccr/drupal/.