

Several Projects of AI Format*

[Extended Abstract][†]

Geunwoo Bae[‡]
Student ID :
2014400002

ABSTRACT

This paper provides a sample of a \LaTeX document which conforms, somewhat loosely, to the formatting guidelines for ACM SIG Proceedings. It is an *alternate* style which produces a *tighter-looking* paper and was designed in response to concerns expressed, by authors, over page-budgets. It complements the document *Author's (Alternate) Guide to Preparing ACM SIG Proceedings Using $\text{\LaTeX}2_{\epsilon}$ and BibTeX*. This source file has been written with the intention of being compiled under $\text{\LaTeX}2_{\epsilon}$ and BibTeX.

The developers have tried to include every imaginable sort of “bells and whistles”, such as a subtitle, footnotes on title, subtitle and authors, as well as in the text, and every optional component (e.g. Acknowledgments, Additional Authors, Appendices), not to mention examples of equations, theorems, tables and figures.

To make best use of this sample document, run it through \LaTeX and BibTeX, and compare this source code with the printed output produced by the dvi file. A compiled PDF version is available on the web page to help you with the ‘look and feel’.

CCS Concepts

•Computer systems organization → Embedded systems; Redundancy; Robotics; •Networks → Network reliability;

Keywords

ACM proceedings; \LaTeX ; text tagging

*(Produces the permission block, and copyright information). For use with SIG-ALTERNATE.CLS. Supported by ACM.

[†]A full version of this paper is available as *Author's Guide to Preparing ACM SIG Proceedings Using $\text{\LaTeX}2_{\epsilon}$ and BibTeX* at www.acm.org/eaddress.htm

[‡]

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.

WOODSTOCK '97 El Paso, Texas USA

© 2016 ACM. ISBN 123-4567-24-567/08/06...\$15.00

DOI: 10.475/123_4

Table 1: Initial State of 8-Puzzle

3	7	1
6	8	5
4	-	2

Table 2: Final State of 8-Puzzle

1	2	3
4	5	6
7	8	-

1. INTRODUCTION

The *proceedings* are the records of a conference. ACM seeks to give these conference by-products a uniform, high-quality appearance. To do this, ACM has some rigid requirements for the format of the proceedings documents: there is a specified format (balanced double columns), a specified set of fonts (Arial or Helvetica and Times Roman) in certain specified sizes (for instance, 9 point for body copy), a specified live area (18×23.5 cm [$7'' \times 9.25''$]) centered on the page, specified size of margins (1.9 cm [$0.75''$]) top, (2.54 cm [$1''$]) bottom and (1.9 cm [$.75''$]) left and right; specified column width (8.45 cm [$3.33''$]) and gutter size (.83 cm [$.33''$]).

The good news is, with only a handful of manual settings¹, the \LaTeX document class file handles all of this for you.

The remainder of this document is concerned with showing, in the context of an “actual” document, the \LaTeX commands specifically available for denoting the structure of a proceedings paper, rather than with giving rigorous descriptions or explanations of such commands.

2. SOLVING 8-PUZZLE PROBLEM

2.1 Problem

기존의 유명한 8-퍼즐 문제는 다음과 같다:

<table 1>과 같이 3x3 격자에 1 8의 숫자가 적힌 칸이 하나씩 있고 빈 칸이 하나 있다.

한 번의 턴은 빈 칸의 상, 하, 좌, 우에 있는 격자 하나를 선택하여 빈 칸으로 움직이는 방식으로 진행된다. 문제는 최소한의 턴으로 <table 2>와 같은 목표 상태를 만들어야 하는 것이다.

¹Two of these, the `\numberofauthors` and `\alignauthor` commands, you have already used; another, `\balancecolumns`, will be used in your very last run of \LaTeX to ensure balanced column heights on the last page.

Table 3: Final State of 8'-Puzzle

1	2	3
-	-	4
7	6	5

Table 4: Performance Analysis of IDS and A*

Algorithm	Average	Worst
IDS	-	4
A*	6	5

본 연구는 기존의 8-퍼즐 문제를 변형한 변형 8-퍼즐 문제를 풀 것이다. 변형 8-퍼즐에서는 빈 칸이 2개 있고 숫자가 1 7까지 있으며 목표 상태는 <table 3>과 같다.

2.2 Literature Review

2.3 Picked Data

본 연구의 성능 비교는 크게 최악의 경우 성능과 평균 성능을 비교한다. 본 연구에서는 목표 상태를 고정한 후 시작 상태를 랜덤으로 만들어내어 성능을 계산한다.

N개의 시작 상태에 대해서 계산 시간이 t_1, t_2, \dots, t_N (ms)인 경우 2000ms 동안 풀 수 있는 퍼즐의 수는 다음과 같이 계산이 가능하다.

$$avg = 2000N / \sum_{i=1}^N t_i \quad (1)$$

$$worst = 2000 / \max_{i=1}^N t_i \quad (2)$$

2.4 Algorithm

본 연구에서 사용할 알고리즘은 A* 알고리즘과 Iterative Deepening Search이다.

Iterative Deepening Search는 깊이를 0에서부터 늘려나가면서 탐색하는 알고리즘이다. 탐색 가능 깊이 0에서부터 점점 깊게 DFS탐색을 하게 하는데, 깊이 i 이하의 노드만 방문할 수 있다. 만약 특정 깊이 t에서 답을 찾는 데 실패한 경우 t를 1씩 늘린 후 DFS탐색을 다시 한다.

A* 알고리즘은 Priority Queue를 이용한 탐색 알고리즘이다. 노드 i에 대해서 현재까지 탐색한 시점에서 시작점에서 노드 i까지의 최단거리를 $P(i)$, 노드 i에서 도착점까지의 예상 최단거리를 $Q(i)$ 라고 할 때, $P(i)+Q(i)$ 가 가장 작은 노드를 선택해서 그 노드의 다음 노드를 탐색하도록 한다. 함수 Q는 아래와 같은 성질을 만족해야 한다.

$$Q(x) \leq dist(x, y) + Q(y) \quad (3)$$

본 문제에서는 함수 Q를 다음과 같이 설정하였다.

$$Q(x) = \sum_{i=1}^7 |X_i - Xsol_i| + |Y_i - Ysol_i| \quad (4)$$

본 문제는 모든 이동의 비용이 1이므로 $dist(x, y)$ 는 1이다. 한편, 한 턴을 수행하는 경우 오직 하나의 수만이 위치가 바뀌고 그 수의 맨하탄 거리의 변화량이 많아야 1이므로 $|Q(x) - Q(y)| \leq 1$ 을 만족한다. 따라서 위에서 언급한 함수 Q는 A* 알고리즘에서 사용할 수 있는 함수이다.

2.5 Experiment

8-퍼즐을 해결하는 두 가지 알고리즘의 수행속도를 비교하면 <table 4>가 된다.

Table 5: Test Vector of (N, K)

N	1000	10000	100000
K	2	N/10	N/2

2.6 Applications

변형된 8-퍼즐 문제를 해결하는 모든 알고리즘은 정확한 최적해를 구해야 한다. 튜링 머신 상에서 존재하는 문제들 중 많은 문제들이 NP 혹은 그 이상의 문제로 분류되어 현재까지 다항식 풀의 시간복잡도를 가진 알고리즘이 존재하지 않는다.

따라서 8-퍼즐 문제를 해결하는 데 쓰인 알고리즘은 실제로는 대다수의 NP 문제에서 적용하기 힘들다. A* 알고리즘의 방식과 가장 유사한 알고리즘이 Dijkstra's Shortest Path Algorithm인데, 이 알고리즘에서 A* 알고리즘에서 쓰이는 Q 함수를 새로 정의한다면 방문하는 노드의 수가 평균적으로 더 적어지는 효과를 얻을 수 있다.

따라서 A* 알고리즘의 경우 정보보안 분야에서 활용할 수 있는 범위가 극히 한정적이고 이는 앞에서 설명했듯이 최단 경로를 이용한 프로그램의 작은 최적화 수준에 극히 한정된다.

3. KNN PROBLEM

3.1 Problem

KNN 문제는 두 개의 특성 값과 하나의 분류를 갖고 있는 N개의 표본이 주어질 때, 두 개의 특성 값이 주어지는 새로운 표본이 어떤 분류에 속하는지 구하는 문제이다. 이 문제를 해결하기 위해서 KNN 문제에서는 새로운 표본과 가장 가까운 K개의 표본을 구하여 그 표본들 중에서 가장 많은 표본이 속한 분류를 찾는 방식을 사용한다.

3.2 Literature Review

KNN 문제를 해결하는 가장 기본적인 알고리즘은 Brute-force 알고리즘이며, 이 알고리즘은 매우 느리다.

3.3 Picked Data

KNN 문제를 테스트하기 위한 데이터는 랜덤 알고리즘을 이용할 것이다. 모든 점에 대해서 x, y 의 값은 0 이상 100,000 이하의 랜덤한 정수를 사용한다. 분류는 특정 방정식을 만족하는 지에 따라 0 또는 1로 분류할 것이다. 본 연구에서 사용할 방정식은 다음 3개와 같다.

$$(y - 50000) \geq (x - 50000)/2 \quad (5)$$

$$(x - 20000)^2 + 2(y - 65432)^2 \leq 12345^2 \quad (6)$$

$$(x - 2y)(2x - y)(100000 - x - y) \geq 0 \quad (7)$$

알고리즘의 성능 분석은 크게 시간, 정확도 두 가지 측면에서 고려할 것이다. 시간은 2000ms 동안 처리할 수 있는 쿼리의 수를 세며, 정확도는 새로운 표본이 위 3개의 방정식과 일치할 확률을 셀 것이다. 프로그램이 랜덤을 기반으로 하여 실행되지만 수많은 쿼리를 수행하므로 평균은 구할 필요가 없다. 알고리즘을 테스트하기 위해 사용하는 (N, K)의 쌍은 <table 5> 와 같다.

3.4 Algorithm

본 문제를 해결하는 데 사용할 알고리즘은 Brute-force 알고리즘과 k-d Tree 알고리즘, 그리고 Locality Sensitive Hashing이다.

Brute-force 알고리즘은 각 쿼리별로 쿼리에 해당하는 점과 가까운 순서대로 N개의 점들을 정렬한 후, 가장 앞선 K개

Table 6: Performance of Brute-Force, $K = 2$

N	type 1	type 2	type 3
1000	5858	5647	5808
10000	434	433	434
100000	29	30	30

Table 7: Performance of K-d Tree, $K = 2$

N	type 1	type 2	type 3
1000	17593	17853	17582
10000	2220	2244	2271
100000	196	193	196

의 표본을 선택하여 답을 구한다. 전처리는 굳이 하지 않으며, 쿼리당 평균 $O(N \log N)$ 의 시간이 걸린다.

k-d Tree 알고리즘은 표본으로 주어진 점들을 가지고 트리를 만든 후, 쿼리로 주어지는 점을 중심으로 하여 K 개의 점을 덮는 원을 잡는다. 이때 k-d Tree를 구성하는데 $O(N \log N)$ 의 시간이 들며 원 안에 몇 개의 점이 있는지는 k-d Tree 알고리즘을 이용하여 쿼리당 평균 $O(\log N)$ 의 시간으로 구할 수 있다.

Locality Sensitive Hashing 알고리즘에서는 표본으로 주어진 점들을 해싱하여 저장한 뒤, 쿼리로 주어지는 점들에 대해서 그 점의 해시 값을 구한 후 그 값 주변의 해시 값을 가진 점들을 K 개 고른다. 여기서 해싱 알고리즘은 Locality Sensitive Hashing이라는 특수한 알고리즘을 사용하는데, Locality Sensitive Hashing은 상수 R, cR, P_1, P_2 에 대해서 다음 두 식을 만족해야 한다.

$$P(h(p) = h(q) | \text{dist}(p, q) \leq R) \geq P_1 \quad (8)$$

$$P(h(p) = h(q) | \text{dist}(p, q) \geq cR) \leq P_2 \quad (9)$$

본 연구에서는 Bit Sampling Algorithm[?, ?, ?]을 응용한 방법을 사용한다.

3.5 Experiment

3.5.1 Comparison with Performance

각 유형 및 N 의 크기별로 각 알고리즘의 수행시간을 비교한 결과 <table 6, 7, 8>과 같다.

그 결과, 전체적인 성능은 Brute-force < K-d Tree < LSH 순서대로 나타났으며, Brute-force와 K-d Tree의 경우 N 이 커질수록 처리할 수 있는 쿼리의 수는 줄어드는 경향이 나타났고 LSH의 경우 N 이 커지면 오히려 처리할 수 있는 쿼리가 많아졌다. 이는 Brute-force와 K-d Tree는 쿼리의 처리시간이 N 에 비례하지만 LSH의 경우 쿼리의 처리시간이 주어진 정보의 밀도에 반비례하기 때문이다. 반면, 점들의 분포 별 성능은 유의미한 차이를 보이지 않았다.

K 의 크기별로 각 알고리즘의 수행 속도를 비교한 결과 <table 9>와 같다.

전체적인 성능은 K-d Tree와 LSH 알고리즘에서 $K = 2 < K = 1000 < K = 5000$ 의 경향을 띄고 Brute-force 알고리즘은 성능이 K 에 관련이 없는 것과 같이 보인다. Brute-force의

Table 8: Performance of LSH, $K = 2$

N	type 1	type 2	type 3
1000	939493	953135	981269
10000	2123155	2223631	2071188
100000	2044423	2134503	1992939

Table 9: Performance by K , $N = 10000$, type 3

Algorithm	$K=2$	$K=1000$	$K=5000$
Brute-force	428	432	424
K-d Tree	2278	1779	1143
LSH	2107781	18180	3745

Table 10: Accuracy of Brute-Force, $K = 2$

N	type 1	type 2	type 3
1000	0.987026	0.994791	0.954718
10000	0.993088	0.995381	0.972350
100000	1.000000	1.000000	1.000000

경우 쿼리의 수행시간이 $N \log N + K$ 인데, K 가 $N \log N$ 에 비해 매우 작기 때문이다. K-d Tree에서 K 가 커질 때 수행시간이 느려지는 이유는 원의 크기가 커져서 고려해야 할 K-d Tree의 노드의 수가 많기 때문이다. LSH 알고리즘에서는 수행시간이 많이 느려지는데, 이는 쿼리 별 시간복잡도가 $O(K)$ 이기 때문으로 보인다.

3.5.2 Comparison with Accuracy

각 유형 및 N 의 크기별로 각 알고리즘의 수행 정확도를 비교한 결과 <table 10, 11, 12>와 같다.

그 결과, 전체적인 성능은 $LSH < K-d Tree = Brute-force$ 순서대로 나타났다. 이는 K-d Tree와 Brute-force 알고리즘은 결정론적인 알고리즘이지만 LSH는 랜덤을 이용한 알고리즘이기 때문에 일어나는 현상이다. 한편 LSH의 경우 점들의 분포에 따라 알고리즘의 정확성에 큰 차이를 보였다. 이는 type 1과 type 3에 비해 type 2가 x 와 y 의 차이가 작아서 해시 함수의 값의 분포가 좁기 때문으로 보인다. 반면, N 의 크기와 성능은 유의미한 차이를 보이지 않았다.

K 의 크기별로 각 알고리즘의 수행 정확도를 비교한 결과 table D와 같다.

Brute-force 알고리즘과 K-d Tree에서는 $K = 2 > K = 1000 > K = 5000$ 순으로 정확도가 나타났다. 실제로 고려하는 점의 수가 많은 경우에는 상대적으로 쿼리로 주어진 점에서 먼 점을 보기 때문에 분류를 잘못 선택할 확률이 높아진다. Brute-force 알고리즘에서 $K = 5000$ 일 때 정확도가 급격히 떨어진 데 비해 K-d Tree 알고리즘에서 정확도의 차이가 적은데, 이는 K-d Tree 알고리즘에서 5000개보다 약간 더 많은 노드를 보기 때문이다. LSH 알고리즘에서는 $K = 1000 > K = 5000 > K = 2$ 순으로 정확도가 나타났는데, 이는 쿼리로 주어진 점과 가까운 점을 많이 포함시키기 위해서 K 가 적당히 클 필요가 있기 때문이다.

3.6 Applications

4. MAP COLORING PROBLEM

4.1 Problem

지도 색칠 문제는 지도를 색칠하는 문제로 지도의 인접한 두 구역은 다른 색으로 칠해야 한다. 지도의 연결을 그래프로 표현하면 평면 그래프가 되는데,

Table 11: Accuracy of K-d Tree, $K = 2$

N	type 1	type 2	type 3
1000	0.986699	0.994791	0.954897
10000	0.991892	0.998217	0.985909
100000	1.000000	1.000000	1.000000

Table 12: Accuracy of LSH, K = 2

N	type 1	type 2	type 3
1000	0.546098	0.966076	0.519885
10000	0.543720	0.964420	0.528809
100000	0.548303	0.964482	0.530148

Table 13: Accuracy by K, N = 10000, type 3

Algorithm	K=2	K=1000	K=5000
Brute-force	0.971963	0.923611	0.648585
K-d Tree	0.985963	0.978078	0.948381
LSH	0.528441	0.676898	0.647797

4.2 Literature Review

4.3 Picked Data

4.4 Algorithm

본 연구에서 사용할 알고리즘은 Brute-force 알고리즘과 Bitmask 알고리즘이 있다.

Bitmask 알고리즘은

4.5 Experiment

4.6 Applications

5. SEQUENCE GUESSING PROBLEM

5.1 Problem

수열 예측 문제는 수열 A_n 의 첫 N 개의 항 A_1, A_2, \dots, A_N 이 주어질 때 그 이후의 항들을 예측하는 문제이다.

본 연구에서는 우선 기존의 유명한 수열들을 가지고 항들을 예측한 후, 이를 이용하여 대한민국의 1970 2016년 GDP를 이용하여 2017년 2025년의 GDP를 예측할 것이다.

5.2 Literature Review

본 문제를 해결하기 위해 처음에는 Linear Regression을 이용하여 Minimum Square Sum을 유도하였다. 그러나 선형 관계가 아닌 경우 Linear Regression은 한계가 발생하였다.

이를 해결하기 위하여 등장한 알고리즘은 Gaussian Process Regression (GPR)을 활용한 알고리즘이다. GPR은 특정 $(x_i, y_i) | 1 \leq i \leq N$ 에 대해서 $y = f(x)$ 를 만족하는 f 를 예측하는 알고리즘이다. 실제로는 f 를 예측하는 것이 매우 어려우므로 특정 x' 에 대해서 $y' = f(x')$ 를 만족하는 y' 의 값을 예측할 것이다.

Gaussian Noise Model을 생각해보자.

$$y = f(x) + N(0, \sigma_n^2)$$

Gaussian Process는 Random Process로 다음 조건을 만족한다.

$$E(G(x)) = 0 \quad (10)$$

$$k(G(x), G(x')) = \sigma_f^2 \exp(-(x - x')^2 / 2l^2) \quad (11)$$

5.3 Picked Data

본 연구에서는 특정한 여러 종류의 수열에 대해서 N 의 값을 조절해가며 그 이후의 K 개 항의 오차를 계산할 것이다.

우선 모든 실험에서 σ_n 을 1로 고정시킨다. 그 후 본 연구에서는 다양한 변인들을 통제하며 GDP 예측에 가장 적합한 방법을 찾을 것이다.

- N, K 를 늘려가면서 오차를 계산
- 기존 수열을 여러 가지 형태로 바꾸어 계산
- σ_f, l 을 구하는 알고리즘에 따른 분석
- 오차 측정 알고리즘에 따른 분석

특히, 수열을 여러 가지 형태로 바꾸어 계산하는 경우 선형 점화식을 가진 수열과 그렇지 않은 수열 몇 개를 선정하여 분석할 것이다. 선형 점화식을 가진 수열은 대표적으로 아래와 같다.

$$f(x) = x \quad (12)$$

$$f(x) = x^2 \quad (13)$$

$$f(0) = 0, f(1) = 1, f(i+2) = f(i+1) + f(i) \quad (14)$$

그렇지 않은 수열은 대표적으로 아래와 같다.

$$f(x) = 100 \sin x \quad (15)$$

$$f(x) = 1/x \quad (16)$$

5.4 Algorithm

GPR 알고리즘에서 가장 중요한 것은 σ_n 을 고정시키고 σ_f, l 를 변화시키는 것이다. 가장 알맞은 σ_f, l 을 구하여 오차를 최소한으로 줄이기 위해서는 오차 측정 알고리즘과 σ_f, l 를 선정하는 알고리즘 두 개를 만들어야 한다.

σ_f, l 을 구하는 알고리즘은 세 가지 있는데 모두 비슷한 부류의 Brute-force 알고리즘이다.

- σ_f, l 을 모두 1 25 범위에서 Brute-force 검색
 - l 을 15로 고정시켜 놓은 후 σ_f 를 1 700 범위에서 Brute-force 검색
 - 백의 자리, 십의 자리, 일의 자리 순서대로 가장 적절한 σ_f, l 를 찾기
- 가장 알맞은 σ_f, l 이 되기 위한 조건은 Sum of Error Square을 최소화시키는 것이다.

$$0 \quad (17)$$

5.5 Experiment

5.6 Applications

6. NUMBER READING PROBLEM

6.1 Problem

숫자 인식 문제는 28 x 28 크기의 이미지가 주어지면 그 이미지에 그려진 숫자를 판별하는 문제이다.

6.2 Literature Review

6.3 Picked Data

본 문제에서는 MNIST의 데이터베이스를 이용하여 학습 및 테스트를 할 것이다.

6.4 Algorithm

본 연구에서 사용할 알고리즘은 Artificial Neural Network 알고리즘이다. 여기에서는 Google Tensorflow 라이브러리를 이용한 버전과 일반 버전을 사용한다.

6.5 Experiment

6.6 Applications

7. CONCLUSION

앞선 5개의 프로그램에서, 첫 번째 프로그램과 세 번째 프로그램은 정확한 해를 구하는 데 초점을 두고 있으며 2, 4, 5번째 프로그램은 유사한 해를 구하는 데 초점을 두고 있다. 2, 4, 5번째 프로그램은 통계적 특성을 이용하는 프로그램으로써 해를 보정하는 시간이 늘어날 수록 정확도가 높아지는 경향을 보인다.

Machine Learning 알고리즘은 그 특성 상 처음부터 정해를 구하려는 것보다는, 용수철에서 진동하는 물체처럼 상태와 그 상태에서 작용하는 일종의 힘 같은 값을 구하여 점점 정해에 근사하는 느낌에 가깝다. 이런 방식이 인간이 사용하는 지능과 연관성이 있는지는 의문이지만, 자연에서 일어나는 물리법칙과 Machine Learning은 매우 유사하다.

APPENDIX

A. THE BODY OF THE PAPER

Typically, the body of a paper is organized into a hierarchical structure, with numbered or unnumbered headings for sections, subsections, sub-subsections, and even smaller sections. The command `\section` that precedes this paragraph is part of such a hierarchy.² \LaTeX handles the numbering and placement of these headings for you, when you use the appropriate heading commands around the titles of the headings. If you want a sub-subsection or smaller part to be unnumbered in your output, simply append an asterisk to the command name. Examples of both numbered and unnumbered headings will appear throughout the balance of this sample document.

Because the entire article is contained in the `document` environment, you can indicate the start of a new paragraph with a blank line in your input file; that is why this sentence forms a separate paragraph.

A.1 Type Changes and *Special Characters*

We have already seen several typeface changes in this sample. You can indicate italicized words or phrases in your text with the command `\textit`; emboldening with the command `\textbf` and typewriter-style (for instance, for computer code) with `\texttt`. But remember, you do not have to indicate typestyle changes when such changes are part of the *structural* elements of your article; for instance, the heading of this subsection will be in a sans serif³ typeface, but that is handled by the document class file. Take care with the use of⁴ the curly braces in typeface changes; they mark the beginning and end of the text that is to be in the different typeface.

You can use whatever symbols, accented characters, or non-English characters you need anywhere in your document; you can find a complete list of what is available in the *\LaTeX User's Guide*[?].

A.2 Math Equations

You may want to display math equations in three distinct styles: inline, numbered or non-numbered display. Each of the three are discussed in the next sections.

A.2.1 *Inline (In-text) Equations*

A formula that appears in the running text is called an inline or in-text formula. It is produced by the `math` environment, which can be invoked with the usual `\begin. . . \end` construction or with the short form `$. . . $`. You can use any of the symbols and structures, from α to ω , available in \LaTeX [?]; this section will simply show a few examples of in-text equations in context. Notice how this equation: $\lim_{n \rightarrow \infty} x = 0$, set here in in-line math style, looks slightly different when set in display style. (See next section).

A.2.2 *Display Equations*

²This is the second footnote. It starts a series of three footnotes that add nothing informational, but just give an idea of how footnotes work and look. It is a wordy one, just so you see how a longish one plays out.

³A third footnote, here. Let's make this a rather short one to see how it looks.

⁴A fourth, and last, footnote.

A numbered display equation – one set off by vertical space from the text and centered horizontally – is produced by the **equation** environment. An unnumbered display equation is produced by the **displaymath** environment.

Again, in either environment, you can use any of the symbols and structures available in L^AT_EX; this section will just give a couple of examples of display equations in context. First, consider the equation, shown as an inline equation above:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x = 0 \quad (18)$$

Notice how it is formatted somewhat differently in the **displaymath** environment. Now, we'll enter an unnumbered equation:

$$\sum_{i=0}^{\infty} x + 1$$

and follow it with another numbered equation:

$$\sum_{i=0}^{\infty} x_i = \int_0^{\pi+2} f \quad (19)$$

just to demonstrate L^AT_EX's able handling of numbering.

A.3 Citations

Citations to articles [?, ?, ?, ?], conference proceedings [?] or books [?, ?] listed in the Bibliography section of your article will occur throughout the text of your article. You should use BibTeX to automatically produce this bibliography; you simply need to insert one of several citation commands with a key of the item cited in the proper location in the .tex file [?]. The key is a short reference you invent to uniquely identify each work; in this sample document, the key is the first author's surname and a word from the title. This identifying key is included with each item in the .bib file for your article.

The details of the construction of the .bib file are beyond the scope of this sample document, but more information can be found in the *Author's Guide*, and exhaustive details in the *L^AT_EX User's Guide*[?].

This article shows only the plainest form of the citation command, using \cite. This is what is stipulated in the SIGS style specifications. No other citation format is endorsed or supported.

A.4 Tables

Because tables cannot be split across pages, the best placement for them is typically the top of the page nearest their initial cite. To ensure this proper “floating” placement of tables, use the environment **table** to enclose the table's contents and the table caption. The contents of the table itself must go in the **tabular** environment, to be aligned properly in rows and columns, with the desired horizontal and vertical rules. Again, detailed instructions on **tabular** material is found in the *L^AT_EX User's Guide*.

Immediately following this sentence is the point at which Table 1 is included in the input file; compare the placement of the table here with the table in the printed dvi output of this document.

To set a wider table, which takes up the whole width of the page's live area, use the environment **table*** to enclose the table's contents and the table caption. As with a single-column table, this wide table will “float” to a location

Table 14: Frequency of Special Characters

Non-English or Math	Frequency	Comments
Ø	1 in 1,000	For Swedish names
π	1 in 5	Common in math
\$	4 in 5	Used in business
Ψ ₁ ²	1 in 40,000	Unexplained usage



Figure 1: A sample black and white graphic.

deemed more desirable. Immediately following this sentence is the point at which Table 2 is included in the input file; again, it is instructive to compare the placement of the table here with the table in the printed dvi output of this document.

A.5 Figures

Like tables, figures cannot be split across pages; the best placement for them is typically the top or the bottom of the page nearest their initial cite. To ensure this proper “floating” placement of figures, use the environment **figure** to enclose the figure and its caption.

This sample document contains examples of .eps files to be displayable with L^AT_EX. If you work with pdfL^AT_EX, use files in the .pdf format. Note that most modern T_EX system will convert .eps to .pdf for you on the fly. More details on each of these is found in the *Author's Guide*.

As was the case with tables, you may want a figure that spans two columns. To do this, and still to ensure proper “floating” placement of tables, use the environment **figure*** to enclose the figure and its caption. and don't forget to end the environment with figure*, not figure!

A.6 Theorem-like Constructs

Other common constructs that may occur in your article are the forms for logical constructs like theorems, axioms, corollaries and proofs. There are two forms, one produced by the command \newtheorem and the other by the command \newdef; perhaps the clearest and easiest way to distinguish them is to compare the two in the output of this sample document:

This uses the **theorem** environment, created by the \newtheorem command:

THEOREM 1. *Let f be continuous on $[a, b]$. If G is an*



Figure 2: A sample black and white graphic that has been resized with the includegraphics command.

Table 15: Some Typical Commands

Command	A Number	Comments
<code>\alignauthor</code>	100	Author alignment
<code>\numberofauthors</code>	200	Author enumeration
<code>\table</code>	300	For tables
<code>\table*</code>	400	For wider tables

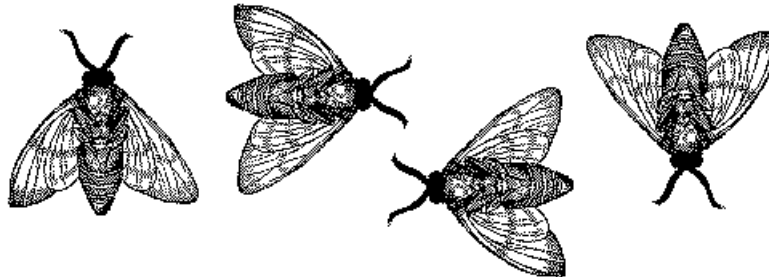


Figure 3: A sample black and white graphic that needs to span two columns of text.

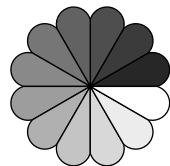


Figure 4: A sample black and white graphic that has been resized with the `includegraphics` command.

antiderivative for f on $[a, b]$, then

$$\int_a^b f(t)dt = G(b) - G(a).$$

The other uses the **definition** environment, created by the `\newdef` command:

Definition 1. If z is irrational, then by e^z we mean the unique number which has logarithm z :

$$\log e^z = z$$

Two lists of constructs that use one of these forms is given in the *Author's Guidelines*.

There is one other similar construct environment, which is already set up for you; i.e. you must *not* use a `\newdef` command to create it: the **proof** environment. Here is an example of its use:

PROOF. Suppose on the contrary there exists a real number L such that

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{g(x)} = L.$$

Then

$$l = \lim_{x \rightarrow c} f(x) = \lim_{x \rightarrow c} \left[g(x) \cdot \frac{f(x)}{g(x)} \right] = \lim_{x \rightarrow c} g(x) \cdot \lim_{x \rightarrow c} \frac{f(x)}{g(x)} = 0 \cdot L = 0,$$

which contradicts our assumption that $l \neq 0$. \square

Complete rules about using these environments and using the two different creation commands are in the *Author's*

Guide; please consult it for more detailed instructions. If you need to use another construct, not listed therein, which you want to have the same formatting as the Theorem or the Definition[?] shown above, use the `\newtheorem` or the `\newdef` command, respectively, to create it.

A Caveat for the T_EX Expert

Because you have just been given permission to use the `\newdef` command to create a new form, you might think you can use T_EX's `\def` to create a new command: *Please refrain from doing this!* Remember that your L^AT_EX source code is primarily intended to create camera-ready copy, but may be converted to other forms – e.g. HTML. If you inadvertently omit some or all of the `\defs` recompilation will be, to say the least, problematic.

B. CONCLUSIONS

This paragraph will end the body of this sample document. Remember that you might still have Acknowledgments or Appendices; brief samples of these follow. There is still the Bibliography to deal with; and we will make a disclaimer about that here: with the exception of the reference to the L^AT_EX book, the citations in this paper are to articles which have nothing to do with the present subject and are used as examples only.

C. ACKNOWLEDGMENTS

This section is optional; it is a location for you to acknowledge grants, funding, editing assistance and what have you. In the present case, for example, the authors would like to thank Gerald Murray of ACM for his help in codifying this *Author's Guide* and the `.cls` and `.tex` files that it describes.

D. HEADINGS IN APPENDICES

The rules about hierarchical headings discussed above for the body of the article are different in the appendices. In the **appendix** environment, the command **section** is used to indicate the start of each Appendix, with alphabetic order designation (i.e. the first is A, the second B, etc.) and a title

(if you include one). So, if you need hierarchical structure *within* an Appendix, start with **subsection** as the highest level. Here is an outline of the body of this document in Appendix-appropriate form:

D.1 Introduction

D.2 The Body of the Paper

D.2.1 Type Changes and Special Characters

D.2.2 Math Equations

Inline (In-text) Equations.

Display Equations.

D.2.3 Citations

D.2.4 Tables

D.2.5 Figures

D.2.6 Theorem-like Constructs

A Caveat for the T_EX Expert

D.3 Conclusions

D.4 Acknowledgments

D.5 Additional Authors

This section is inserted by L^AT_EX; you do not insert it. You just add the names and information in the `\additionalauthors` command at the start of the document.

D.6 References

Generated by bibtex from your .bib file. Run latex, then bibtex, then latex twice (to resolve references) to create the .bbl file. Insert that .bbl file into the .tex source file and comment out the command `\thebibliography`.

E. MORE HELP FOR THE HARDY

The sig-alternate.cls file itself is chock-full of succinct and helpful comments. If you consider yourself a moderately experienced to expert user of L^AT_EX, you may find reading it useful but please remember not to change it.