

1일 1로그  
100일완성  
IT지식

Understanding  
the Digital World

# UNDERSTANDING THE DIGITAL WORLD (2nd edition)

Copyright © 2021 by Princeton University Press

All rights reserved.

No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the Publisher.

Korean translation copyright © 2021 by INSIGHT

Korean translation rights arranged with Princeton University Press  
through EYA (Eric Yang Agency)

이 책의 한국어판 저작권은 EYA(Eric Yang Agency)를 통해 Princeton University Press와 독점계약한 인사이트에 있습니다.

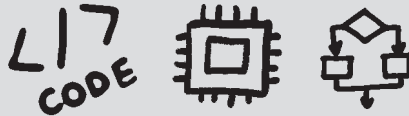
저작권법에 의하여 한국 내에서 보호를 받는 저작물이므로 무단전재 및 복제를 금합니다.

## 1일 1로그 100일 완성 IT 지식

하드웨어, 소프트웨어, 통신, 데이터, 4가지 IT 근육으로 디지털 문해력 기르기

**전자책 1쇄 발행** 2022년 1월 18일 **지은이** 브라이언 W. 커니핸 **옮긴이** 하성창 **펴낸이** 한기성 **펴낸곳** (주)도서출판인사이트  
**편집** 김지희, **나수지** **등록번호** 제2002-000049호 **등록일자** 2002년 2월 19일 **주소** 서울특별시 마포구 연남로5길 19-5 **전화**  
02-322-5143 **팩스** 02-3143-5579 **블로그** <http://blog.insightbook.co.kr> **이메일** [insight@insightbook.co.kr](mailto:insight@insightbook.co.kr) **ISBN** 978-89-6626-340-0

1일 1로그  
100일 완성 IT 지식



하드웨어, 소프트웨어, 통신, 데이터,  
4가지 IT 근육으로 디지털 문해력 기르기



브라이언 W. 커니핸 지음 / 하성창 옮김

인사이트





메그에게 이 책을 바친다.

# 1일1로그100일 완성 IT 지식



메타버스 시대 IT 기초체력 기르기 챌린지, 시작해 볼까요?  
먼저 각 챕터를 언제 읽을 것인지, 퀘스트 날짜를 적어 주세요.

DAY	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010
퀘스트 날짜								☆		
결과										

DAY	011	012	013	014	015	016	017	018	019	020
퀘스트 날짜			☆							
결과										

DAY	021	022	023	024	025	026	027	028	029	030
퀘스트 날짜	☆							☆		
결과										

DAY	031	032	033	034	035	036	037	038	039	040
퀘스트 날짜										
결과										

DAY	041	042	043	044	045	046	047	048	049	050
퀘스트 날짜					☆					
결과										

계획한 날짜에 읽었다면 퀘스트 성공!

하루하루 성공 기록을 쌓다 보면 어스새 든든한 IT 근육을 갖게 될 거예요.



DAY	051	052	053	054	055	056	057	058	059	060
퀘스트 날짜	☆									
결과										

DAY	061	062	063	064	065	066	067	068	069	070
퀘스트 날짜					☆					
결과										

DAY	071	072	073	074	075	076	077	078	079	080
퀘스트 날짜									☆	
결과										

DAY	081	082	083	084	085	086	087	088	089	090
퀘스트 날짜				☆						
결과										

DAY	091	092	093	094	095	096	097	098	099	100
퀘스트 날짜							☆			
결과										

들어가며 .....	xiv
서문 .....	xxvi

---

<b>I부</b>	<b>IT 근육 하나</b>	<b>하드웨어</b>	<b>1</b>
-----------	-----------------	-------------	----------

---

001 컴퓨터의 논리와 구조 .....	8
002 프로세서 속도와 심장 박동수 .....	12
003 HDD와 SSD의 차이 .....	17
004 가로세로 1cm 프로세서 칩 .....	22
005 50년 넘게 유지된 무어의 법칙 .....	27
006 요약 .....	30
007 연속과 불연속 .....	33
008 아날로그 정보를 디지털로 바꾸기 .....	36
009 0과 1의 세계 .....	46
010 비트 모아 데이터 .....	50
011 요약 .....	57
012 프로세서와 계산기의 다른 점 .....	59
013 모형 컴퓨터로 더하기 프로그램 만들기 .....	60
014 프로세서는 무조건 빠른 게 좋을까? .....	71

015 캐시가 뭐가요?	76
016 슈퍼컴퓨터부터 사물인터넷까지	78
017 요약	83

## II부

IT 근육들

## 소프트웨어

89

018 알고리즘과 초콜릿 케이크 레시피	95
019 반에서 가장 큰 사람 찾기: 선형 알고리즘	97
020 10억 개 전화번호에서 이름 찾기: 이진 검색	101
021 검색을 쉽게 만드는 정렬: 선택 정렬 vs 퀵 정렬	104
022 10개 도시를 최단거리로 여행하는 법	111
023 요약	117
024 알고리즘은 이상, 프로그래밍은 현실	120
025 다른 프로그램을 처리하기 위한 프로그램	122
026 고수준 언어에서 프로그램 실행까지	124
027 작문과 비슷한 프로그래밍	130
028 구글 같은 서비스는 어떻게 개발할까?	137
029 구글과 오라클의 저작권 소송	146
030 기술 표준의 중요성	156
031 자유로운 소프트웨어, 오픈소스	158
032 요약	162
033 컴퓨터를 작동하게 만드는 운영체제	164
034 가상 운영체제와 가상 머신	171
035 운영체제가 일하는 법	176

036	파일 시스템과 블록	182
037	파일을 휴지통에 넣을 때 일어나는 일	188
038	여러 작업을 수행하는 애플리케이션	194
039	소프트웨어의 계층 구조	198
040	요약	202
041	자바스크립트와 파이썬	204
042	프로그래밍 언어의 주요 개념	207
043	자바스크립트로 Hello, World 출력하기	208
044	사용자 이름 입력받아 출력하기	211
045	루프와 조건문	213
046	자바스크립트로 구글 지도에 위치 표시하기	218
047	자바스크립트는 어떻게 작동할까?	220
048	파이썬으로 Hello, World 출력하기	222
049	더하기 프로그램 만들기	224
050	파이썬으로 그래프 그리기	227
051	파이썬은 어떻게 작동할까?	231
052	요약	232

### III부

IT 근육 셋

### 통신

239

053	전화부터 와이파이까지, 네트워크의 기본 속성	248
054	삐- 삐- 추억의 모뎀 소리	249
055	킬로바이트에서 메가바이트로	251
056	학교나 회사에서 사용하는 근거리 네트워크, 이더넷	255
057	와이파이는 상표 이름	259

058	휴대전화가 영어로 셀룰러폰인 이유	263
059	3G, LTE, 4G, 5G	268
060	ZIP 파일로 압축할 때	270
061	오류를 검출하고 수정하는 알고리즘	275
062	요약	278
063	표준과 프로토콜의 세계, 인터넷	280
064	인터넷이 가능한 메커니즘	282
065	나만의 도메인이 갖고 싶다면?	287
066	출발지에서 목적지까지, 인터넷 경로 확인하기	296
067	데이터를 전송하는 핵심 프로토콜 TCP/IP	300
068	최상위 프로토콜: 메일 전송과 파일 공유	306
069	디지털 저작권 논쟁	315
070	보안에 취약한 IoT 기기들	318
071	요약	321
072	월드 와이드 웹은 무료다	326
073	URL의 의미	329
074	HTML과 CSS로 간단한 웹페이지 만들기	331
075	쿠키를 삭제하시겠습니까?	335
076	어도비 플래시는 왜 퇴출됐을까?	337
077	이메일 첨부파일을 함부로 클릭하면 안 되는 이유	341
078	바이러스 전파	344
079	곳곳에 도사리는 위험	348
080	웹에서 나를 지키는 3단계 방어책	363
081	요약	369

082	제타바이트 시대	377
083	검색 엔진과 타깃 광고	379
084	내가 인터넷을 보면 인터넷도 나를 본다	386
085	트윗을 올리기 전에	400
086	메타데이터에 관한 불편한 진실	406
087	클라우드와 프라이버시	411
088	요약	420
089	인간의 영역에 들어온 컴퓨터	422
090	인공지능의 겨울	425
091	머신러닝의 학습 알고리즘	427
092	인간 뇌를 모방한 신경망과 딥 러닝	432
093	인공지능과 사람이 쓴 시를 구별할 수 있을까?	436
094	요약	442
095	숨길 게 없다면 괜찮을까?	447
096	둘이서만 공유하는 비밀 키 암호 기법	449
097	공개 키 암호 기법과 닫힌 자물쇠	455
098	인터넷에 흔적을 남기지 않고 거래할 수 있을까?	463
099	요약	473
100	사람은 빠르게 변하지 않는다	477



용어 해설	486
윤근이의 글	503
찾아보기	506

1999년부터 거의 매년 가을, 프린스턴 대학 Princeton University에서 ‘우리 세상의 컴퓨터들 Computers in Our world’이라는 과목을 가르치고 있다. 과목 이름이 조금 애매한데, 어느 날 5분 내로 이름을 정해야 했고, 나중에 바꾸기 어려워졌기 때문이다. 그렇지만 어느새 이 과목을 가르치는 일이 즐거운 교수 생활 중에서도 가장 재미있는 일이 됐다.

이 수업은 우리 주변이 온통 컴퓨터와 컴퓨팅 기술로 뒤덮여 있다는 관찰에서부터 시작되었다. 어떤 컴퓨팅 기술은 확연히 눈에 띈다. 요즘 학생들이 사용하는 노트북의 성능은 내가 대학원생이던 1964년 당시 캠퍼스 전체의 업무를 처리하던 IBM 7094 컴퓨터(가격이 수백만 달러에 달했고, 냉방 시설이 있는 매우 큰 방을 가득 채울 정도로 부피가 컸다)\* 한 대보다 월등히 높다. 지금 누구나 갖고 있는 휴대전화 성능 또한 그 컴퓨터보다 훨씬 좋다. 학생들 모두 고속 인터넷에 접속할 수 있는 상태인데, 전 세계 인구 중 많은 이가 그럴 것이다. 모두 온라인으로 검색과 쇼핑을 하고, 친구나 가족과 연락하기 위해 이메일, 문자 메시지, SNS를 이용한다.

하지만 이는 빙산의 일각에 불과하며, 컴퓨팅의 대부분은 수면 아래에 숨어 있다. 우리는 가전제품, 자동차, 항공기뿐만 아니라 스마트TV, 스마트 온도조절기, 스마트 도어락, 음성 인식기, 피트니스 기기, 무선 이어폰, 장난감, 게임기처럼 자연스럽게 사용하는 전자 기기에도 컴퓨터가 숨어 있을 것이라고 인지하지 못한다. 또한 전화망, 방송 시스템, 항공 교통 관

\* IBM 7094에는 약 150KB의 RAM이 장착되어 있었고, 클럭 속도는 500kHz였으며, 가격이 거의 300만 달러였다. [en.wikipedia.org/wiki/IBM\\_7090](http://en.wikipedia.org/wiki/IBM_7090)

제, 전력망, 은행과 금융 서비스 같은 인프라가 컴퓨팅에 얼마나 의존하는 지 별로 생각하지 않는다.

### 인터넷으로 완전히 연결된 세상에서 일어나는 일

대부분의 사람들은 그런 시스템을 만드는 데 직접 관여하지 않지만, 모든 사람이 시스템의 영향을 크게 받고 있고 어떤 이들은 시스템과 관련해서 중요한 결정을 내리는 위치에 있을 수도 있다. 정규 교육을 받았다면 최소한 컴퓨팅의 기본 개념은 알아야 한다. 즉, 컴퓨터가 무엇을 할 수 있고 어떤 원리로 그런 기능을 수행하는지, 컴퓨터가 절대 할 수 없는 일은 무엇이고, 당장 수행하기 어려운 일은 무엇인지, 컴퓨터끼리 어떻게 대화하고 그럴 때 무슨 일이 일어나는지, 컴퓨팅과 통신이 세상에 어떻게 영향을 미치고 얼마나 다양한 영향을 미치는지 알아 둘 필요가 있다.

컴퓨팅은 우리의 삶 곳곳에 스며들어 있고, 예상치 못한 방식으로 우리에게 영향을 미친다. 감시 시스템의 강화, 프라이버시 침해, 신분 도용의 위험성에 대해 들은 적은 있어도, 그런 일이 컴퓨팅과 통신 기술 덕에 어디까지 가능해졌는지는 깨닫지 못한다.

2013년 6월, NSA National Security Agency, 미국 국가안보국에서 계약직으로 일하던 에드워드 스노든 Edward Snowden은 NSA가 일상적으로 전화 통화, 문자, 이메일, 인터넷 사용 등 전자 매체를 통해 이루어진 통신을 감시하고 정보를 수집해 왔음을 폭로하는 5,000여 개 문건을 언론에 제공했다. 전 세계 거의 모든 사람을 대상으로 정보를 수집했지만, 자국 안보에 그 어떤 위협도 되지 않는 미국 내 거주하는 미국인들도 주요 대상이었다. 스노든의 문서에 따르면 다른 국가도 자국민을 감시 중이었다. 어찌면 가장 놀라운 점은 처음에 이 사실을 듣고 분노했던 사람들이 이제는 체념하거나 잊고 지낸

다는 것이며, 갈수록 더 많은 정부가 감시 활동을 벌인다는 것이다.

기업 또한 우리가 온라인과 현실 세계에서 무엇을 하는지 추적하고 감시한다. 많은 회사의 사업 모델이 광범위한 데이터를 수집하고, 이를 토대로 사람들의 행동을 예측하거나 그들에게 영향을 주는 데 기반을 두고 있다. 방대한 데이터를 사용할 수 있게 되면서 음성 이해, 컴퓨터 비전, 언어 번역 기술이 크게 발전했지만, 그 대가로 우리의 프라이버시를 보호하기는 더 어려워졌고 그 누구도 익명으로 지내기 힘들다.

데이터 저장소를 노리는 각종 해커의 공격은 더 정교해졌다. 해커가 전자 매체를 통해 기업과 정부 기관에 침입하는 사건이 거의 매일 일어난다. 범죄자들은 고객과 직원에 대한 정보를 대량으로 훔쳐서 사기나 신원 도용에 주로 사용한다. 개인을 노린 공격도 흔히 발생한다. 예전에는 수상한 발신인이 보낸 메일을 무시하기만 해도 온라인 신용 사기로부터 안전할 수 있었다. 하지만 이제는 표적 공격이 훨씬 교묘해졌고, 구멍 뚫린 회사 컴퓨터가 데이터 유출의 주된 경로 중 하나가 됐다.

페이스북Facebook, 인스타그램Instagram, 트위터Twitter, 레딧Reddit을 비롯한 많은 SNS는 사람들이 서로 관계 맺는 방식을 바꿔 놓았다. 물론 친구나 가족과 연락하고, 뉴스를 보고, 온갖 종류의 오락거리를 즐길 수 있다는 긍정적인 면도 있다. 때로는 사회에 좋은 영향을 미치기도 하는데, 2020년 중반 미 경찰의 폭력 행위를 담은 동영상이 SNS에서 화제가 되면서 블랙 라이브스 매터Black Lives Matter 운동에 모두의 이목이 집중됐던 것이 하나의 사례다.

하지만 SNS는 수많은 부정적인 문제의 원인이 되기도 했다. 신념이나 정치적 입장을 불문하고 인종 차별주의자, 혐오 단체, 음모론자와 다른 정신 나간 사람들이 인터넷상에서 서로 규합하고 조직화하기 쉬워져, 그들의 영

향력이 증폭될 수 있다. 표현의 자유를 주장하는 가시 돌친 목소리나 콘텐츠를 관리하는 데서 오는 기술적 어려움 같은 문제 때문에, 혐오감을 드러내거나 터무니없는 내용을 담은 정보가 확산되는 것을 늦추기는 쉽지 않다.

인터넷으로 완전히 연결된 세상에서는 관할권 문제도 까다롭다. 2018년부터 EU유럽 연합는 GDPR(General Data Protection Regulation, 일반 데이터 보호 규정)을 시행했다. 이 법령은 EU 거주자가 자신의 개인정보의 수집과 사용을 제어할 수 있게 하고, 기업에서 그런 정보를 EU 외부에 전송하거나 저장하는 것을 막아 준다. 개인 프라이버시 문제를 개선하는 데 GDPR이 얼마나 효과적인지는 아직 확실하지 않다. 물론 이 규정은 EU에만 적용되고, 나머지 지역은 규정의 내용이나 법제화 정도에 차이가 있다.

클라우드 컴퓨팅, 즉 개인이나 회사가 아마존Amazon, 구글Google, 마이크로소프트Microsoft 같은 업체에서 제공하는 서버를 사용해서 데이터를 저장하고 컴퓨팅을 수행하는 방식이 빠르게 채택되면서 문제는 한층 더 복잡해졌다. 데이터는 더 이상 소유자가 직접 보유하지 않고 제3자가 보유하며, 업체마다 관심사, 책임의 정도가 다르며, 보안 취약점도 서로 다르다. 그리고 관할권이 달라 법적 요건이 상충할 수도 있다.

또한 모든 종류의 장치가 인터넷에 연결되는 ‘사물인터넷(IoT, Internet of Things)’ 기술이 급속도로 발전하고 있다. 우리에게 익숙한 스마트폰 외에도 자동차, 보안 카메라, 가전 기기 및 제어 장치, 의료 기기 같은 장치뿐만 아니라 항공 교통 관제, 전력망과 같은 수많은 인프라도 포함된다. 앞으로도 모든 장치를 인터넷에 연결하려는 추세가 계속될 텐데, 인터넷에 연결함으로써 얻는 이점을 뿌리치기 어렵기 때문이다. 안타깝게도 사물인터넷은 보안 위험성이 크다. 일부 장치는 단순히 오락을 위한 것이 아니라 생사와 직결된 시스템을 제어하고, 대개 이러한 장치의 보안성은 더 성숙한

시스템보다 훨씬 약하기 때문이다.

암호 기법은 이 모든 문제에 대한 효과적인 방어책 중 하나다. 비공개로 안전하게 통신하고 데이터를 저장할 방법을 제공한다. 그러나 강력한 암호 기법조차도 끊임없이 공격받고 있다. 정부는 개인, 회사, 또는 테러리스트가 완전히 정부 몰래 통신할 수 있는 상황을 좋아하지 않기 때문에, 정부 기관이 암호화를 해제할 수 있게 암호 기법 알고리즘에 백도어를 넣을 것을 빈번하게 요구한다(물론 '적절한 안전장치 마련'이나 '국가 보안을 위해' 같은 표현을 동원한다). 아무리 좋은 의도라 해도 정말 좋지 못한 발상이다. (스노든 사건을 보고도) 정부가 항상 정직하게 행동하고 비밀 정보가 절대 유출되지 않을 것이라고 믿는다 하더라도, 약화된 암호 기법은 아군뿐만 아니라 적군에게도 도움을 줄 것이다. 그리고 만약 악당이라면 약화된 기법을 사용하지 않을 것이다.

이상은 내 수업을 듣는 학생이나 교양 있는 일반인이 각자의 배경이나 교육 수준과는 무관하게 걱정해야 하는 문제와 쟁점이다.

이 강의를 듣는 학생들은 대부분 과학 기술에 대한 지식이 깊지 않다. 즉, 공학, 물리학, 수학 전공자가 아니다. 대신 그들은 영문학, 정치학, 역사학, 고전학, 경제학, 음악, 미술 전공자들로, 인문학도와 사회과학도가 한데 모여 있다. 중강 무렵에는 이 똑똑한 젊은이들이 컴퓨팅 기술에 관한 신문 기사를 능숙하게 읽고 이해하며, 전보다 더 많은 지식을 얻고 어찌면 틀린 부분을 지적하게 될지도 모른다. 더 광범위하게는, 학생들뿐만 아니라 이 책의 독자들도 기술에 관해 더 날카롭게 의문을 제기했으면 하고, 기술이 유익하지만 언제나 만병통치약은 아니라는 사실을 알기를 바란다. 역으로, 기술이 때로는 나쁜 영향을 미치기는 해도 순전히 유해한 것은 아니라는 점도 알았으면 한다.

## 메타버스에서 살아가기 위한 최소한의 IT 지식

리처드 몰러Richard Muller가 쓴 《대통령을 위한 물리학》\*은 각계 지도자가 고심해야 하는 주요 이슈, 즉 핵 위협, 테러 공격, 에너지 문제, 지구 온난화 등과 관련한 과학 기술적 배경을 설명해 준다. 굳이 대통령이 되려는 사람이 아니어도 박식한이라면 이런 주제를 어느 정도 알고 있어야 한다. 몰러의 비유를 빌려, 내가 이루고자 하는 목표를 담아 이 책을 한마디로 설명하자면, 바로 ‘미래의 대통령을 위한 컴퓨팅’이다.

미래의 대통령은 컴퓨팅에 대해 무엇을 알고 있어야 할까? 박식한 사람이라면 컴퓨팅에 대해 어떤 것을 알아야 할까? 독자 여러분은 무엇을 알아야 할까?

컴퓨팅을 네 가지 핵심 기술 영역으로 나누어 살펴볼 것이다. 바로 하드웨어, 소프트웨어, 통신, 데이터다.

하드웨어는 가시적인 부분으로, 보고 만질 수 있고, 집이나 사무실에 있으며, 우리가 늘 갖고 다니는 휴대전화에도 들어 있는 컴퓨터를 의미한다. 컴퓨터 내부에는 무엇이 있고, 컴퓨터는 어떻게 작동하고 어떻게 만들어질까? 어떻게 정보를 저장하고 처리할까? 비트와 바이트는 무엇이고 음악이나 영화, 그 밖의 모든 것을 표현하는 데 어떻게 사용될까?

소프트웨어, 즉 컴퓨터에 무엇을 해야 하는지 알려 주는 명령어는 하드웨어와 달리 뚜렷한 실체가 없다. 컴퓨터로 무엇을 계산할 수 있고, 얼마나 빨리 계산할 수 있을까? 컴퓨터에게 할 일을 어떻게 알려 줄 수 있을까? 컴퓨터가 제대로 작동하게 하는 것은 왜 그토록 어려울까? 컴퓨터를 사용하다 보면 까다로운 상황이 자주 발생하는 이유는 뭘까?

\* 훌륭한 저서로, 이 책을 쓰는 데 영감을 주었다.

통신은 컴퓨터, 휴대전화, 다른 장치가 서로 대화함으로써 멀리 있는 사람들끼리도 서로 이야기할 수 있게 하는 기술을 뜻한다. 인터넷, 웹, 이메일, SNS가 여기에 해당한다. 이들은 어떻게 작동할까? 통신이 주는 이점은 분명하지만, 이로 인해 우리가 직면하게 되는 위협 요소에는 어떤 것이 있을까? 특히 프라이버시와 보안에는 어떤 위협이 산재하며, 이를 어떻게 완화할 수 있을까?

데이터는 하드웨어와 소프트웨어가 수집, 저장, 처리하고 통신 시스템이 전 세계에 전송하는 모든 정보를 말한다. 그중 일부는 우리가 신중하게 또는 별생각 없이 글, 사진, 비디오를 업로드하여 자발적으로 제공한 것이다. 대부분은 개인정보로, 일상에서 우리가 모르는 상태에서 동의 없이 수집되고 공유된다.

대통령이든 아니든, 컴퓨팅 세계는 여러분에게 직접적으로 영향을 미치므로 이에 대해 알아야 한다. 여러분의 생활과 업무가 기술과 동떨어져 보더라도 기술 자체나 기술과 관련된 사람과 상호작용해야 한다. 컴퓨팅 장치와 시스템의 작동 방식을 어느 정도 아는 것은 큰 이점이 될 수 있다. 판매원, 전화 상담사, 또는 정치인이 사실을 있는 그대로 말해 주지 않음을 알아채는 것 같은 간단한 일에서조차 말이다.

실제로 몰라서 피해를 입을 수도 있다. 바이러스, 피싱을 비롯한 보안 위협을 이해하지 못하면 좀 더 쉽게 위협에 빠질 수 있다. 여러분이 은밀하게 여기는 정보를 SNS가 어떻게 유출하는지, 심지어 널리 퍼뜨리는지 모른다면 여러분이 알고 있는 정도보다 훨씬 많은 정보를 노출하게 될 가능성이 크다. 사업자들이 당신의 사생활에 대해 알아낸 정보를 이용하려고 앞뒤 가리지 않고 달려드는 것을 눈치채지 못한다면, 작은 이득을 대가로 프라이버시를 포기하는 셈이 된다. 키플러나 공황에서 인터넷 뱅킹



을 이용하는 것이 왜 위험한지 모르면 돈이나 신원을 도용당하기 쉽다. 데이터가 얼마나 쉽게 조작될 수 있는지 모른다면 가짜 뉴스, 합성된 이미지, 음모론에 속아 넘어갈 가능성이 커진다.

이 책은 처음부터 순서대로 읽도록 구성되어 있지만, 관심 있는 주제부터 먼저 읽고 앞부분을 나중에 읽어도 좋다. 예를 들어 3부에 나오는 네트워크, 휴대전화, 인터넷, 웹, 프라이버시 이슈에 대해 먼저 읽어도 된다. 몇 가지 주제는 앞부분을 읽어야 이해할 수 있지만, 대부분은 무리가 없을 것이다. 숫자가 많이 나오는 부분, 예를 들어 1부 이진수의 작동 원리 부분은 그냥 넘어가도 무방하며, 2부 프로그래밍 언어 세부 사항은 무시해도 된다.

주석에는 내가 좋아하는 책 정보와 보충 자료에 대한 링크가 있다. 마지막 용어 해설에는 중요한 기술 용어와 약어의 간략한 정의와 설명이 포함되어 있다.

컴퓨팅 기술을 다룬 책은 금세 구식이 되기 쉽고, 이 책도 예외는 아니다. 이 책의 1판은 적대적인 집단이 여론을 흔들고 미국과 다른 나라의 선거 결과에 얼마나 큰 영향을 줄 수 있는지 알기 훨씬 전에 출간되었다. 2판은 몇 가지 중요한 새로운 이야기를 포함하며 업데이트됐다. 그중 다수가 프라이버시 및 보안과 관련된 것인데, 지난 몇 년간 그 문제가 더 시급한 이슈로 떠올랐기 때문이다. 인공지능과 머신러닝, 그리고 그 둘을 그토록 효과적으로 만드는 동시에 때때로 매우 위험하게 만드는 빅데이터의 역할에 관한 이야기도 추가했다. 또한 불분명한 설명을 명확히 하려고 노력했으며, 오래된 내용은 삭제하거나 새것으로 대체했다. 그래도 여러분이 이 책을 읽을 때 몇몇 세부 사항은 틀리거나 오래된 정보가 됐을 수도 있겠지만, 앞으로도 계속 의미 있을 만한 부분은 명백히 구분하려고 노력했다.

이 책의 목표는 여러분이 놀라운 기술에 감사하는 마음을 갖고 기술이 어떻게 작동하는지, 어디서 왔는지, 미래에 어디로 갈 것인지를 이해하게 되는 것이다. 그 과정에서 어쩌면 세상을 바라보는 유용한 방법을 찾을 수 있을 것이다. 부디 그렇게 되기를 희망한다.

## 감사의 글

책의 완성도를 높이는 데 도움을 준 친구와 동료에게 다시 한 번 감사의 뜻을 전한다. 예전에도 자주 도와주었지만, 존 벤틀리는 초고를 여러 차례 세심히 읽고 구성에 관한 의견을 주고, 사실 여부를 확인하며, 새로운 사례를 제시해 주었는데, 모두 소중하게 반영했다. 엘 에이호, 스와티 바트, 조반니 데 페라리, 폴 커니헨, 존 린더만, 마들렌 플라네-크로커, 아놀드로빈스, 양 송, 하워드 트릭키, 존 웨이트는 전체 원고를 읽고 상세한 의견을 보내 주었다. 또한 파브리치오 드'아모레, 피터 그라보프스키, 아비가 일 굽타, 마이아 하민, 제라드 홀츠만, 켄 램버트, 다니엘 로프레스티, 테오도르 마르쿠, 조앤 오달, 아유시 신하, 윌리엄 우게타, 피터 와인버거와 프란시스카 웨이리시 프레이베르그는 귀중한 제안을 해주었다. 하성창의 1판 한국어 번역 덕분에 2판의 영어 버전도 훨씬 좋아졌다. 해리 루이스, 존 맥코믹, 브라이언 레스패스, 에릭 슈미트는 관대하게도 1판 추천사를 써주었다. 매번 그렇듯이, 프린스턴 대학 출판부의 제작 팀 마크 벨리스, 로레인 도네커, 크리스틴 흄, 디미트리 카레트니코프, 할리 스테빈스와 함께 일할 수 있어 즐거웠다. 특별히 꼼꼼하게 교정과 사실 확인을 해준 메리엘렌 올리버에게도 감사의 말을 전하고 싶다.

COS 109 강의를 시작하고 20년이 지난 지금, 수업을 들었던 학생들은 세상을 이끌거나 적어도 세상이 순조롭게 흘러가도록 돕기 시작했다. 언

론인, 의사, 법조인, 교사, 공무원, 회사 설립자, 예술가, 연기자, 또는 사회 활동에 열심히 참여하는 시민으로 나아가고 있다. 정말 자랑스럽다.

COVID-19 위기 상황에서 힘들게 일하고 희생하여, 사람들이 집에서 편안하게 일하고 필수 서비스와 의료 시스템이 계속 작동할 수 있게 해준 많은 사람들에게 우리 모두는 큰 빚을 지고 있다. 말로 다할 수 없이 감사드린다는 메시지를 전한다.

## 1판 감사의 글

다시금 친구와 동료들이 준 아낌없는 도움과 조언에 깊이 감사드린다. 존 벤틀리는 《디지털의 Dd is for Digital》\*와 마찬가지로 모든 페이지를 세심히 읽고 유용한 의견을 주었다. 이 책은 그의 기여 덕분에 훨씬 좋아졌다. 또한 스와티 바트, 조반니 데 페라리, 피터 그라보프스키, 제라드 홀츠만, 비키 킨, 폴 커니헨, 에렌 쿠르순, 데이비드 말란, 데이비드 마우스코프, 디파 무랄리다르, 마들렌 플라네-크로키, 아놀드 로빈스, 하워드 트릭키, 자넷 베르테시, 존 웨이트에게서 전체 원고에 대한 소중한 제안, 비평, 교정을 받았다. 아울러 데이비드 톱킨, 앨런 도노반, 앤드류 저드키스, 마크 커니헨, 엘리자베스 린더, 재클린 미슬로, 아빈드 나레이야난, 조나 시노위츠, 피터 와인버거, 토니 위스는 유용한 조언을 해주었다. 프린스턴 대학 출판부의 제작 팀, 마크 벨리스, 로레인 도네커, 디미트리 카레트니코프, 비키 킨과 함께 일할 수 있어 즐거웠다. 이들 모두에게 감사를 전한다.

언제나 환영해 주고, 즐거운 대화와 함께 매주 무료 점심식사를 제공해 준 프린스턴 대학 정보기술정책센터Center for Information Technology Policy에 감사드린다. 멋진 재능과 열정으로 나를 계속 놀라게 하고 영감을 주는 COS

\* (옮긴이) 이 책의 전신에 해당하는 책으로, 2011년에 독립 출판으로 출간되었다.

109 수강생 여러분께도 감사의 말을 전한다.

### 《디지털의 D》 감사의 글

아낌없이 도와주고 조언해 준 친구와 동료들에게 깊이 감사드립니다. 특히 존 벤틀리는 여러 차례 초고의 거의 모든 페이지에 대해 상세한 의견을 주었다. 아울러 클레이 바버, 댄 벤틀리, 힐도 비에르마, 스튜 펠드만, 제라드 홀츠만, 조슈아 카츠, 마크 커니헨, 맥 커니헨, 폴 커니헨, 데이비드 말란, 탈리 모레스헤트, 존 리케, 마이크 시, 비아네 스트롭스트롭, 하워드 트릭키, 존 웨이트는 완성된 초안을 매우 세심히 읽고 유용한 제안을 많이 해 주었고, 몇 가지 큰 실수를 바로잡아 주었다. 또한 제니퍼 쉐, 디그 클라크, 스티브 엘거스마, 아비 플람홀츠, 헨리 라이트너, 마이클 리, 휴 린치, 패트릭 맥코믹, 재클린 미슬로, 조나단 로셀, 코리 톰슨, 크리스 반 워이 보내 준 소중한 의견에 감사를 표한다. 모쪼록 그들이 내가 조언을 반영한 많은 부분은 알아보고, 반영하지 않은 몇 부분은 알아채지 못했으면 한다.

데이비드 브레일스포드는 자신이 어렵게 얻은 경험을 바탕으로 자가 출판과 텍스트 포매팅에 대한 유용한 조언을 많이 해주었다. 그렉 돈치와 그렉 윌슨은 출판에 대한 조언을 해주었다. 사진을 제공해 준 제라드 홀츠만과 존 웨이트에게도 감사하다.

해리 루이스는 이 책의 첫 초안 일부가 작성된 2010~2011학년도에 나를 하버드 대학에 초대해 주었다. 비슷한 과목을 가르친 경험\*에서 우리나라

\* Hal Abelson, Ken Ledeen, Harry Lewis, Wendy Seltzer, *Blown to Bits: Your Life, Liberty, and Happiness After the Digital Explosion 2/e*, Addison-Wesley, 2020. 사회 정치적으로 중요한 주제를 언급하며, 특히 인터넷에 관해 다룬다. 이 책의 내용은 하버드 대학의 비슷한 강의에서 유래했는데, 내가 강의하는 프린스턴 대학 과목에 좋은 영감이 될 것이다.

해리의 조언은 여러 초안에 대한 그의 의견과 더불어 매우 소중한 정보였다. 하버드 대학의 공학 및 응용과학 학부와 인터넷과 사회를 위한 버크먼 센터(Berkman Center for Internet and Society)는 사무 공간과 편의 시설, 우호적이면서 고무적인 환경, 정기적인 무료 점심식사(정말로 있더군요!)를 제공해 주었다.

특히 COS 109, '우리 세상의 컴퓨터들'을 수강한 수백 명의 학생 여러분께 감사하다. 그들의 관심, 열정, 우정은 내게 끊임없는 영감의 원천이 되었다. 몇 년 후, 그들이 세상을 이끌어 갈 때 이 수업에서 배운 내용이 어떤 식으로든 도움이 되기를 바란다.

“최고의 시절이었고, 최악의 시절이었지.”

- 찰스 디킨스, 1859\*

나와 내내는 2020년 여름 휴가를 영국에서 보내기로 했다. 여기저기 예약을 하고 보증금을 내고 표를 산 다음, 친구에게 집과 고양이를 돌봐 달라고 부탁했다. 하지만 곧 세상이 바뀌었다.

3월 초, COVID-19가 전 세계적으로 중대한 보건 의료 위기가 될 것이 분명해졌다. 프린스턴 대학에서는 오프라인 수업을 중단했고 학생들을 예고 없이 집으로 돌려보냈다. 학생들은 일주일 만에 짐을 챙겨 떠나야 했다. 학교 측은 학생들이 학기 중에 다시 돌아올 일이 없도록 신속히 결정을 내렸다.

수업은 온라인으로 옮겨졌다. 학생들은 모두 원격으로 강의를 시청하고, 과제를 제출하고, 시험을 치르고, 학점을 받았다. 나도 줌Zoom 화상회의 시스템을 전문가 수준은 아니어도 꽤 능숙하게 사용할 수 있게 됐다. 다행히도 정원이 열 명 남짓한 작은 세미나 두 개를 맡아, 수강생들을 한 눈에 볼 수 있었고, 적절히 대화를 나눌 수 있었다. 하지만 대규모 강의를 맡은 교수들은 상황이 그리 녹록치 않은 듯했고, 가상 교탁 맞은편에 앉은 학생들에게도 물론 좋지 않은 경험이었을 것이다.

대부분의 학생은 전력 공급이 안정적이고, 인터넷 연결이 원활하며, 가족에게 별다른 문제가 없고, 음식이나 생활용품이 부족할 일 없는 편안한

\* Charles Dickens, *A Tale of Two Cities*, Chapman and Hall, 1859. 《두 도시 이야기》, 창비, 2014.

집으로 돌아갔다. 강요된 거리 두기 때문에 관계가 소원해지거나, 어쩔 수 없이 함께 지내면서 관계가 두터워지는 일이 생겼다(도리어 정반대의 경우도 있을 것이다). 하지만 이는 소소한 문제였다.

훨씬 나쁜 상황에 처해 있는 학생들도 있었다. 어떤 학생은 인터넷 연결이 불안정하거나 아예 되지 않아서 강의 시청은 물론 이메일을 사용할 수 없을 정도였다. 아프거나 장기간 격리된 학생도 있었다. 병든 친척을 돌봐야 하는 학생, 심지어 가족 중에 돌아가신 분이 생긴 학생도 있었다.

매일매일 이루어지는 학교 행정 업무도 온라인으로 옮겨졌다. 복도에서 일상적으로 나누던 대화는 일일 화상 회의로 바뀌었고, 문서 작업은 대부분 이메일로 대체됐다. 줌을 사용하는 데 점차 피로감이 커졌지만, 해커가 줌을 통해 내 온라인 공간을 침범하는 사태는 아직 일어나지 않았다.

세계 곳곳에서 운 좋은 사람들은 온라인으로 직업을 구할 수 있었고, 기업은 재택근무 모드로 신속히 전환했다. 사람들은 화상 회의 배경에 말끔한 책장이나 정돈된 꽃과 사진이 나오도록 꾸몄고, 아이나 동물 또는 다른 가족이 소리를 내거나 화면에 나오지 않도록 하는 데에도 익숙해졌다.

넷플릭스Netflix처럼 이미 잘나가는 비디오 스트리밍 서비스는 더욱더 인기가 높아졌다. 온라인 게임 서비스도 성장했고, 실제 스포츠 경기가 완전히 취소되면서 판타지 스포츠도 급성장했다.

우리는 COVID-19의 빠른 확산과 대비되는 더디고 불규칙적인 억제력을 계속해서 목격하며 무력감을 느꼈다. 이 와중에 정치인들이 현실성 없는 생각을 드러내거나 노골적인 거짓말을 쏟아내는 모습을 너무 많이 보아 왔다. 정직하고 능력 있는 지도자는 극히 드물었다. 아울러 우리는 기하급수적이라는 말이 얼마나 빠른 것인지 조금 체감하게 되었다.

## 밝은 빛에 드리워진 구름

새롭게 살아가는 방식에 적응하는 것은 놀랄 만큼 쉬웠다. 운 좋은 이들은 예전과 거의 다름없이 계속 일하고, 온라인으로 친구나 가족과 연락하고, 음식과 생활용품을 주문할 수 있었다. 인터넷과 모든 인프라가 우리를 연결된 채로 지내도록 해주었다. 일상은 놀라울 정도로 빠른 회복력을 보였다. 전력, 난방, 상하수도 시스템이 그랬듯이 통신 시스템이 이상 없이 돌아간 덕분이다.

기술 시스템이 전 세계적 위기 상황에도 너무나 잘 작동한 탓에, 우리는 이따금 불안해 하는 것 외에는 위기 상황을 잊고 지내는 경향이 있다. 각종 시스템, 그리고 (잘 드러나지 않지만) 배후에서 시스템이 돌아가도록 하는 영웅들의 희생 없이는 지금 같은 생활을 유지할 가망이 거의 없는데도 말이다. 또한 업무 특성상 온라인으로 일을 처리할 수 없다는 이유로 하룻밤 사이 일자리가 사라져 실직 상태가 된 수백만 명에게도 우리는 충분히 관심을 갖지 못했다.

Zoom은 3월에 처음 사용해 보기 전까지는 그야말로 들어 본 적도 없었다. Zoom은 2013년에 출시됐고 마이크로소프트 팀즈Teams나 구글 미트Meet 같은 대형 서비스와 경쟁하는 화상 회의 시스템이다. Zoom은 2019년에 나스닥에 상장했고 이 글을 쓰는 2020년 늦가을 기준 약 1천2백5십억 달러로 평가된다.\* 더 유명한 회사들, 예를 들어 제너럴 모터스(610억 달러), 제너럴 일렉트릭(850억 달러)보다 훨씬 높고 IBM(1천1백6십억 달러)보다도 높다.

안정적인 고속 인터넷, 카메라와 마이크가 연결된 컴퓨터가 있는 사람들은 업무를 온라인으로 이전할 수 있었다. 인터넷과 클라우드 서비스 제공 업체는 늘어난 트래픽을 처리할 능력이 충분했다. 화상 회의 시스템은

\* FTC(Federal Trade Commission, 연방거래위원회)에서 Zoom이 중단 간 암호화에 대해 거짓말했다는 혐의를 제기한 후 주가가 심하게 타격을 받았지만, 이후에 손실을 대부분 회복했다.



평범하지만 기능이 잘 정리되어 있어, 대부분의 사람들이 편하게 사용할 수 있었다. 이 중 어느 것도 10년 전에는 (있었다 하더라도) 지금처럼 잘 작동하지 못했을 것이다.

요약하면, 도처에 존재하는 최신 기술 덕분에 운 좋은 사람들은 정상적인 삶을 일정 수준까지 회복할 수 있게 됐다. 이런 경험은 기술의 영향력, 즉 기술이 얼마나 깊게 우리 삶의 일부가 되었는지, 어떻게 우리 생활을 온갖 측면에서 향상시키는지 일깨워 준다.

하지만 이 이야기에는 그다지 낙관적이지만은 않은 다른 면도 존재한다.

이미 과대망상, 혐오, 괴상한 이론의 온상인 인터넷은 더 나쁘게 변했다. SNS상에서 정치인과 정부 관료는 사실 여부에 관계없이 ‘뉴스’ 매체의 도움을 받아 거짓을 퍼뜨리고, 국민을 분열시켰으며, 비난을 회피했다. 트위터와 페이스북 같은 사이트는 사상의 자유로운 표현을 존중하는 중립적 플랫폼이 되는 것과 자극적인 게시물이나 노골적인 허위 정보의 포화를 제한하는 것 사이에서 중도를 찾지 못했다.

많은 나라에서 사람들의 생활을 구속하고 행동을 모니터링하거나 통제하기 위해 기술을 사용하면서 감시는 새로운 차원에 도달했다. 예를 들어 중국은 얼굴 인식 기술을 다른 용도 외에도 소수 민족을 추적하는 데 사용한다. COVID-19가 유행하는 동안 중국 정부는 일종의 ‘면역 여권’ 역할을 하는 앱의 설치를 의무화했는데, 이 앱은 사용자의 위치를 경찰에게 알리기도 한다.\* 미국과 영국에서는 지역에 따라 법 집행 기관에서 얼굴 인식 장치와 자동차 번호판 판독기 등을 이용하여 사람들을 지속적으로 감시한다.

\* 중국의 COVID-19 앱: [www.nytimes.com/2020/03/01/business/china-coronavirus-surveillance.html](http://www.nytimes.com/2020/03/01/business/china-coronavirus-surveillance.html)

휴대전화는 우리 위치를 끊임없이 모니터링하며, 다양한 이해관계자들은 이 데이터를 모아서 활용할 수 있다. 스마트폰 추적 앱은 기술의 본질적인 양면성을 보여 주는 아주 좋은 예다. 감염 의심자와 동선이 겹쳤는지 알려 주는 COVID-19 접촉자 추적 시스템에 누가 이의를 제기할 수 있겠는가? 하지만 국가에서 여러분이 어디를 다녔고 누구와 대화했는지 알게 하는 기술은 모니터링과 통제를 더 효과적으로 하는 데 도움이 된다. 원래 목적은 질병 추적이었지만, 비폭력 시위자, 반체제 인사, 정적, 내부고발자, 그 외 권력 기관에서 위협적이라고 여기는 인물을 색출하는 것 등의 다른 목적으로 변질되는 것은 마음먹기 나름이다(앱 기반 접촉자 추적이 과연 효과가 있는지도 확실하지 않은데, 거짓양성과 거짓음성 비율이 높을 수도 있기 때문이다\*).

온라인 세상과 현실 세계에서 이루어지는 대부분의 상호작용에 대해 무수히 많은 컴퓨터 시스템이 우리가 누구를 상대했는지, 얼마나 지불했는지, 당시 어디에 있었는지 지켜보고 기억한다. 이러한 데이터 수집은 상업적 이용을 주목적으로 하는데, 기업이 우리에게 관해 더 많이 알수록 더욱 정확하게 광고 표적으로 삼을 수 있기 때문이다. 대부분의 독자는 그런 데이터가 수집된다는 사실을 알고 있겠지만, 수집되는 데이터의 양과 그 상세한 정도를 알면 놀랄 것이다.

기업이 유일한 관찰자는 아니며, 정부도 감시 활동에 깊이 관여하고 있다. 에드워드 스노든이 폭로한 NSA 이메일, 내부 보고서, 파워포인트 자

\* 브루스 슈나이어(Bruce Schneier)가 접촉자 추적 앱의 효과에 대해 작성한 블로그 글: [www.schneier.com/blog/archives/2020/05/me\\_on\\_covid-19.html](http://www.schneier.com/blog/archives/2020/05/me_on_covid-19.html)  
(옮긴이) 국내에서는 앱 기반 접촉자 추적을 사용하지 않고 있으며, 질병관리청의 역학조사에 의존한다. [ko.wikipedia.org/wiki/접촉자\\_추적](http://ko.wikipedia.org/wiki/접촉자_추적)

료는 디지털 시대에 일어나는 엠타 활동에 대해 많은 사실을 보여 준다.\*  
요지는 NSA가 모든 사람을 대규모로 감시하고 있다는 것이다.

스노든이 밝힌 내용은 충격적이었다. 사람들은 줄곧 NSA가 시인한 것보다 많은 사람을 감시했을 것이라고 의심해 왔지만, 실제로 드러난 규모는 모든 사람의 상상을 뛰어넘었다. NSA는 일상적으로 미국 내에서 이루어진 모든 전화 통화에 대한 메타데이터를 수집했다. 누가 누구한테 전화했는지, 언제 통화했고 얼마나 오래 통화했는지 기록했다. 통화 내용도 기록했을 가능성이 있다. 스카이프를 나눈 대화와 이메일 연락처를 기록했고, 어쩌면 메일 내용도 기록했을 것이다(물론 여러분의 것도 마찬가지다). NSA는 세계 지도자들의 휴대전화를 도청했다. 해저 케이블이 미국으로 들어가고 나오는 지점에 있는 장비에 기록 장치를 설치하여 엄청난 양의 인터넷 트래픽을 가로챘다. 주요 통신 업체와 인터넷 회사에 사용자에 대한 정보를 수집하고 전달하도록 협조를 요청하거나 강요했다. 또한 대량의 데이터를 장기간 저장하면서 그중 일부를 다른 국가의 정보기관과 공유했다.†

상업적 영역으로 돌아오면, 우리는 하루가 멀다하고 회사나 공공 기관에서 보안 침해 사고가 일어났다는 소식을 듣는다. 신원 불명의 해커가 수백만 명의 이름, 주소, 신용카드 번호와 다른 개인정보를 훔친다. 대개 최첨단 기술을 활용한 범죄자의 소행이지만, 때로는 값진 정보를 찾으려는 다른 국가의 간첩 행위일 수도 있다. 가끔은 정보를 관리하는 사람의 어리석거나 부주의한 행동 탓에 우발적으로 비공개 데이터가 노출되기도 한

\* 스노든 이야기는 글렌 그린월드(Glenn Greenwald)의 책 《스노든 게이트》, 몇몇 상을 수상한 로라 포이트리스(Laura Poitras)의 영화 《시티즌포(Citizenfour)》, 스노든의 자서전인 《영구 기록(Permanent Record)》, 바턴 겔만(Barton Gellman)의 《다크 미러(Dark Mirror)》에서 찾아볼 수 있다.

† [www.npr.org/sections/thetwo-way/2014/03/18/291165247/report-nsa-can-record-store-phone-conversations-of-whole-countries](http://www.npr.org/sections/thetwo-way/2014/03/18/291165247/report-nsa-can-record-store-phone-conversations-of-whole-countries)

다. 유출 방식이 무엇이든 간에, 우리에게 대해 수집된 데이터는 너무 자주 노출되거나 도용되어, 우리에게 안 좋은 방향으로 사용될 우려가 있다.

## 디지털 세상의 4가지 핵심 아이디어

이 책의 목적은 여러분이 이런 시스템이 어떻게 작동하는지 이해할 수 있도록, 배경이 되는 기술을 설명하는 것이다. 사진, 음악, 영화, 여러분의 사생활 같은 정보가 어떻게 금방 전 세계로 전송될 수 있을까? 이메일과 문자 메시지는 어떻게 작동하며, 어느 정도로 개인정보를 지켜 줄까? 스팸 메일은 왜 그렇게 보내기는 쉽고 없애기는 어려울까? 휴대전화는 여러분이 어디에 있는지 항상 보고할까? 누가 여러분을 온라인과 휴대전화상에서 추적하고 있고, 그게 어떤 점에서 문제가 되는 것일까? 군중 속에서 여러분의 얼굴을 인식할 수 있을까? 인식된 얼굴이 '당신'이라는 것을 누가 알까? 해커가 자동차의 제어권을 뺏을 수 있을까? 자율주행 자동차는 어떻게 될까? 프라이버시와 보안을 조금이라도 지킬 수 있을까, 아니면 그냥 포기해야 할까? 이 책이 끝날 무렵 여러분은 컴퓨터와 통신 시스템이 어떻게 작동하는지, 여러분에게 어떻게 영향을 미치는지, 유용한 서비스를 사용하는 일과 프라이버시를 보호하는 일 사이에서 어떻게 균형을 유지할 수 있는지 제법 잘 이해하게 될 것이다.

디지털 세상의 핵심 아이디어는 다음과 같이 몇 가지에 불과하며, 책 전반에 걸쳐 더 자세히 설명할 것이다.

첫 번째는 정보의 보편적 디지털 표현이다. 20세기 대부분에 걸쳐 문서, 사진, 음악, 영화 등을 저장하는 데 사용되던 복잡하고 정교한 기계 시스템은 하나의 균일한 저장 메커니즘으로 대체됐다. 이제 정보는 플라스틱 필름에 입혀진 염료나 비닐 테이프의 자성 패턴과 같은 특수한 형태가 아

닌 디지털 방식, 즉 숫자 값으로 표현된다. 종이 편지는 디지털 메일로, 종이 지도는 디지털 지도로, 종이 문서는 온라인 데이터베이스로 바뀌었다. 이처럼 서로 전혀 다르게 처리됐던 아날로그 표현은 모든 것이 그저 숫자로 처리되는 공통의 저수준 표현, 즉 디지털 정보로 대체됐다.\*

두 번째는 보편화된 디지털 처리 장치다. 이 모든 디지털 정보는 단일 범용 장치인 디지털 컴퓨터로 처리할 수 있다. 정보의 균일한 디지털 표현을 처리하는 디지털 컴퓨터는 아날로그 표현을 처리하는 정교하고 복잡한 기계 장치를 대체했다. 차차 살펴보겠지만, 컴퓨터는 무엇을 계산할 수 있는지에 관해서는 모두 동등하고, 작동 속도와 데이터 저장 용량 면에서만 차이가 있다. 스마트폰은 엄청나게 정교한 컴퓨터로, 노트북만큼의 컴퓨팅 성능을 갖추고 있다. 따라서 한때 데스크톱이나 노트북 컴퓨터에 국한되었던 일을 점점 더 많이 휴대전화로도 할 수 있게 됐고, 이러한 융합 과정은 가속화되고 있다.

세 번째는 보편화된 디지털 네트워크다. 인터넷은 디지털 표현을 처리하는 디지털 컴퓨터를 서로 연결한다. 즉, 컴퓨터와 휴대전화를 메일, 검색, SNS, 쇼핑, 금융, 뉴스, 오락 및 기타 모든 서비스와 연결해 준다. 세계 인구 다수가 이 네트워크에 접근할 수 있다. 여러분은 상대방의 위치나 메일 접근 방법과 무관하게 누구와도 이메일을 주고받을 수 있다. 휴대전화, 노트북, 태블릿을 이용하여 상품과 서비스를 검색하고 가격이나 사양을 비교한 후 구매할 수 있다. SNS를 이용하면 역시 휴대전화나 컴퓨터로 친구나 가족과 연락을 주고받을 수 있다. 끊임없이 쏟아지는 콘텐츠를 시청할 수 있고, 보통은 무료다. ‘스마트’ 장치는 여러분의 집에 있는 시스템을

\* James Gleick, *The Information: A History, A Theory, A Flood*, Pantheon, 2011. 《인포메이션, 인간과 우주에 담긴 정보의 빅히스토리》, 동아사이, 2017. 정보 이론의 아버지 클로드 섀넌을 중심으로 통신 시스템에 대한 흥미로운 내용을 전달한다. 역사를 다룬 부분은 특히 흥미진진하다.

모니터링하고 제어하며, 여러분은 그런 장치에 말을 걸어 뭔가 해달라고 요청하거나 질문을 할 수 있다. 이 모든 서비스가 함께 작동하게 해주는 전 세계적 인프라가 존재한다.

마지막으로, 어마어마한 양의 디지털 데이터가 끊임없이 수집되고 분석되고 있다. 세계 대부분 지역의 지도, 항공 사진, 스트리트 뷰가 무료로 이용 가능하다. 검색 엔진은 쿼리(질의)에 효율적으로 대답할 수 있도록 끊임없이 인터넷을 훑어 본다. 수백만 권의 도서 데이터도 디지털 포맷으로 제공된다. SNS는 우리를 위한, 그리고 우리에게 관한 엄청난 양의 데이터를 유지 관리한다. 온라인 또는 오프라인 상점과 서비스는 상품에 접근하게 해주는 동시에, 검색 엔진, SNS, 휴대전화의 방조를 받아 우리가 방문했을 때 하는 모든 일을 조용히 기록한다. 인터넷 서비스 제공 업체는 우리가 온라인상에서 맺는 상호작용 모두를 (어쩌면 그 이상을) 기록한다. 정부는 항상 우리를 감시하며, 그 범위와 정밀함은 10~20년 전에는 불가능했을 수준이다.

## 기술 변화는 고립된 사건이 아니다

이 모든 것이 급속히 변하고 있는 이유는 디지털 기술 시스템이 계속 더 작아지고, 빨라지며, 저렴해지기 때문이다. 더 매력적인 기능과 더 좋은 화면을 갖추고 더 흥미로운 앱을 실행할 수 있는 새로운 휴대전화가 계속 출시된다. 그 밖에도 새로운 기기가 매년 등장하는데, 그중 유용한 기능은 계속 휴대전화로 흡수된다. 이는 디지털 기술이 밟는 자연스러운 수순으로, 어떤 기술 발전이든 디지털 장치를 전반적으로 향상시킨다. 예를 들어 어떤 계기로 데이터를 보다 저렴하고 빠르게, 대량으로 처리할 수 있게 되면 모든 장치가 혜택을 입는다. 결과적으로 디지털 시스템은 세상 곳곳에

스며들어 있으며 우리 생활 전면과 이면에서 필수적인 부분이 됐다.

기술의 발전은 좋은 일임이 분명하고, 대체로 긍정적이다. 하지만 밝은 빛의 주변에는 구름이 드리워지게 마련이다. 개인에게 가장 발생하기 쉽고, 아마도 가장 우려되는 일은 프라이버시에 관한 일이다. 휴대전화를 사용하여 어떤 제품을 검색하고 인터넷 쇼핑물을 방문할 때, 모든 관계자는 당신이 어디를 방문했고 무엇을 클릭했는지 기록해 둔다. 휴대전화가 당신을 고유하게 식별해 주기 때문에 그들은 당신이 누구인지 안다. 휴대전화는 자신의 위치를 약 100미터 이내까지 항상 보고하기 때문에 그들은 당신이 어디에 있는지 안다. 통신 회사는 이 정보를 기록하고 팔 수도 있다. GPS(Global Positioning System)를 함께 사용하면 당신의 위치를 5~10m 이내 범위까지 찾아낼 수 있다. 게다가 위치 서비스가 켜져 있으면 앱에서 위치 정보를 이용할 수 있게 되며, 앱 개발사 또한 그 정보를 팔 수 있다. 사실 상황은 그보다 더 나쁘다. 위치 서비스를 끄는 것은 앱이 GPS 데이터를 사용하는 것만 막아 줄 뿐, 휴대전화 운영체제가 휴대전화망, 와이파이, 블루투스를 통해 위치 데이터를 수집하고 업로드하는 것은 막지 못한다.\*

온라인뿐만 아니라 실생활에서도 무언가 당신을 지켜보고 있다. 얼굴 인식 기술은 거리에서나 매장 내에서 당신을 식별할 수 있다. 교통 카메라는 자동차 번호판을 스캔하여 당신의 차가 어디 있는지 알아낸다. 전자 교통요금 징수 시스템도 마찬가지다. 인터넷에 연결된 스마트 온도조절 장치, 음성 응답기, 도어락, 유아 모니터링 장치, 보안 카메라는 우리가 손수 집으로 초대할 감시 장치다. 우리가 오늘날 별생각 없이 허용하는 추적은 조지 오웰(George Orwell)의 소설 《1984》에 나오는 감시 체제를 가볍고 알파해 보이게 한다.

\* 위치 데이터 노출 제한에 대한 NSA의 조인: [media.defense.gov/2020/Aug/04/2002469874/-1/-1/0/CSL\\_LIMITING\\_LOCATION\\_DATA\\_EXPOSURE\\_FINAL.PDF](http://media.defense.gov/2020/Aug/04/2002469874/-1/-1/0/CSL_LIMITING_LOCATION_DATA_EXPOSURE_FINAL.PDF)

우리가 어디서 무엇을 하는지에 대한 기록은 아마 매우 오랫동안 남아 있을 것이다. 디지털 저장 비용은 낮고 데이터의 가치는 높아서 정보는 좀처럼 폐기되지 않는다. 부끄러운 내용을 온라인에 게시하거나 나중에 후회할 만한 메일을 보냈다면 이미 늦은 것이다. 당신에 관한 정보는 다양한 출처에서 조합돼서 당신의 삶에 대해 상세한 그림을 그려내고, 당신이 알지 못하거나 허용하지 않았는데도 상업적, 정치적, 범죄적 이익 집단에 이용될 수 있다. 이런 정보는 무기한으로 이용할 수 있는 상태로 유지될 가능성이 크고, 향후 언제든 나타나서 당신에게 해를 끼칠 수 있다.

보편화된 네트워크와 거기서 오가는 보편적 디지털 정보 때문에 우리는 10~20년 전에는 상상조차 못했을 정도로 낮은 이의 공격에 취약해졌다. 브루스 슈나이어는 자신의 책 《당신은 데이터의 주인이 아니다》\*에서 다음과 같이 이야기한다. “우리의 프라이버시는 지속적인 감시로부터 맹공격을 받고 있다. 이 현상이 어떻게 발생하는지 이해하는 것은 무엇이 위태로운지 이해하는 데 매우 중요하다.”

프라이버시와 재산을 보호하는 사회적 메커니즘은 기술의 발전 속도를 따라잡지 못했다. 30년 전에 나는 지방 은행과 다른 금융 기관에 우편을 보내거나 가끔은 직접 방문하여 거래했다. 내 돈에 접근하는 데는 시간이 걸렸고 많은 문서 흔적을 남겨야 했으므로 누군가 내 돈을 훔치기는 어려웠을 것이다. 오늘날 나는 주로 인터넷으로 금융 업무를 처리한다. 나는 편리하게 데이터에 접근할 수 있지만, 내 쪽에서 어떤 실수를 하거나 금융 회사 중 하나가 일을 잘못 처리한다면 지구 저편에 있는 누군가가 내 계좌를 말소하거나 신원을 도용하거나 신용 등급을 떨어뜨릴 수 있다. 또 무슨 일이 생길지 누가 알겠는가? 이런 일은 눈 깜짝할 새 일어나며, 복구하기

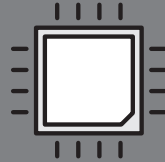
\* 권위 있는 서적으로, 충격적인 내용을 담고 있고 잘 쓴 책이다. 여러분을 정당한 이유로 화나게 할 것이다.



위한 수단도 거의 없다.

이 책에는 이런 시스템들이 어떻게 작동하고 어떻게 우리 삶을 바꾸고 있는지 이해하는 데 도움될 만한 내용이 담겨 있다. 이는 당연히 현재의 단면만 포착한 스냅샷이므로, 10년 후에는 오늘날의 시스템이 투박하고 낡아빠져 보일 것이다. 기술 변화는 고립된 사건이 아니라 계속 이어지는 과정으로, 빠르고 지속적으로 진행되며 가속화되고 있다. 다행히도 디지털 시스템의 기본 아이디어는 일정하게 유지될 것이므로, 여러분이 이를 이해해 두면 훗날 등장할 시스템도 이해할 수 있을 뿐더러 미래의 시스템이 제시하는 도전과 기회에 대처하는 데 더 유리한 위치에 서게 될 것이다.

U N D E R S T A N D I N G  
T H E D I G I T A L W O R L D



I부

IT 근육 하나

# 하드웨어



“이 계산을 증기력으로 할 수 있다면 정말 좋을 텐데…”

- 찰스 배비지, 1821\*

하드웨어는 컴퓨팅에서 형체가 있고 눈에 보이는 부분이다. 즉, 직접 보고 조작할 수 있는 기기나 장비를 말한다. 컴퓨팅 장치가 만들어진 역사를 살펴보는 일은 언제나 흥미롭지만, 이 책에서는 일부만 소개할 예정이다. 컴퓨터 장치의 역사 중 어떤 장치의 변화 과정은 더 주목할 만하다. 특히 고정된 크기와 가격의 집적회로에 채울 수 있는 회로의 양과 소자의 수가 기하급수적으로 증가하는 현상이 그렇다. 디지털 기기가 더 저렴해지고 성능이 좋아지면서, 서로 이질적이던 기계 시스템은 훨씬 균일한 전자 시스템으로 바뀌었다.

컴퓨팅 장치는 오래전부터 있었지만, 초기에는 주로 천문 현상이나 행성 또는 별의 위치를 예측하는 데 특화된 형태였다. 예를 들어, 아직 증명되지 않았지만 스톤헨지 Stonehenge가 천문대였다고 주장하는 이론이 있다. 기원전 100년경에 만들어진 안티키타라 기계 Antikythera mechanism<sup>†</sup>도 기계적으로 놀랍도록 정교한 천문 계산용 컴퓨터다. 주판 같은 계산 장치는 아시아를 중심으로 수천 년 동안 사용되어 왔다. 계산자 slide rule<sup>‡</sup>는 존 네이

\* 해리 윌모트 버크스턴(Harry Wilmot Buxton)의 《찰스 배비지의 삶과 업적에 대한 회고록(Memoir of the Life and Labours of the Late Charles Babbage)》에서 인용했다.

† (휴긴이) 세계 최초의 아날로그 컴퓨터로, 천체의 위치를 계산하고자 설계되었다. 1901년에, 그리스 안티키타라 섬 앞바다에 가라앉은 고대 로마 시대의 난파선을 조사하던 중 발견되었다. [ko.wikipedia.org/wiki/안티키타라\\_기계](http://ko.wikipedia.org/wiki/안티키타라_기계)

‡ (휴긴이) 주로 곱셈과 나눗셈에 사용되며 거듭제곱, 제곱근, 로그, 삼각 함수 계산에도 사용되는 기계식 아날로그 계산 장치다. [ko.wikipedia.org/wiki/계산자](http://ko.wikipedia.org/wiki/계산자)

피어 John Napier가 로그의 원리를 설명하고 얼마 지나지 않은 1600년대 초에 발명됐다. 나도 1960년대에 학부를 졸업하고 엔지니어로 일하면서 계산자를 사용한 적이 있다. 하지만 계산자는 계산기와 컴퓨터에 자리를 내주면서 이제 진기한 유물이 되었고, 힘들게 익힌 기술은 무용지물이 되고 말았다.

오늘날의 컴퓨터와 가장 근접한 모습을 보인 장치는 자카르 직기 Jacquard's loom로, 1800년경 프랑스에서 조제프 마리 자카르 Joseph Marie Jacquard가 발명했다. 자카르 직기는 여러 줄의 구멍이 있는 직사각형 모양의 카드를 이용해 직조 패턴을 지정했다. 즉, 천공 카드에 입력된 명령에 따라 다양한 패턴을 짜도록 '프로그래밍'된 것이다. 카드를 바꾸면 직물이 다른 패턴으로 만들어졌다. 직물 생산에 필요한 노동력을 대체하는 기계가 등장하자, 방직공들이 일자리를 잃게 되면서 사회적 혼란이 발생했다. 대표적으로 1811년부터 1816년까지 영국에서 일어난 러다이트 운동 Luddite movement은 기계화에 반대하는 폭력 시위였다. 현대의 컴퓨팅 기술도 이와 비슷한 혼란을 가져왔다.\*

오늘날과 같은 의미의 컴퓨팅은 19세기 중반 영국의 찰스 배비지 Charles Babbage라는 사람에게서 처음 이루어졌다. 배비지는 항해술과 천문학에 관심이 많은 과학자였고, 두 분야 모두 위치를 계산하는 데 숫자 값으로 이루어진 표가 필요했다. 그런 표를 만들고 인쇄까지 하려면 직접 산술 연산을 해야 했는데, 지겹기도 하고 실수하기도 쉬웠다. 앞에 인용된 그의 말에서 수작업 연산에 대한 극심한 스트레스가 드러난다. 수작업을 멈추기 위해 배비지는 계산을 기계적으로 처리하는 장치를 개발하는 데 일생의 많은 시간을 투자했다. 재정적 후원이 끊기는 등 여러 가지 이유로 그의

\* James Essinger, *Jacquard's Web: How a Hand-loom Led to the Birth of the Information Age*, Oxford University Press, 2004. 자카르 직기부터 배비지, 홀러리스, 에이컨까지 다룬다.

포부는 결국 실현되지 못했지만, 설계 방식은 타당했다. 배비지가 살던 시대의 도구와 재료를 사용하여 그가 만들던 기계 중 하나인 차분 기관(difference engine)\*의 일부를 현대적으로 구현하기도 했는데, 이 작품은 런던 과학 박물관(Science Museum)과 캘리포니아 마운틴뷰에 있는 컴퓨터 역사 박물관(Computer History Museum)에서 볼 수 있다(그림 1.1 참고).†

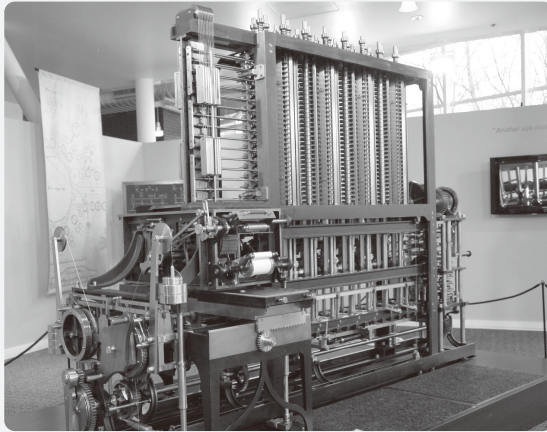


그림 1.1 찰스 배비지가 설계한 차분 기관의 현대적 구현‡

한편, 오거스타 에이다 바이런(Augusta Ada Byron)이라는 젊은 여성이 이 차분 기관을 보고 강한 흥미를 느꼈고, 배비지는 그런 그녀가 수학을 본격적으로 배우고 자신의 계산 장치를 연구할 수 있도록 돕고 격려해 주었다. 그

\* (옮긴이) 다항 함수를 계산하기 위한 기계식 계산기이다. 다항 함수로 로그 함수나 삼각 함수의 근사치를 계산할 수 있으므로 차분 기관은 다양한 공학 및 과학 계산에 사용될 수 있다. [ko.wikipedia.org/wiki/차분기관](http://ko.wikipedia.org/wiki/차분기관)

† Doron Swade, *The Difference Engine: Charles Babbage and the Quest to Build the First Computer*, Penguin, 2002. 스웨이드는 1991년에 진행된 배비지의 기계 중 하나를 만드는 과정에 관해서도 기술하고 있으며, 이 기계는 현재 런던의 과학박물관에 보관되어 있다. 2008년도 복제품(그림 1.1)은 캘리포니아 주 마운틴뷰의 컴퓨터 역사 박물관에 있다. [www.computerhistory.org/babbage](http://www.computerhistory.org/babbage)

‡ [commons.wikimedia.org/wiki/File:Babbage\\_Difference\\_Engine\\_\(1\).jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Babbage_Difference_Engine_(1).jpg)

녀는 시인 조지 바이런George Byron의 딸이었으며, 훗날 러브레이스 백작 부인Countess of Lovelace이 된다. 에이다 러브레이스는 배비지의 해석 기관analytical engine(배비지가 구상한 장치 중에서 가장 발전된 형태)\*을 과학적 계산에 사용하는 방법을 상세하게 기록했으며, 훗날 이 기계가 작곡 같은 비수치적 계산도 할 수 있을 것이라고 추측하기도 했다. “예를 들어, 화성학과



그림 1.2 에이다 러브레이스<sup>§</sup>

곡의 구성 면에서 음높이 간의 근본적인 관계를 이렇게 표현하고 변환할 수 있다고 가정하면, 해석 기관은 그 복잡도나 규모와 무관하게 정교하고 체계적인 음악을 작곡할 수 있을 것이다.”<sup>†</sup> 흔히 에이다 러브레이스를 세계 최초의 프로그래머라고 부른다. 그녀에게 경의를 표하고자 에이다Ada라고 이름 지은 프로그래밍 언어도 있다.<sup>‡</sup>

19세기 후반에 허먼 홀러리스Herman Hollerith는 미국 인구 조사국US Census Bureau과 협력하여 인구 조사 정보를 수작업보다 훨씬 더 빨리 집계할 수 있는 기계를 설계하고 만들었다. 홀러리스는 자카르 직기의 발상을 활용해서, 뿔뿔한 종이 카드에 구멍을 뚫어 인구 조사 데이터를 기계에서 처리할 수 있는 형태로 인코딩(부호화)했다. 1880년 인구 조사 집계가 8년 걸

\* (옮긴이) 찰스 배비지가 고안한 세계 최초의 범용 자동 디지털 계산기. 1837년에 처음으로 발표되었으며, 1871년 그가 죽기 전까지 설계는 계속되었으나 경제적, 정치적, 법적 문제로 인해 실제로 만들어지지 못했다. 논리적 설계 자체는 매우 현대적이었으며, 이후 등장할 범용 컴퓨터의 모습을 예측하였다. [ko.wikipedia.org/wiki/해석기관](http://ko.wikipedia.org/wiki/해석기관)

† 음악 작곡에 대한 인용문은 루이지 메나브레아(Luigi Menabrea)의 《해석 기관의 개요(Sketch of the Analytical Engine)》를 에이다 러브레이스가 번역하고 주석을 단 글에서 가져온 것이다.

‡ 계산용 소프트웨어 매스매티카(Mathematica)를 만든 스티븐 울프람(Stephen Wolfram)은 러브레이스의 이력에 대한 길고 유익한 블로그 게시물을 작성했다. [writings.stephenwolfram.com/2015/12/unantagling-the-tale-of-ada-lovelace](http://writings.stephenwolfram.com/2015/12/unantagling-the-tale-of-ada-lovelace)

§ 마거릿 사라 카펜터(Margaret Sarah Carpenter)가 1836년에 그린 초상화의 일부다. [commons.wikimedia.org/wiki/File:Carpenter\\_portrait\\_of\\_Ada\\_Lovelace\\_-\\_detail.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carpenter_portrait_of_Ada_Lovelace_-_detail.png)

렸기에 1890년 인구 조사는 10년 이상 걸릴 거라는 예측과 달리, 홀러리스의 천공 카드와 집계 기계 덕분에 불과 1년 만에 처리할 수 있었다. 이후 홀러리스는 회사를 설립했고, 그 회사는 인수 합병을 거쳐 1924년에 'International Business Machines'라는 기업이 되었는데, 바로 우리가 아는 IBM이다.

배비지의 기계는 기어, 휠, 지렛대, 막대가 복잡하게 조립된 형태였다. 20세기에는 전자 기술이 발전하면서 기계 부품에 의존하지 않는 컴퓨터를 구상할 수 있게 됐다. 이렇게 전체가 전자 부품으로 된 컴퓨터 중 첫 번째로 중요한 것은 에니악ENIAC, Electronic Numerical Integrator and Computer이다. 에니악은 1940년대 필라델피아에 있는 펜실베이니아 대학University of Pennsylvania에서 프레스퍼 에커트Presper Eckert와 존 모클리John Mauchly의 설계로 만들어졌다. 공간을 많이 차지하고 많은 양의 전력을 필요로 했으며, 1초에 약 5,000번의 덧셈을 수행할 수 있었다. 에니악은 탄도 계산 등 군사 목적으로 사용될 예정이었지만, 제2차 세계 대전이 끝난 뒤인 1946년에야 완성됐다. 에니악의 일부는 펜실베이니아 대학 무어 공과 대학Moore School of Engineering에 전시되어 있다.\*

배비지는 컴퓨팅 장치가 명령어와 데이터를 같은 형태로 저장할 수 있을 것이라고 확신했지만, 에니악은 명령어를 데이터가 있는 메모리에 저장하지 않았다. 그 대신 스위치를 이용해 연결을 설정하고 전선을 다시 연결하는 방식으로 프로그래밍되었다. 실제로 일련의 명령어로 구성된 프로그램과 데이터를 한데 저장한 컴퓨터는 영국에서 처음 만들어졌으며, 대표적으로 1949년에 케임브리지 대학University of Cambridge에서 만든 에드삭EDSAC, Electronic Delay Storage Automatic Calculator이 있다.

\* Scott McCartney, *ENIAC: The Triumphs and Tragedies of the World's First Computer*, Walker & Company, 1999.



초기 전자식 컴퓨터는 컴퓨팅 부품으로 진공관을 사용했다. 진공관은 크기와 모양이 원통형 전구와 비슷한 전자 장치(그림 I.9, 25쪽)였는데, 비싸고 내구성이 약한 데다 부피가 크고 전력을 많이 소모했다. 1947년에 트랜지스터가 발명되고, 이후 1958년에 집적회로가 발명되면서 현대 컴퓨팅 시대가 본격적으로 시작됐다. 전자 시스템은 이러한 기술에 힘입어 꾸준히 작아지고 저렴해지고 빨라졌다.

1부에서는 컴퓨터 하드웨어에 대해 설명하며, 하드웨어가 만들어지는 방식 같은 물리적 세부 사항보다는 컴퓨팅 시스템의 논리적 아키텍처에 초점을 둔다. 수십 년 동안 아키텍처는 거의 바뀌지 않았지만, 하드웨어는 놀라울 정도로 변했다. 먼저 컴퓨터의 구조와 구성 요소를 개괄적으로 설명하고, 컴퓨터가 어떻게 비트, 바이트, 이진수로 정보를 표현하는지 보여 준다. 그리고 나서 컴퓨터가 실제로 계산을 어떻게 수행하는지, 즉 어떤 일을 수행하기 위해 비트와 바이트를 어떻게 처리하는지 살펴본다.

“완성된 장치가 범용 컴퓨팅 기계가 되려면 산술 연산, 기억-저장, 제어, 운영자와의 연결을 담당하는 특정 주요 기관을 포함해야 한다.”

- 아서 벅스, 허먼 골드스타인, 존 폰 노이만, 1946\*

컴퓨터가 무엇인지 개괄적으로 정의하면서 하드웨어 이야기를 시작해 보자. 컴퓨터는 적어도 두 가지 측면에서 살펴볼 수 있다. 첫 번째는 논리적 구성(또는 기능적 구성)으로, 컴퓨터가 어떤 부분들로 이루어져 있고 무슨 일을 하며 어떻게 연결되는지에 주목한다. 다음은 물리적 구조로, 각 부분이 어떻게 생겼고 어떻게 만들어지는지를 나타낸다. 컴퓨터가 무엇인지 이해하고, 그 내부를 관찰하고, 각 부분이 무슨 일을 하는지 배운 다음, 무수한 약어와 숫자의 의미에 대해 감을 익히자.

여러분이 사용하는 컴퓨팅 장치를 생각해 보자. 대부분은 ‘PC’의 한 종류를 갖고 있을 것이다. PC는 IBM이 1981년에 처음 판매한 IBM PC에서 이어져 내려오는 노트북 또는 데스크톱 컴퓨터로, 마이크로소프트가 만든 윈도우Windows 운영체제를 실행한다. 맥OSmacOS<sup>+</sup> 운영체제를 실행하는 애플 매킨토시Macintosh 컴퓨터(주로 맥이라고 줄여 부른다)를 사용하는 독자도 있을 것이다. 저장과 계산 기능 대부분을 인터넷으로 수행하는 크롬 OSChrome OS를 운영체제로 실행하는 크롬북Chromebook을 갖고 있을 수도 있

\* Arthur W. Burks, Herman H. Goldstone, John von Neumann, “Preliminary discussion of the logical design of an electronic computing instrument”, 1946, [www.cs.unc.edu/~adylite/comp265/vonNeumann.html](http://www.cs.unc.edu/~adylite/comp265/vonNeumann.html)

+ 맥OS는 예전에 맥 OS X(Mac OS X, 이때 X는 10을 의미하며, ‘텐’이라고 읽는다)으로 알려졌던 애플 운영체제의 현재 이름이다.

다. 스마트폰, 태블릿 PC, 전자책 단말기와 같이 특정 용도에 전문화된 장치도 일종의 고성능 컴퓨터다. 이러한 장치들은 모두 다르게 생겼고 사용하는 느낌도 다르지만, 내부 작동 원리는 근본적으로 똑같다. 왜 그런지 알아보자.

딱 맞아떨어지지 않는 않아도 자동차에 비유해 볼 수 있다. 기능 면에서 보면 자동차는 100년이 훨씬 넘도록 기능이 똑같이 유지되고 있다. 자동차에는 연료로 작동되고 차를 움직이게 하는 엔진이 있다. 그리고 운전자가 차를 제어할 때 사용하는 핸들이 있다. 또한 연료를 저장할 공간과 탑승자와 물건을 실을 공간이 있다. 하지만 물리적인 면에서 자동차는 한 세기 동안 매우 크게 바뀌었다. 전과 다른 재료가 사용되고, 더 빠르고 안전해졌으며, 훨씬 더 안정감 있고 편안해졌다. 내 첫 번째 차인 1959년형 중고 폭스바겐 비틀Volkswagen Beetle과 페라리Ferrari는 겉으로는 크게 달라 보이지만, 장 본 것을 마트에서 집까지 옮기거나 전국 횡단을 할 수 있다는 점에서는 비슷하다. 이러한 의미에서 두 차는 물리적으로 다르지만 기능적으로 같다. 참고로 나는 페라리를 소유하기는커녕 타본 적도 없어서 식료품이 들어갈 공간이 있는지는 추측한 것이다. 그림 1.3처럼 옆에 주차하기 위해 다가가 본 적은 있다.

컴퓨터도 마찬가지다. 논리적 구성 면에서 오늘날의 컴퓨터는 1950년대의 컴퓨터와 매우 유사하지만, 물리적인 차이는 자동차에 있었던 변화를 훔



그림 1.3 페라리에 가장 가까이 가봤을 때

씬 뛰어넘는다. 오늘날의 컴퓨터는 60~70년 전보다 훨씬 작고 저렴하고 빠르고 안정적이며, 일부 속성은 말 그대로 100만 배 더 뛰어나다. 컴퓨터가 이만큼 향상되었기에 그토록 널리, 우리 생활 곳곳에 들어와 있는 것이다.

어떤 사물의 기능과 물리적 속성 간의 차이, 즉 그것이 무엇을 하는지와 내부적으로 어떻게 만들어지고 얼마나 빨리 작동하는지의 차이를 인지하는 것은 중요하다. 컴퓨터에서 ‘어떻게 만들어지는지’ 부분은 경이로운 속도로 변하고 있고 ‘얼마나 빨리 작동하는지’ 부분도 마찬가지지만, ‘무엇을 하는지’ 부분은 꽤 안정적으로 유지되고 있다. 추상적인 기능과 구체적인 구현 간의 구분은 계속 반복해서 다룰 예정이다.

때때로 강의 첫 시간에 설문 조사를 한다. ‘PC를 몇 명이나 갖고 있나요?’, ‘맥 사용자는 몇 명인가요?’ 같은 질문이다. 2000년대 초에는 PC와 맥 사용자가 10 대 1 정도의 비율로 PC가 우세했지만, 몇 년간 급속히 바뀌어 이제 맥 사용자가 전체의 4분의 3을 훌쩍 넘는 정도가 됐다. 하지만 전 세계적인 현상은 아니고 대체로 PC가 크게 우세한 상태다.

이렇게 비율이 한쪽으로 기우는 까닭이 한쪽이 다른 쪽보다 우수하기 때문일까? 만일 그렇다면 짧은 시간 동안 무엇이 그렇게 극적으로 바뀌었을까? 학생들에게 어떤 종류의 컴퓨터가 더 나은지, 의견을 뒷받침할 만한 객관적인 기준은 무엇인지 물어본다. ‘지금 쓰는 컴퓨터를 구매한 이유는 뭔가요?’

자연스럽게 나오는 대답 중 하나는 가격이다. PC가 더 저렴한 경향이 있는데, 많은 공급 업체가 시장에서 치열한 경쟁을 벌인 결과다. 게다가 PC는 맥에 비해 폭넓은 하드웨어 확장 장치와 많은 소프트웨어를 지원하며, 관련 노하우를 손쉽게 얻을 수 있다. 이는 경제학자들이 네트워크 효과<sup>net-</sup>

work effect라고 일컫는 현상의 한 예다. 사람들이 A를 더 많이 쓸수록 당신에게도 A의 효용이 더 커지며, 그 효과는 사용자의 수에 대략 비례한다.

맥 사용자의 대답으로는 널리 인지된 신뢰성, 품질, 미적 가치, ‘그냥 잘 되는 것 같다’는 느낌 등이 있다. 이러한 이유로 많은 소비자가 PC보다 가격이 더 비싸더라도 기꺼이 맥을 구매한다.

토론은 계속 이어지고 어느 쪽도 상대방을 이기지는 못한다. 하지만 그 과정에서 몇 가지 좋은 질문이 나오고, 학생들이 다양한 종류의 컴퓨팅 장치 간에 어떤 차이점이 있는지, 또 어떤 점에서 정말로 똑같은지를 생각해 보도록 하는 데 도움이 된다.

휴대전화도 비슷한 논쟁이 있다. 사람들은 대부분 애플의 앱스토어나 구글 플레이스토어에서 다운로드한 프로그램(앱)을 실행할 수 있는 스마트폰을 갖고 있다. 스마트폰은 브라우저, 메일, 시계, 카메라, 음악과 비디오 재생, 음성 녹음, 지도, 내비게이션, 비교 구매 기능을 제공하고, 가끔은 소통하기 위한 장치로도 이용된다. 강의를 듣는 학생 중 4분의 3가량이 아이폰iPhone을 사용한다. 나머지는 대부분 많은 제조사 중 한 곳에서 만든 안드로이드Android 폰을 사용한다. 아이폰은 더 비싸지만 컴퓨터, 태블릿 PC, 스마트워치, 음악 플레이어, 클라우드 서비스를 포함한 애플 생태계와 더 원활하게 연동할 수 있다는 이점이 있다. 이는 네트워크 효과의 또 다른 사례다. 드물게 ‘피쳐폰feature phone’을 사용하는 학생도 있다. 피쳐폰이란 전화 통화 이상의 기능이 없는 휴대전화를 뜻한다. 내가 조사한 표본은 미국에서 비교적 부유한 환경의 사람들이다. 다른 환경이나 세계 다른 지역에서는 안드로이드폰이 훨씬 더 흔히 사용될 것이다.

사람들이 여러 종류의 휴대전화 중에서 한 가지를 선택하는 데는 기능적, 경제적, 심미적인 측면에서 나름의 이유가 있다. 하지만 PC나 맥과 마

찬가지로 휴대전화 내부에서 컴퓨팅을 수행하는 하드웨어는 서로 매우 유사하다. 왜 그런지 살펴보자.

HARDWARE	<h2 style="margin: 0;">프로세서 속도와 심장 박동수</h2>
002	

일반적인 컴퓨터를 단순화한 추상적인 그림, 즉 논리적 또는 기능적 아키텍처를 그려 본다면 맥과 PC 모두 그림 1.4에 있는 다이어그램의 형태를 보일 것이다. 프로세서, 주 기억 장치, 보조 기억 장치, 다른 다양한 구성 요소가 있으며, 그 중간에 정보를 전달하는 버스bus라는 여러 개의 전선이 있어 서로 연결된다.

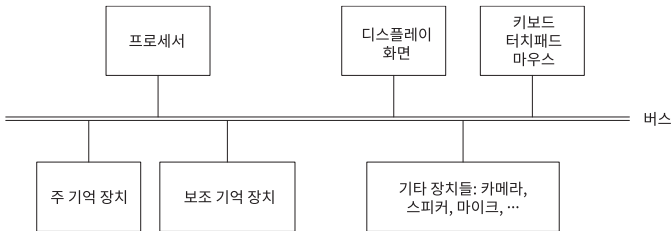


그림 1.4 단순하게 추상화한 컴퓨터 아키텍처 다이어그램

컴퓨터 대신 휴대전화나 태블릿 PC라면 마우스, 키보드, 디스플레이가 화면이라는 하나의 구성 요소로 합쳐지는 점과 여러분의 물리적 위치를 알기 위한 나침반, 가속도계, GPS 수신기 같은 숨은 구성 요소가 추가된다는 점 말고는 비슷하다.