



前 言

在本书中，基于互联网的设计思想，将创造社会和产业新基础设施的根基称为“融入互联网基因的设计”（Internet by Design）。如果再具体一点可以说成是“将设计有计划地和互联网捆绑在一起”。在介绍这一融入互联网基因的设计的基本想法的同时，从各种各样的观点考察由于互联网与社会和产业的基础设施的融合所发生的事件，就是本书的目的。

21世纪，社会和产业的基础设施正在被表述为“智能化”。所谓智能化，意味着处于一个“舒适、高性能、高效率的状态”。在要求实现“智能化的基础设施”的当今，我认为首先要把互联网所具有的架构和治理特性吸收到基础设施中来，然后对其重新进行设计、建造一直到运营。这正是融入互联网基因的设计的实践。

那么，这样的基础设施具体包括什么？首先要列举的是电力能源、道路交通、物流这些产业的基本设施；另外，也包含和生活有关的设施，诸如学校、医院、住宅、城市等。如果将这些基础设施与

互联网整合，再进一步引进互联网的架构，这样形成的基础设施将显示出与以往不同的状态。例如，企业和团体等组织的边界将不会被意识到，参加这些企业和团体的人们将自主地活动，结成相互合作的关系，而且生成一种任何人都能共享资源、只要不给他人带来负面影响就能自由利用的环境然后实现持续的创造……回顾一下基础设施以往的历史，这些也许是不能想象的，但都在互联网的世界实际地发生了。

此外，在讲述融入互联网基因的设计的时候“全球性”将作为一个重要的关键词出现。它指的是世界规模的状况，当然它也是地球（Globe）的形容词。真正感受这个全球性的方法，或许是从宇宙眺望地球美丽的全貌。在这里会发现一个有趣的现象：在昼夜地球展示给我们的是完全不同的姿态。白天浮现的是由蓝、白、绿所形成的自然的容貌，到了晚上，黑色的大地上灯火闪烁（图0-1）。这些灯火就是铁道、道路、建筑物等的基础设施的照明，所显示的是由人建造的事物。换句话说，展现在我们面前的正是“自然”和“人工物”的一种共存的状态。

然而现在在自然和人工物之外要加入一个新的要素。它就是由互联网形成的“网络世界”。尽管从宇宙是看不见它的，但是在地球上它正在担负着极其重要的作用。众所周知，把各种各样的物连接到互联网的物联网（IOT: Internet of Things）正在急速地发展，到处可见人工物和网络世界的相互融合。与此同时，可以认为这是用尽量少的能源实现高性能人工物的智能化，其结果将促进对自然环境的保护。可以说如果沿着这个趋势发展下去，未来的地球将会产生一种新的关

系，那就是网络世界将帮助自然和人工物共存，从而创造出由这三者形成的新的生态系统。



图0-1 白天的地球（上）、晚上的地球（下）

再从另一个观点来领会全球化。因为地球是作为球体存在的，大家会注意到，我们能够生活的地面是一个有限的空间。而网络世界似乎是没有边际具有无限深度的空间。因此所谓物与互联网的连接，就是让有限的实际空间与无限的网络空间融合，使产生具有以前没有的

性能和效果的人工物的可能性变高。当然，在这个人工物里面也包含社会和产业的基础设施。这正是全球范围内的重大挑战的开始。

✱

互联网是什么？姑且可以说它是使用数字技术把IT/ ICT（Information Technology/ Information and Communication Technology）设备（如交换机、路由器和服务器等）相互连接构成的一个覆盖地球的巨大计算机网络。但是，超越这样的“物理的互联网”，还存在着“互联网架构”。

本书一直以后者为对象，探讨基于后者的构筑社会和产业基础设施的方法，也就是去探讨融入互联网基因的设计理念。顺便一提，基于互联网架构的社会和产业基础设施，并不一定仅由计算机和通信设备所构成，举例来说也包含智能电网^①那样的能源系统等。

在考虑融入互联网基因的设计方面，以下提起的几点是非常重要的。

首先的一点是，支撑互联网进化的是其独特的性质，诸如“透明性”“大致的合意”“尽力而为”“端到端”等。互联网是地球上唯一的一个共享根基，之所以到现在仍然在继续进化，就是因为基于这些性质来实现构筑和运营。其中，所谓的“透明性”就是在通信的路径中不对信息进行加工，这也关系到互联网的开放性和中立性。所谓的“大致的合意”，意味着不从一开始就决定详细的技术规格，而是

① 智能电网：进行发电、输电和配电的电力网，应用信息通信技术进行管理和控制，实现电力网的高性能化和效率化以及成本降低。由美国的电力公司首先设计。目前在与可再生能源等有关的新技术的导入方面，智能电网获得广泛利用。

在运营中逐渐形成。“尽力而为”，就是对目标和应该达到的质量没有制约性要求，只要付出最大努力即可。所谓“端到端”，就是形成一个架构，让位于网络终端的用户设备进行需要智力的高难度处理，让网络中的设备仅进行简单性能的处理，从而促使用户去改良自己设备的性能。

第二点是，互联网上数字技术的导入不仅使系统的成本降低，通过实现内容“从媒体的解放”，还有可能使新技术不断地在互联网上得到广泛应用。例如，报纸、书籍或者CD这样的内容，因为数字化的原因，可以用以往没有使用过的各种各样的媒体分发。如果是数字化的报纸，用各种各样的有线电视和无线技术分发后，对于内容可以用音频（听觉）听、用显示器（视觉）读，或者用盲文点字（触觉）读。正是由于数字化的原因，没有了对于承载内容的媒体的限制。另外，因为互联网是传送数字信息的“数据包”的系统，凡是可以数字化的东西都可以让其流通。电子邮件、声音、图像、动画、程序等全部都可以由一个共同的系统分发。由于数字化，也就没有了传递内容的限制。

第三点，支撑融入互联网基因的设计的哲学是“左手研究、右手运用”。这也是牵引日本互联网研究开发的产官学合作组织WIDE项目^①的方针。尊重“可用的东西”，有意识地不最优化系统，在使用中总是向新的发明挑战，用这种方式实现持续的创新。

① WIDE项目：是推进以互联网为代表的广域分布式计算机网络的教育研究开发的产官学的联合体。创立于1988年。创立者是村井纯（庆应义塾大学教授），有100个以上的团体参加。该项目建立的WIDE互联网被认为是日本互联网的开始。

第四点，在历史上作为信息革命象征的互联网，正是其中的“社会性”“全球性”“互动性”这些性质在起着重要的作用。首先如果具备“社会性”，参加者能够以相互提供资源的方式形成大的系统和社区。另外，如果有“全球性”，地球上所有的人都可以利用。然后通过社会和市场的“互动性”，使互联网整体和细部的构造持续进化。这样的性质，也给互联网的安全性和隐私保护方面带来一定的方向。我们知道，通常如果管理和制约起作用，参加者会趋向于萎缩；但是如果处理得好，相反会显现出积极的一面。可以说归功于这样的性质，个人自发挑战就成为可能，从而形成互联网系统持续发展的机制。

基于以上几点，互联网架构得以成立。它不仅适用于互联网，也适用于全部的社会和产业的基础设施。如同已经讲述的那样，至今为止封闭于网络空间的互联网在急速地与实际空间融合。因此，就出现了以智能建筑、智慧城市为代表的基础设施的IT/ICT化。不仅如此，也给庞大的能源系统构造带来大发展。基于融入互联网基因的设计观念，将要进行对所有的社会和产业基础设施的再设计。

✧

对于本书的各章，先简单地介绍一下。

第1章，对互联网的架构以回答简单提问的方式进行说明。从各种各样的观点出发，思考互联网究竟有什么特性，为什么会这样发展以及为什么新的服务会不断地出现等。

第2章，对作为互联网前提的数字技术进行整理，探讨其未来的方向性。通过抓住数字化的本质，再次确认互联网成功的原因，探讨

今后将发生的“内容的数字原生化”^①的形态。

第3章，在关于社会和经济的人类历史中，把握互联网的定位，同时进一步探讨融入互联网基因的设计的意义。不拘泥于现在的互联网形态，通过把握其本质架构，探讨今后的社会和产业的基础设施的根基应该如何发展。

第4章，探讨基于互联网的设计思想的安全性和隐私保护。可以看到，往往倾向于会对社会和产业活动加以限制的安全性和隐私保护的问题，如果立足于互联网积极的思维方式，它反而能够成为使创新持续的机制，成为我们的治理方法。

在最后的第5章，以举例说明的方式论述融入互联网基因的社会和产业基础设施的设计、构筑以及运营。可以说智能建筑、智能校园、智能能源系统等，都不再是以往那样的仅在实际空间发展的基础设施，而会通过融合实际空间和网络空间，成为新的相互作用的形态。



本书主要讲述了针对21世纪互联网与社会和产业基础设施的关系的思考。面向的读者，首先当然应该是信息和通信专业的研究人员和学生以及未来要与互联网整合的所有产业领域的有关人员（企业、政府部门、非营利组织等），还有对互联网和社会发展方向有兴趣的人们。希望本书能多少成为这些读者的参考。读了本书，如果能对每个读者今后的活动起到作用，即使很少，那也将是我的荣幸。

① 内容的数字原生化：不是将模拟信息向数字信息转换，而是从一开始就以数字信息为内容进行传播。



目 录

第 1 章

理解互联网架构的理念

- 1 互联网究竟有什么样的特性？ / 005
- 2 互联网与电话比较为何便宜？ / 008
- 3 互联网为何在大震灾时仍能保持运行？ / 011
- 4 互联网为什么会持续发展？ / 015
- 5 加拉帕戈斯化生意是好事吗？ / 021
- 6 为何尽力而为就可以了？ / 024
- 7 端到端究竟有何意义？ / 029
- 8 加密的目的何在？ / 033
- 9 互联网的未来会如何？ / 035
- 10 互联网和互联网架构的差异在哪？ / 039

第 2 章

理解数字技术的本质

- 1 数字化的意义 / 046
- 2 互联网的数据包通信机制 / 056
- 3 数字化的益处 / 060
- 4 数字化的未来 / 068

第 3 章

解读互联网时代的社会和经济

- 1 互联网的诞生和发展 / 086
- 2 信息革命对社会和经济的影响 / 098
- 3 互联网带来的技术、业务和基础设施的变化 / 112
- 4 利用互联网基因设计的 7 个要素 / 121

第 4 章

重新理解安全和隐私

- 1 安全和安全保障 / 126
- 2 围绕知识产权的安全 / 135
- 3 风险管理的安全 / 142
- 4 隐私的全球化意识 / 145
- 5 物联网时代的安全和隐私 / 147

第 5 章

基于互联网的基础设施设计

- 1 转向社会和产业基础设施的智能化 / 152
- 2 智能建筑，智能校园 / 156
- 3 智能能源系统 / 175
- 4 基于通过互联网的智能化的展开 / 186
- 5 融入互联网基因的设计的四个观点 / 197

结束语 / 200

Internet

第 1 章

理解互联网架构的理念

by Design

互联网是人类创造的最大规模的系统，它给我们的生活带来了巨大的变革。它让世界上的计算机不分时间、地点相互连接，让信息自由交流成为可能。互联网上的信息被共享或者被加工、被利用于各种各样的目的。

以1969年在美国西海岸的4台计算机^①上运行的网络为起源，规模急速扩大的互联网现在已经成为覆盖整个地球的重要通信基础设施。在这个过程中，产生了各种各样的新型技术、服务、商业和文化。本章涵盖了互联网所具备的框架和构造，即互联网架构。

互联网架构的“关键”

作为互联网之父之一，罗伯特·卡恩博士是参与了互联网技术核心TCP/IP^②（Transmission Control Protocol / Internet Protocol，传输控制协议/互联网协议）设计的中心人物。卡恩博士对互联网架构的特点有如下表述：

互联网是逻辑的架构。不能说成是由交换机和路由器形成的物理的网络。它让数字信息在有透明性的路径上流通，是提供

① 4台计算机：加州大学洛杉矶分校（UCLA）、斯坦福研究院（SRI）、犹他州立大学、加州大学圣巴巴拉分校（UCSB）的计算机。

② TCP/IP：构成互联网的所有IT设备使用的通信协议（通信规约）。在IT设备之间负责良好的数据交换的是TCP，负责数字信息数据包传递的是IP。

共享^①环境的根基。互联网架构的“关键”在于提供了“选择”（Alternatives）。在通信方面，自由地利用多种媒体成为可能。

（罗伯特·卡恩博士和我的谈话，2004年11月）

毋庸置疑，互联网集成了各种各样的技术。为了让数字信息的数据包在地球上的所有计算机之间传递，现存的交换机和路由器或者所连接的所有计算机都必须安装TCP/IP等软件。但是，仅仅用这些具体的技术规格来理解互联网是不充分的，更重要的是去理解互联网的逻辑，也就是理解互联网的架构。而且，可以说正是这个“互联网架构”才是对互联网的一种抽象。

另外，互联网具有不在通信路径的途中对数字信息进行加工的透明性，它提供共享的环境，只要不对他人加以危害，就允许所有的个人和组织自由行事。而且，互联网架构的重要之处就在于通过接口的开放化和模块化，提供了可供选择各种各样规格模块的环境。这可以表述为提供“选择”。正是由于这个原因，导入新技术时的壁垒变小，从而可以持续地进行系统自身的技术创新。另外通信的时候，上述特征不仅对于“传达”数字信息的媒体有效，对于“被转达”的媒体同样适用，后者也可以成功地自由选择技术规格。卡恩博士的这些表述，为本书“融入互联网基因的设计”的观点给予了很大启迪。

① 共享：Commons，本来是在英国进行牧场管理的自治制度。该制度由古典派经济学者约翰·斯图亚特·密尔（1806—1873）为解决资本主义带来的矛盾而提出。关于土地其主张是，土地不属于任何人，只要对他人不加以危害，无论是谁都可以自由地利用。

“大致的合意”和“仅信任可用的东西”

其次，让我再引用一句来自于互联网社区的著名宣言。20世纪80年代后期，互联网急速普及期间，为了让互联网收容数量庞大的计算机和数字设备，学界开展了关于下一代IP技术规格的探讨。当时，对于没有确认实际状况就要自上而下地进行技术标准化的事件，作为当事者的共同体发出了如下的宣言，提倡回到以往的决定方式。即使在现今，在和互联网有关的组织中，这个理念也被广泛地提倡着，它不仅影响了互联网的技术规格，也在一定程度上影响了其他关于系统运用和管理的观念。

我们否定国王、大总统还有投票。仅信任大致的合意
(Rough Consensus) 和可用的东西 (Running code) 。

(戴维·克拉克博士，在神户举行的1992年INET年会中
来自共同体的宣言)

该宣言所提倡的是，不能根据有绝对权威的人的意见，或者根据多数人的意见来决定事情，而要尊重相关各方之间的利益采取“大致的合意”。对于互联网的技术规格，要“仅信任可用的东西”。

即使到了现在，许多与互联网有关的国际标准化组织在参加会议投票时基本上都是以“国家”的名义行使各国平等的投票权并用多数表决来决定结论。因为这个原因就会出现采纳的不一定是合适技术的情况。当经历过对象系统开发和运用的技术人员没有成为负责人时，

也就产生采用没有经历过实际安装和运行的系统的风险。为了防止这种状况发生，提倡的精神是不采用授权和多数表决的方式，不信任还在开发之中且不知道是否实际能完成的系统（称为Vapor-Ware）。

互联网始终在运行，响应着来自用户的要求。运行在使技术进步的同时，每时每刻形成的都是一个开放的系统。因为从一开始就确定详细的技术规格是不合理的，所以要基于大致的合意，以实际可以运行的系统为出发点。这也是所谓的互联网的“当前最好惯例”法则（BCP: Best Current Practice）。

以下，用回答简单提问的方式整理关于互联网架构的一些特性。

1 互联网究竟有什么样的特性？

7大特性

互联网被称为“网络的网络”。作为覆盖整个地球的网络集合体，互联网究竟有什么样的特性？在2007年10月于加拿大多伦多举办的互联网协会（Internet Society）上，把以下7点作为“互联网应该保持的特性”：

- （1）全球性（Global）；
- （2）透明性（Transparent）；

- (3) 多样的文化 (Multi-Culture) ;
- (4) 自由和匿名性 (Liberty and Anonymity) ;
- (5) 不公平但公正 (Fairness, not equity) ;
- (6) 共享 (Commons) ;
- (7) 机会的提供 (Opportunity) 。

在此将详细地说明列出的7点。首先互联网是“全球性”的空间，没有国界划分的概念，能够任意地创立跨国的社区和组织。这些社区和组织也能够形成并发展出有各自特色的“多样的文化”。

在互联网上，个人进行自由的信息发送是由“匿名性”保证的。还有在通信路径的途中不进行信息的加工，也就是将通信的“透明性”作为一个前提条件。对于如何利用互联网，基于“共享”的想法，在不给他人负面影响的范围内，必须提供允许自由活动的环境。

在此基础上，本着对所有的个人和组织提供同样服务的“不公平但公正”的条件，对要从事新的挑战 and 竞争的任何人，实行“机会的提供”是必要的，提倡不是从上到下，而是从下到上的治理方针。

这7点虽然简单，但是直戳互联网的本质。互联网协会认为这7点将促进互联网的进一步发展，希望能够继续保持。

国际和全球

在互联网出现的同时，各种各样的活动（特别是企业的经济活动及个人的交流活动）也在逐渐全球化。在此基础上，关于互联网管控

的议论，从2012年的世界国际电气通信会议^①就开始非常活跃了。另外，以2014年巴西的NETmundial^②国际会议为契机，积极地讨论了关于包含通信规约的号码及名称^③的管理体制在内的治理方式。

根据这些讨论，我们来考虑一下关于全球网络的治理必须要有什么样的视点。在图1-1中，整理了以“国际”和“全球”的思维为前提的网络的比较。

国际	全球
联邦型	平台型
双边	多边
榨取，非对称	零和博弈，对称
国家、政府是主角	国家、政府是利益相关者之一 (有多利益相关者)
例：联合国	例：世界经济论坛

图1-1 “国际”和“全球”网络的比较

首先在“国际”的网络中，因为是以地理边界的存在为前提的“联邦型”，故遵循的是“双边（两个国家之间、双方的）”政策，各国为了自己的繁荣在某种意义上榨取对方国家的财富，实际上进行的是非对称贸易。

① 世界国际电气通信会议：即WCIT-12（World Conference on International Telecommunication 2012），参照如下<http://www.itu.int/en/wcit-12/Pages/default.aspx>。

② NETmundial：参照如下<http://netmundial.br/>。

③ 关于包含通信规约的号码及名称：对应计算机所在地的IP地址、对应名称的域名，或者在通信规约中必要的可供识别的号码及名称。这个业务，在IANA（Internet Assigned Numbers Authority）进行。

另一方面，在“全球”的网络中，因为是超越地域界限的共享的“平台型”，故遵循在“多利益相关者”之间形成“多边（多国间、多方位）”政策。在此，国家是作为多利益相关者（不仅仅有国家也包含企业和个人）之一。关于这个网络的治理，必须构筑在国家与多方利益相关者之间，通过适当的协调，处理好合作的关系。

2 互联网与电话比较为何便宜？

互联网与电话系统比较，可以提供非常便宜的服务，其理由是它能够齐备“数字技术”“社交网络”“尽力而为”这三个要素。下面按照顺序逐个说明。

数字技术

早期的互联网多被使用在大学校园和校园之间，通过电话网的专用线连接，使用的是“调制解调器通信技术”。另一方面，在校园内，网络由以太网线缆为代表的专用线构成，使用的是“数字通信技术”。

所谓“调制解调器通信技术”是在模拟通信上实现数字通信的

技术（在互联网普及的时期，反而是在技术加以变更之后，在数字通信上提供模拟通信）。然而，以这样的方式，要先把数字信息变换为模拟信息，再变换回数字信息，效率非常不好。出于这个原因，从20世纪90年代末期到21世纪早期，伴随着宽带互联网的普及，以DSL（Digital Subscriber Line）为代表的不进行数字与模拟变换的技术，将通信服务移向了直接传送数字信息的基础设施。作为结果，和互联网连接的设备不再需要数字与模拟的变换，实现了通信成本的急剧削减（其细节将在下一章说明）。

社交网络

“社交网络”在世间已经是耳熟的词。在互联网领域，它意味着“实现个人间交流的网络”。然而，在城市设计及交通与流通的领域，它有时是指“以个人（或组织）共享资源的方式构成的大规模网络”。

在后一种情况下，如果个人对资源有贡献，设想的是该贡献也将会作为对自身的好处反馈回来。例如个人进行自主的投资，该系统向社会提供的功能及服务就会得到改善，进而个人也能够享受它。从道理上讲就是实现“正反馈”（Positive Feedback Loop）。这是在个人和社会之间构筑双赢关系的系统，“我为人人，人人为我”（One for All, All for One）以及“整体和个人的双向性”机制正在起着作用。

即使在互联网领域，社交网络也反映着在这个意义上的性质。互

联网通过保持系统的相互连接性，使个人的自主投资让面向社会的系统功能和服务得到改善，然后个人也能够享受。也就是说，形成的是正反馈的机制。其结果就是能够提供非常便宜的服务。

尽力而为

互联网传递数字信息的数据包到目的地的时候，一直实行的不是“保证”（Guarantee），而是“尽力而为”（Best Effort）的通信服务。在以电话为代表的以往的通信服务中，有称为“服务水平协定”（SLA: Service Level Agreement）这种关于服务质量的协议，明确表示了对于服务要保证到什么程度的质量，让用户满意协议所承诺的服务水平。然而，互联网的服务，基本上不存在这样的保证类型的SLA。作为代替，它有以通过尽力而为提供服务为前提的SLA，其是基于以下两点实行的：（1）以尽可能正确地、尽可能快地传送信息为目标；（2）服务质量的保证由在网络终端的用户负责（称此想法为“端到端”）。这样似乎会造成服务质量低下，但是我们知道，因为社交网络的构造，正反馈的作用得到充分的发挥，提供更高质量的服务，实际上对个人和整体都有好处。

此外对于传送数字信息的各系统，第（2）点免除了它们对质量的责任。例如，对于称为路由器的用来中继数字信息的数据包的设备，并不需要进行关于数据流的状态管理，这就在显著降低路由器的负荷上获得了成功。其结果就是，互联网能够提供超高速宽带通信服务。

这种方式下，因为各系统侧提供的服务质量是尽力而为，所以事实上和它连接的用户侧就有积极性去提高自身设备的性能。因此，“我为人人，人人为我”这个关系被进一步放大了。

3 互联网为何在大震灾时仍能保持运行？

运行的系统、停止运行的系统

2011年3月11日发生东日本大震灾的时候，在ICT/IT系统中，有的系统仍能保持运行，有的系统却停止运行了。它们的差异点在哪？具体而言，使用互联网的服务能够保持运行，但是以电话为代表的其他服务都停止运行了。在此尝试将它们分别整理如下：

[保持运行的系统]

- ❑ 用蓄电池驱动的移动终端（笔记本电脑、平板电脑等）
- ❑ 社交网络服务（Twitter、Facebook等）
- ❑ 网站服务器
- ❑ 数据中心^①
- ❑ 卫星

① 数据中心：放置各种计算机（服务器等）及数据通信设备的设施的通用名称。专门用于放置互联网服务的设施，称为“互联网数据中心”。

[停止运行的系统]

❑ 电话（有线电话、手机）

❑ 短信服务、手机邮箱

❑ 企业的停电对应系统

如果这样排列，“保持运行的系统”有一些共同的特性，可以整理为以下的5点：

（1）平时提供的就是尽力而为的服务。

在互联网瞬息万变的环境中，能够持续服务的技术被开发并应用到各个系统。另外，因为服务的停止对业务而言是致命的，系统平常就以“尽力而为”为宗旨提供了相应质量的服务。因此，即使发生意外情况（如集中地访问网站服务器施加高负荷等），服务仍然能够继续保持运行。另外，为了优先服务的保持，在实际运行中也使用到了低质量的网络根基。

（2）使用所有的通信媒介和路径。

为了防止中断服务，系统正常的时候就能够使用所有的通信媒介和路径。也就是说，根本没有非常时期才能使用的专用的系统及算法，无论正常还是异常，系统都在同样的环境下运行。

（3）服务具有自主性和协调性。

各系统的运行既不是封闭的也不是独立的，而是通过软件程序，以和其他系统自动协调为前提。同时各系统也设计了自主性的运行程序，即使不能取得和外部的协调，系统也能够单独运行。

（4）以信息丢失为前提。

因为是尽力而为的服务，故整个系统以信息的丢失为前提进行设

计。其结果是在系统内不管理各个数据流，位于端边的用户有责任保证服务质量。因此，即使在非常时期，也能成功地防止通信基础设施的负荷高于预期。

（5）通过程序实现系统控制的自动化。

为了保持服务的提供，管理及控制的功能是必要的，但是其中大部分都已经由程序自动完成了，也就是处在不介入人的判断的状态。当程序运行出错的时候，由人来进行控制是重要的，但是当大灾害发生的时候，担当者在执行管控时会有很大的不安，很多时候会发生踌躇。

实际上在广域的电力供给系统，就有因为是由人来进行非常时期的操作起动引起的实施延迟、停电的事例。从此之后，灾害时的操作实施，就尽可能地变更为不经过人为干预的状态。可以说以这种方式，通过程序实现灾害时应对的自动化，让互联网的持续运转更加稳定了。

元旦时的留言通信

另一方面，“停止运行的系统”都是以非常时期的运行和平时时不同为前提设计的。换句话说，在非常时期运行的都是平时不曾运行的处于一个特别形态的系统。还有在非常时期不保证公平性，其基本想法是通过对优先特定用户的控制使服务继续，其动作的算法也是基于该想法的。

这件事的具体案例是元旦时用手机电子邮件发出的“新年好”的

短信。与平常相比，元旦时更多的用户要用手机发送电子邮件。当需要应对这样的“非常时期”的时候，通过强制的限制可以降低使用手机电子邮件的用户数，从而保证服务的质量。这事实上是把用户分出等级，保证优先级高的用户（政府及自治体等）的通信。也就是说，其想法是在非常情况下，放弃对所有用户提供服务，仅对优先的用户继续提供服务。从一开始，系统就是这样设计的。

这样的特性通常在电话通信中可以看到。知道这个特性的新闻机构在非常时期一旦可以通话就尽可能地故意不切断电话。这样的例子在2001年9月11日发生的美国恐怖袭击时就出现了。和当地连接的广播电台因为知道再次连接时会被拒绝，所以就一直不切断电话继续进行信息的收集。

如同上述已经整理的那样，在东日本大震灾发生的时候，以电话为代表的系统（以特别的操作为前提的系统）保持运行的情况极其少。手机电子邮件在元旦那样的非常时期，尽管采取了强制限制服务量等特别手段，但在超出其应急响应能力的非常时期就无法应对，系统也就停止运行了。

相反，利用互联网的系统（不以特别操作为前提的系统）则能够运行。即使发生“火灾”那样的突发事态，互联网上的社交媒体用各种各样的手段仍能使服务继续。因为这和用户的确保、商业的成功有关，故在非常时期，也不能进行强制地限制服务量这种特别措施。因此，即使在东日本大震灾那样的不曾有的状态下，虽然说服务质量有所降低，但服务本身能够继续。

面对各种各样的灾害，自治体和企业等组织准备的非常时期的对

策系统也有很多实际上不能良好运行的事例。如果在这样的对策系统中引入互联网所具有的特性，那么即使发生超出想象的意外情况也一定能够应对。

海湾战争时期的互联网

如同到目前为止已经看到的那样，鉴于互联网的特性，在灾害等非常时期，数字信息的数据包仍会被送到目的地的计算机。互联网传递信息的可靠性最早被确认是在1990年到1991年的海湾战争中。

海湾战争是一次在沙漠的严酷环境下进行的军事行动。它证明了能够稳固运行的是使用TCP/IP技术的系统。这些系统因为可以使用相互连接的所有通信媒体，作为数字信息的数据包在传送途中即使丢失或延迟，各装备的计算机以及士兵所持有的计算机仍然可以再发送IP数据包以继续提供数据维持通信。在这样苛刻的环境中，如同以往那样，让以特定的通信媒介始终运行为前提的系统来应对是不可能的。

4 互联网为什么会持续发展？

尤塞恩·博尔特和江崎的100米赛跑

“在小学生运动会的100米赛跑中拿第一，你会怎么做？”如果

这样问的话，在许多场合我们得到的回答是“练习”。但是，如果换成“和北京奥运会田径100米的金牌获得者尤塞恩·博尔特比赛”，我们会得到什么回答？相信多数的回答是“没有希望、不会考虑”。

但是，如果比较一下尤塞恩·博尔特和江崎的身体条件可知，身高是196厘米对168厘米，江崎矮15%；体重是95公斤对100公斤，江崎重5%，条件差异并没有很大。但是，因为博尔特用9.58秒跑完了100米，江崎在途中摔倒“没有记录”，效率性的差异却是无限大。虽说如此，如果不知道博尔特的名字或不看实际真人的照片，有人想尝试挑战他也并不是不可能的。问题是，当你看到名字和照片，就会放弃这一想法。

不固定规则

那么，怎样才能战胜博尔特？用通常的方法“练习”，几乎不可能。是否还有别的办法？如果把脚“机器人化”好像能赢。这可以理解为导入新的技术。只是，用这个方法可以战胜博尔特，但是在奥运会不能取胜。因为在那里，存在奥运会的100米竞赛规则。也就是说，如果不依靠练习想用创新的技术取胜，几乎要改变所有场合的规则。例如，规则允许把脚用功能模块替换，或者允许其他的选择。如果这样考虑，同样是100米竞赛，残疾人奥运会可以说是开拓使用新技术的领域。在此，博尔特这样优秀的赢家将为了不改变规则而尽最大限度的努力。原因是，至今为止的规则是最适合波尔特的，如果规则被改变了，就成了加拉帕戈斯化。

那么，为了赢得100米赛跑制作的机器人的腿，如果改造得好也能够运用到其他的竞赛中，甚至在奥运会竞赛以外的领域也能使用。为此，要不限谁（Who）、在哪（Where）、如何（How）使用机器人的腿。这就是创新技术的“横向展开”。而在下一个阶段，虽然听来自相矛盾，但这个新的技术一定要找到只有该技术才能利用的领域。在以前的领域，它是为了实现某功能的仿真技术，而在“只能用该技术”的领域，将获得这一技术原生的使用方法，实现通过创新的技术，开拓至今为止不及的领域甚至不存在的领域。一旦进入这个阶段，因为没有现存的规则，所以可以自己制定规则。实际上，互联网能够不断发展的原因，也就源自这个道理。

提供选择

在100米赛跑中，很重要的一点是置换具有腿这种功能的模块，或者使其他选择成为可能。同理，在互联网中，要有意图地将系统的构成要素模块化，以及开放使用这个模块的接口。另外，通过标准化这个接口的设计，将各模块用不同的技术和安装方式进行替换。

为了实现某功能，如果可以选择其技术和安装方式，那就能在这些功能提供者之间促成相互竞争，同时还可以形成把这些模块平行（不给其他模块施加影响）置换的状态，从而，继续促进质量改善和技术创新，实现各个模块和系统全体成本的降低。而且尽管各模块不断地变化，仍然能够保证系统持续运行的环境。

为了使替换技术和安装方式成为可能，有必要仔细设定模块的接

口。正是这个接口才给置换作业带来大的影响。如果接口理想，将减少置换的时间，让系统具有扩展性和灵活性。

不进行最优化

另外，互联网能够继续发展的重要理由还包括“粗结构”。每个模块在使用新技术和安装方式的时候，完全不影响其他模块是不可能的。为了使这个影响尽可能减小，实现模块的便利置换，我们要敢于不进行最优化的系统设计。

让我们尝试考虑一下和尤塞恩·博尔特的竞争。假设博尔特已经对自身系统进行了最优化，也就是使自己的各部件最适应当前给定的条件。那么，如果博尔特再安装新的部件（如机器人的腿），就会失掉整体的最优化，对其他部件的影响也会变大。对于部件的变化，为了使其影响范围变小，在将系统模块化时候，敢于不进行最优化是有利的，也就是要以“粗结构”为目标。

仅信任可用的东西

互联网在通信路径的途中不进行信息加工，具有透明性的同时也具有开放性。另外，它也不是固定了边界的封闭系统，使用者能够自由地参加或退出，这一意义上互联网也一直保持着开放性。对于封闭系统而言，最优化是可能的；但是，对于不存在边界的开放系统而言，试图最优化是困难的。设计系统时，即使最初的状态（初期值）是相

同的，但由于干扰，其状态也不是唯一确定的。因此，如果初期值就有微小的差别，随着时间的推移这个差别将会以指数函数变大。

例如，在弹子房作为初期值的弹球速度和角度即使差异很小，弹球最后的到达点仍有很大差异。众所周知，这种现象被称为混沌理论。在短期内，虽然能够进行某种程度的预测，但是长期的预测实际上是不可能的，这一理论也被称为蝴蝶效应。

即使在系统构造不发生变化的弹子房，都不能预测弹球的运动，那在系统构造总是随着其自身状态变化而变化的开放系统中，即使赋予了初期值，想知道随后的系统会成为什么样子更是难上加难。可以预报几天后的天气，但如果是一周以上，甚至使用超级计算机也几乎是不可能实现的。

初期值的设定是很难的，在有各种各样不能预测的干扰进入的开放系统中，更无法预测随后的结果。因此从一开始不能详细地设计整个系统，只能是一边运行一边依次地加以修正，在应对环境的变化中发展下去。互联网本身是开放系统，而不是一个封闭系统，故不进行最优化，仅决定粗架构，然后“仅信任可用的东西”，根据情况适当地调整下去。

提出“仅信任可用的东西”这一方针的是美国国家标准技术研究所（NIST）^①。广为人知的是，NIST很早就统一了消防车水龙头带阀

^① 美国国家标准技术研究所（NIST）：National Institute of Standards and Technology 是美国的国立研究机关，负责进行美国的技术创新和产业竞争力的强化，为了让社会和产业的活动质量得以提高，制定规格，促进技术开发。官方网站为<http://www.nist.gov/>。

门的规格。曾经发生大火灾的时候，从周围赶来的消防车不能参加救火。原因是每个州水龙带阀门的规格种类繁多，妨碍了协调作业。基于这个经验，NIST提议“无论哪个州都要采用美国联邦政府的技术规格，让其作为共同的标准”。在那个时候，采取了“推荐但不强迫”的方针，这是非常明智的，而且促成了实际的机制。在某种意义上，其想法是仅信任在实际中可以使用的东西。在这种情况下，如果NIST提议的规格是不合理的，各个州可以不采用。这就是“推荐但不强迫”的含义。与此同时，认为使用共同规格可带来便利并积极采用的州增加了，可以进行协调作业的范围也就扩大了。

站在互联网的角度来说，尽管产业界和市场可以不采用新的技术和安装方式，但是如果有利就应采用。如果想要让使用这些技术和安装方式的用户增加，相互的连接性就要得到保证，通过能够形成共同的平台来催生新的业务，才会出现市场扩大的可能性。

能够应对随时变化的构造

整理一下到此为止的内容，互联网能够持续发展的理由如下：

（1）不固定规则。

- 不限制谁（Who）、哪里（Where）、如何（How）
- 开拓至今为止不存在的领域

（2）提供选择。

- 模块化
- 开放化

(3) 不进行最优化。

□ 粗结构

(4) 仅信任可用的东西。

□ 从一开始不详细设计整个系统

一般认为这些想法都将促进互联网的持续发展。如果用达尔文进化论的观点简单地描述，那就是“在这个世界上生存下来的生物，不是力气最强的，也不是头脑最好的，而是能够应对变化的。”能够应对变化的构造总是被选择的，而且能够给系统带来新的构成要素，为此任何人都能通过连接来参加。所以说，今后互联网也必须持续做出这样的努力。

5 加拉帕戈斯化是好事吗？

加拉帕戈斯化的产品和服务

所谓“加拉帕戈斯化”，是来源于日本的商业术语。在日本市场这个隔离的环境下，最优化的产品和服务往往失去了和海外市场的兼容性。一些产品、服务和日本产品相比较，尽管在质量和功能上有所欠缺，但因为成本低，却能在海外得到普及。日本制造的产品在海外不能获得市场，甚至在本土市场也渐渐被淘汰。“加拉帕戈斯化”指的就是这样的情况。

通常认为日本的产品和服务，擅长于“加拉帕戈斯化”，但不擅长于符合“全球性标准”。这是因为，模块化和开放化对日本擅长的功能“磨合（让构成要素相互密切相关的方法）”和“精细制作”的方面有所影响，甚至使这些技能消失。此外，由于缺乏英语会话能力和谈判技巧，在全球化的世界日本的优秀技术很难得到传承，这些都加速了“加拉帕戈斯化”。

然而，即使在海外不能卖，但在日本会有人知道其价值，这就是为何日本特有的加拉帕戈斯化产品和服务日益展开的原因。专注于某个国家和地域的产品和服务，仅在当地消费是很常见的，但是在日本，似乎这个比例与海外相比要更大。

当利用加拉帕戈斯化的功能磨合和精细制作的范围较广，正如我们在尤塞恩·博尔特的100米赛跑中看到的那样，与敢于不最优化的系统相比较是不利的。但是，如果磨合的范围是在模块中进行，因为能够原封不动地提供日本人擅长的高质量和高性能，故在全球市场的展开就成为可能。索尼开发的非接触型IC卡FeliCa，就是该策略的一个实例。

FeliCa含有“无线通信功能”和“数据处理功能”，因为最初仅由索尼制造，这两个功能就成为磨合型的内部构造，没有明确分离。然而，当看到海外市场中无线通信可以使用的频率和方式因国家而不同时，索尼就将两个功能分离，使其成为两个模块。这样在很多国家就出现了能够提供“无线通信功能”的企业，从而实现了FeliCa海外市场的扩大。与此同时，索尼在“数据处理功能”模块，展开了优秀技术的加拉帕戈斯化。通过这种方式，我们知道如何确定开放化和模

块化的单元以及确定加拉帕戈斯化的范围是非常重要的。

加拉帕戈斯化的市场

下面让我们考虑一下“加拉帕戈斯化的市场”。为了使加拉帕戈斯化成立，需要有相应的市场规模。因为日本的市场规模仅次于美国和中国，是世界上的第三位，所以可以说即使没有与其他国家市场的兼容性，日本市场也是足够的。但是现在，世界市场规模的差距正在变小，日本和中国以外的亚洲市场（印度、东南亚诸国）等正在急剧地增大。在这种情况下，必须考虑如何看待日本的加拉帕戈斯化的市场。

日本市场有一个特点，就是寻求非常高质量的产品和服务。例如，日本的互联网通过2000年施行的e-Japan战略^①，在提供世界上最快、最廉价的宽带环境上成功了。在其他的许多国家，它至今仍然是还不存在的环境，它应该成为未来基础设施建设的目标。从这样的例子中可以看出，日本市场期待着高质量的产品和服务，就是在这样的情况下，市场的加拉帕戈斯化逐渐出现并被积极展开。

这样的日本加拉帕戈斯化市场，可能类似于企业内的研究所。和提供经得起市场竞争的产品和服务的事业部不同，研究所开发的是理想的高成本的样机。这个样机并不能全部商业化，仅有一部分能投入

① e-Japan战略：2000年9月日本政府提出的以日本型IT社会的实现为目标的构想、战略和政策的总体。推进了IT基本法的制定及超高速互联网基础设施的整合，推进了互联网服务的低廉化以及便利性。随后数年日本的互联网环境实现了世界最高水准的通信速度和低廉价格。

到市场，其中仅有很少的部分具有竞争力能被市场接受。在此把“企业内的研究所”置换为“日本的加拉帕戈斯化市场”，然后把“事业部”置换为“海外的非加拉帕戈斯化市场”，我们就很容易理解。

在这种情况下，“海外的非加拉帕戈斯化市场”的成功技术，又反向输入到“日本的加拉帕戈斯化市场”。某种意义上可以说是发生了反向创新^①。在此重要的是，要事先准备把在“非加拉帕戈斯化市场”中培育的技术随时引入到“加拉帕戈斯化市场”的产品和服务中。换句话说，要事先进行这些产品和服务的模块化和开放化。如果有这样一个特点，那么加拉帕戈斯化就不是坏事，其反而能够在最前端的市场尝试新技术、新产品、新服务，可以说是处在非常好的环境。

6 为何尽力而为就可以了？

尽力而为，也就是“尽最大限度的努力”。从字面上理解，大家会有什么样的印象呢？因为仅仅是尽力，是否会联想到低质量的服务？在这种场合，很大程度上涉及如何去理解这个“最大限度”。

① 反向创新：通常认为，创新在富裕国（“上游”）产生，被市场接受的商品和机制逐渐地波及新兴国（“下游”）。但是，考虑到新兴国的特殊环境（经济成本、基础设施、气候等）而产生的东西，反而存在着向富裕国波及的创新。创新反向的波及被称为“反向创新”。

实际上保证型也是尽力而为型

我们使用某种服务的时候，判断是否选择的标准有“内容”和“可靠性”，还有享受该服务的“成本”。服务的运行商对契约者明示能保证什么样的服务质量的合同，被称为“服务级别协议”（SLA）。在互联网的情况下，用户根据提供服务的运行商给出的SLA的条件，来决定是否购买服务。然而，在此很重要的一点是，该服务是基于尽力而为的，不存在要提供100%的保证。

但是，在与“尽力而为型服务”（Best Effort Service）比较时，的确有“保证型服务”（Guaranteed Service）这种运行商会保证向用户提供用数字设定质量的服务。然而，因为这个服务的质量也是按照概率来保证的，所以实际上并不是100%保证，在一定程度上也有不能提供的时候。换句话说，该服务和尽力而为型服务是一样的。总之，承诺的是在服务中能够提供的“概率”。当然，这个“承诺”实际上也是尽力而为。

没有目标值，为何不偷懒？

互联网提供的服务就是将装满数字信息的数据包送到目的地。在执行的时候，互联网的参加者是以付出最大努力的方式提供服务。在此情况下，最大努力的具体内容就是尽可能快地把IP数据包正确（内容和送信地址都没有出错）地送到目的地。互联网就是仅进行这样单纯的服务。

为何没有应该作为目标的服务质量，但是互联网仍然会被社会所接受？既然互联网不被苛求质量目标，那么提供最大努力就可以了。可能有人会认为，在大多数的参加者不具有较高的道德观的时候，似乎会把“最大限度”尽可能地降低成“负反馈”。但是，互联网和这完全相反，参加者处于以竞争的方式提供高质量服务的“正反馈”之中。因为提供更高质量的服务，就是在形成一个自身受益的结构。互联网通过不同的技术和安装方式置换各个模块，为所有的个人和组织提供参与业务的机会。作为结果，适当的竞争环境也能得以保持。

另外，由于是最大限度的努力，在服务的质量上没有上限。如果有了作为目标的质量，进一步的超过目标的质量改进就显得不必要了。因此，在保持了质量之后，就会致力于成本的削减，在质量的改善方面就不会付出努力。但是，互联网因为没有确定作为目标的质量标准，于是就没有“实现了目标”的说法，有意愿的个人和组织会进一步以高质量为目标。很明显，其实成功的企业都在努力不断地提高质量。另外从这个角度来看，我们相信正是“尽力而为”这样的不定义目标质量的系统，才创造出积极的正反馈。

另外重要的一点是，正是因为不存在应该保持的目标质量，反而产生激励，那就是为了质量提高而努力去获得市场的竞争力。相反在设定了质量目标的场合，如何处理不能保证质量技术要求的组织？

另外，何时变更目标值、实施到什么程度等，都是很难判断的。换句话说，由于不存在要保持的目标值，基于市场原理的质量的改善会自动进行，可以说在运行商之间只要没有卡特尔，就能形成一个竞

争环境。

怎样使尽力而为的环境持续？

这样尽力而为的环境，如何才能持续下去？这对于互联网的治理是一个重要的课题。关于互联网的方针，作为对美国政策起到很强影响的内容，要提到的是2005年美国联邦通信委员会（FCC：Federal Communication Commission）宣布的“宽带政策纲领”^①。其中，提出了实现尽力而为的关键是“网络的中立性”（Network Neutrality），以下是相关的论述：

为了推动宽带的发展，保持公共互联网以开放的方式相互连接的性质，要让消费者拥有如下的四种权利：

- （1）自由地访问合法的互联网内容的权利；
- （2）在法律容许的范围，自由地应用服务的权利；
- （3）用不伤害网络的合法手段自由地连接的权利；
- （4）选择网络运行商、应用运行商、服务运行商、内容运行商的权利。

换言之，其主要的內容是，所有的人在合法的范围内能够访问内容、能够提供和利用服务、能够把数字设备连接到互联网，还有就是不被锁定^②于特定的运行商，用自己的决定自由地选择运行商。FCC所提出

① 宽带政策纲领：参照如下https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-05-151A1.pdf。

② 锁定：改换其他的运行商所提供的同种服务有时是很困难的事情。

的这一原则，不仅在美国、在世界范围被广泛参照，也在作为各国的信息通信政策的背景发挥着作用。在此所建议的是，不是由各种运行商主导，而是必须在用户的主导下进行信息通信基础设施的运用。

顺便说一句，FCC是美国联邦政府的独立机构，它进行着广播通信业务的规则监管，持有对运行商执照交付的决定权和规则的制定权。FCC的起源可以追溯到1887年设立的州际通商委员会（ICC：Interstate Commerce Commission）。当初设立ICC，据说是为了促进迎来黄金时期的铁道行业的健全发展而制定规则。为了不让一部分企业以绝对优势进行不健全的市场支配，在那里制定了可以让竞争原理起作用的规则。例如，在只有一家企业铺设线路的地域，对于所有的要使用该线路从事列车业务的铁路公司，必须公正、公开地提供公平的条件。或者更换列车的车站时，不是仅让特定的铁道公司使用，而是使其对所有的铁道公司具有中立性等。

在紧急情况下能够应对的尽力而为

互联网的服务基于尽力而为，没有对质量应该保证的目标，虽然灾害时难以对所有的用户提供充分质量的服务，但仍能够提供不中断的服务。正如本章第3节所描述的那样，这已经在东日本大震灾时被证实了。

互联网提供的服务，就是把IP数据包送到目的地。但是传送IP数据包的路径，是由进行传送服务的路由器的程序自动决定的。这被称为“路由控制”。尽管有未能到达目的地的路径和非常遗憾未能发现路径的场合，但是通过路由控制IP数据包可以到达目的地的路径，是

在把握互联网状况的情况下，用尽力而为的方式寻找的。作为结果，可能会发生传送延迟，很难说一定有好的服务质量，但最终找出路径的可能性变高。因此即使在紧急的时候，也可以找出能够利用的路径，能够把IP数据包不丢失地送到目的地。

因为传统的电话系统是先提出通话服务的质量，再使其满足的构造，故在紧急情况下不得不限制使用，不能向所有的用户提供服务。存在应该保障的质量目标，服务反而被限制了。与此相反，因为互联网不存在作为目标的质量，所以尽管是低质量，但对于更多的用户能够继续提供尽力而为的服务。这在紧急情况下是非常有效的。

7 端到端究竟有何意义？

所谓“端到端”，是指选择一个架构让在网络边缘（端边）的用户设备执行需要智能的高级处理，而让在网络中的设备只执行简单的处理。这使得用户的设备功能提高，实现持续创新的同时，也会由此将用户形成群体和社区，并将自由地传播文化等纳入视野。基于端到端的系统的设计，可以概括如下。

用户之间的功能是用户的责任

互联网的服务，就是将IP数据包送到目的地。面对互联网的大规

模化，为了不急剧地增加负责IP数据包传送的路由器的负荷，整个系统的设计要尽可能地简单化。那么，基于这样考虑设计的路由器的功能会是什么？那就是，路由器接收到IP数据包之后，传送到下一个中继地的路由器（或者目的地的计算机）。当传送IP数据包的时候，路由器根本不用关心发送数据包的计算机是哪个，仅依靠关于目的地的信息向认为是最合适的邻接的路由器传送即可。在传送到了邻接路由器的瞬间，路由器就忘记这个IP数据包的存在。

这样，路由器对于从“发送信息的计算机”到“接收信息的计算机”之间的IP数据包的传送是否可靠进行的状况，完全没有必要担负责任。路由器不管理用户间通信，只将从邻接的路由器接收到的IP数据包中继到另外的邻接路由器即可。这样的单纯的服务，也一直用尽力而为的方式实行。

因为中继传送路由器的服务仅用最大努力即可，就有IP数据包的顺序出错、延迟变大或者不能送到目的地的可能性。在此，要实现用户间无差错的数据通信，需要提高的功能都留给了用户的计算机。其基本想法是，在用户间的数据通信的责任，归属于始点的计算机和终点的计算机，也就是由位于边缘（端边）上的计算机负责。因此，在端边的计算机之间所谓的由互联网提供的最低限的服务，仅仅是简单的送信或接收IP数据包中的数字数据。

因为在用户中，有的人要求非常高的通信功能，有的人就没有这个要求，所以在端边的计算机间提供什么样的功能完全由用户的计算机决定，也完全留给用户负责。为了实现这个目的，在传送路径上的路由器要具有“透明性”。所谓透明性，意味着对接收的IP数据包完

全不加以修正和变换等。

透明性使持续的发展成为可能

这样一来，通过路由器进行具有透明性的传送，就自主和分散地实现了各用户（端边）的多样服务。此外，端点计算机技术的进步，保证了端点计算机间所提供服务质量提高。在此所说的“端点计算机”，不仅指从各种服务运行商提供服务的用户的计算机，也指为了向用户提供这些服务的服务器计算机。换句话说，诸如网站服务器、电子邮件服务器等在服务提供商中运行的服务器计算机，也是端点计算机。

顺便说一句，有几种接近于“端点计算机”的系统。例如网关和防火墙路由器。网关起的作用是和互联网以外的网络相互连接，该网络不是基于互联网的TCP/IP技术规格。防火墙路由器起的作用是阻止从外部来的未授权的访问和入侵。对于这些功能和定位，我们如何考虑为好？

首先，网关作为端点计算机发挥作用，可以理解为它提供的是翻译服务，收容的服务对象是“不能说互联网语言的计算机”，在网络间起连接作用。因为在网关并不生成不能传送的IP数据包，可以认为它是具有透明性的端点计算机。

另一方面，防火墙路由器有选择地丢弃被判断是对用户危险的IP数据包，在端点计算机有故意不传送的功能。可以说它是不具有透明性的路由器。这就是说，用什么样的策略，或用什么样的算法决定不

传送IP数据包，使用它的用户应该事先知道。虽然将在第4章详细论述，但这里也要提一句，为了互联网的用户自由地进行信息的发送和接收，保证“通信的隐匿性”也是重要的。当面对防火墙路由器的应用时，必须考虑需要把它保证到何种程度（换句话说，由防火墙提供路由器服务的公司，即使知道通信的内容，也必须要做到保密）。

另外，对于网络攻击，需要从综合的观点决定用户的计算机应该把耐性提高到什么程度。如果以完全的透明性为前提，也可以不使用防火墙路由器。尽管如此，要想减轻用户计算机实现安全性能的负荷时，仍然要使用防火墙路由器。在这种情况下，对于用户的计算机的合理解释是，在委托安全性能的同时，也委托透明性的功能，这样一来，有助于实现更加健全和高度安全性的系统。

透明性实现多元文化

所谓互联网，就是“网络的网络”。由每个个人和组织自主且分散地构建的网络，通过路由器相互连接，几乎能够无限制地扩大。而到今天，网络已经构建在全球的范围内了。同时，因为是基于简单且有透明性的端到端的系统，在地球上就自由地形成了由众多用户参加的群体。这些群体逐渐地变大成为社区，创造出多元的文化。

如图1-2所示，首先形成的是有地理界限的“联邦型物理网络”，通过进行具有透明性的相互连接，就形成没有区域限制的“平台型逻辑网络”。然后在此基础上，就自由地构成了“全球型社区网络”。平台型逻辑网络上的用户计算机，可以同时参加一个以上的社

区网络（Multi-Home，多家庭）。

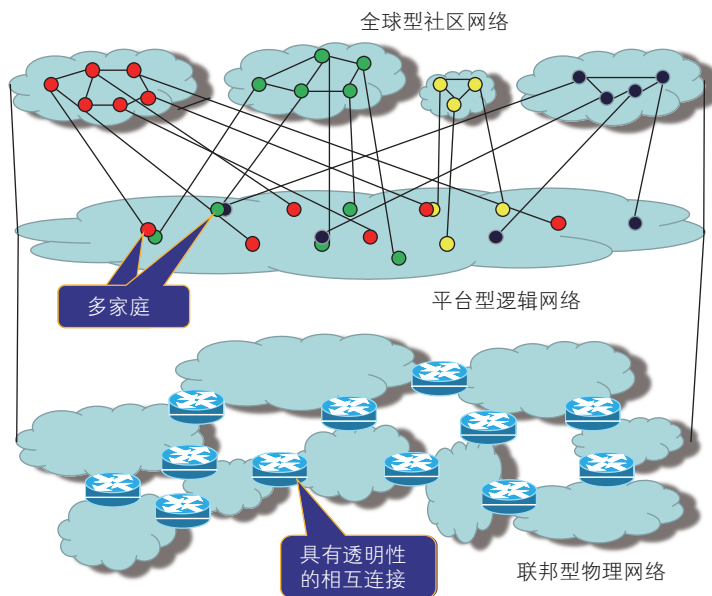


图1-2 三种类型的网络

8 加密的目的何在？

不受活动的约束

所谓互联网上的加密，是指信息的送信者不让其指定的伙伴以外的人读取信息内容的技术。加密时为了保护内容不被第三者获取，要

用到高难度的数学，必须进行大量的计算。也就是，要消耗中央处理单元（CPU）^①的处理能力。另外，与不进行加密的工作比较，需要进行额外的操作。因此，可能会有人嫌加密麻烦降低工作效率而不想加密。但在另一方面，公司的信息安全部门监督严格，如果不进行加密将要受到惩罚，所以不得不执行——似乎这样的处于两难的情况有很多。

这样的加密将会导致“忍耐、低效率、积极性下降”的结果。但是，也可不以消极的心态，而以“无忧无虑、高效率、增加积极性”这种积极的心态去实践加密。例如，通过加密，可以使通信和文件的内容不被他人读取，那么会有什么样令人高兴的事呢？其中的一个回答是，在诸如收件人地址出错、电子文件丢失此类事件发生的时候，因为可以保证信息不会被他人读取，用户会减少担心并可以安心地工作。

在没有进行加密的场合，和外部通信或者把电子文档带到公司以外的地方的时候，因为受到要独自规避风险的制约，所以活动会变得束手束脚。但是，如果进行加密，妨碍活动的因素被除去，人们就能专心于工作得到更高的生产效率。另外在公司之外即便进行与平常不同的操作也不会发生问题，如果这能带来更好的结果，也许会促进业务的改善和创新。与常规不同的做法将有产生新的活动局面的可能性。

① 中央处理单元（CPU）：Central Processing Unit，在计算机中为了进行中心计算处理而搭载的由庞大数量的电子回路所构成的最重要的部件。

保护通信的隐匿性

从另外的观点来说，作为加密的优点，要提到“通信的隐匿性”的保护。因为有了通信的隐匿性才会有举报的机会，它对于基于民主主义的健全的治安维持是重要的。另外，它也是由宪法所保证的“言论自由”的构成要素。

加密的内容，不会让发送者不希望的人读取。在与端到端的思维方式匹配的意义上，必须由在终端的用户解读。当然，因为加密需要巨大的计算和麻烦的操作，把它委托给其他人的设备时只能由当事人判断。作为通常认为的基本原则，可以在终端用户间自主地进行加密。

9 互联网的将来会如何？

地球上唯一的“互联网”

20 世纪的互联网连接着地球上存在的世界各地的人，并以提供自由的交流环境为目的。作为一个形容这个词，有“IP（Internet Protocol）for Everyone”，即“IP 是为所有的人”。先进国家的互联网普及率已经非常高了，但是在有些新兴国家和发展中国家，互联网普及率仍然处于较低的状态。因此，可以说“IP for Everyone”甚至

到现在仍在继续作为目标。

与此对应，作为21世纪的互联网的方向“IP for Everything”或者“IoT”（Internet of Things）已经被广泛地意识到了（图1-3）。它是从“为了人的互联网”向“为了物的互联网”的展开。这是一个相互融合的趋势，在这个趋势下，互联网跳出网络空间，与存在于真实空间的物体连接并相互作用，进而融合在一起。通过连接所有的物体，仍然以为人服务为目标是不言而喻的。

此外，未来并没有停留在为人服务，正在形成对地球服务的想法，即要实现“智能化”（舒适、高功能、高效率的状况），要让人类的持续繁荣成为可能。表示它的词是智能家居、智能建筑、智慧城市、智能行星等。因为人类能够利用的资源有限，所以必须创造出有效地利用资源的智能生态系统。将这些系统自主、分散地从局部到全球地展开，可以说是“21世纪的命题”^①。而且在其实现上，IP for Everything或者Internet of Things（IoT）必不可缺。

21世纪的互联网将至今为止独立操作的个别网络相互连接，经过整合形成“网络的网络”。换句话说，它将成为地球上唯一的“互联网”。过去没有和互联网连接的社会和产业基础设施成为新的加入者，这必将把安全性也引入到系统的设计中来。

① 21世纪的命题：参照贾里德·戴蒙德《文明崩溃：分开灭亡和存续的命运的分水岭》（*Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*）（草思社，2005年）。

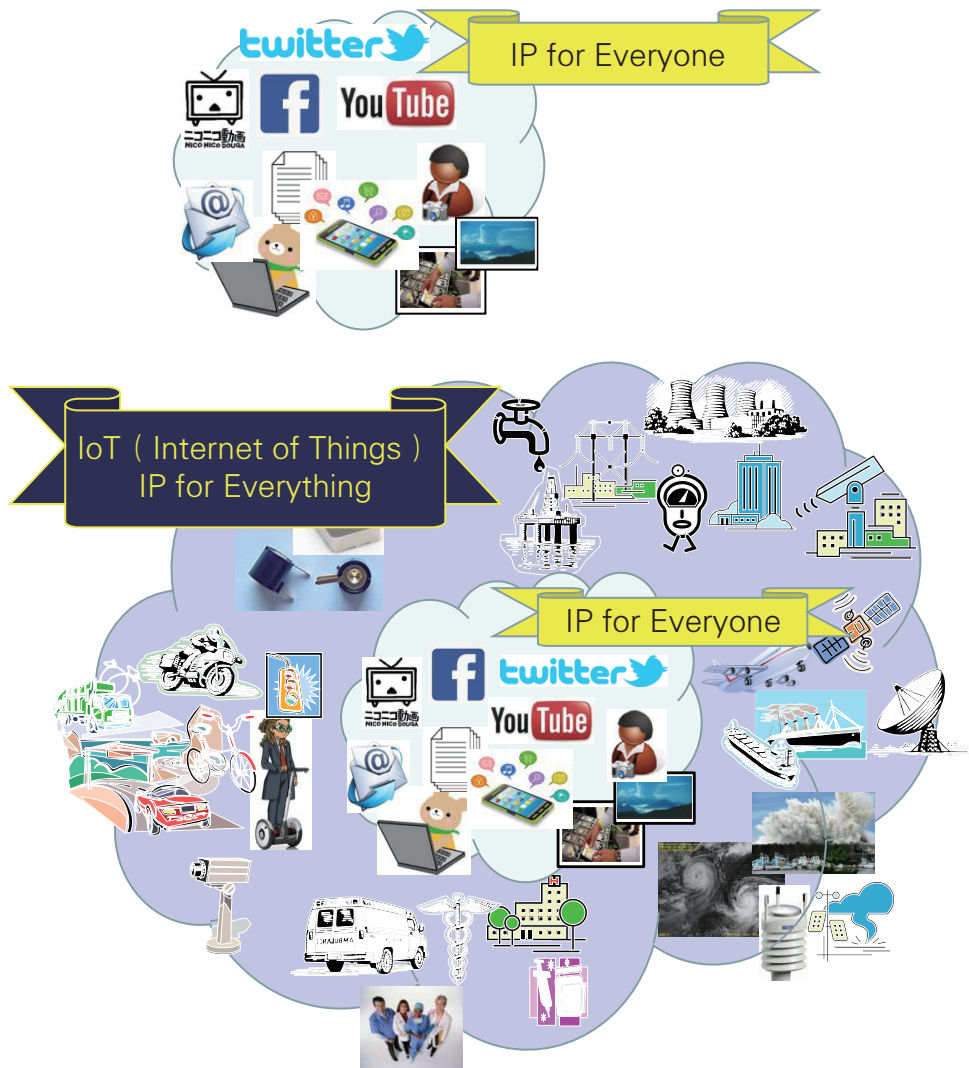


图1-3 从IP for Everyone 向IoT或IP for Everything发展

互联网系统和内容的未来

至今为止的互联网有两个类型的系统各自实现了发展，并一直交替地掌握着霸权。由进行服务提供的公司和利用其服务的用户构成的系统是“客户端-服务器型”（CS：Client-Server），而用户自身既是服务的提供者又是利用者的是“对等型”（P2P：Peer-to-Peer）。

这部分内容将在第3章详细讲述，现在的系统是由高性能的移动终端和集合了大量服务器的数据中心所构成的客户端-服务器系统。但是，因为IoT的发展，比如高速行驶的轿车，必须在尽可能短的时间内对它实行管理和控制等，诸如此类现象让我们可以认为霸权将再次回归到对等型系统。在那个时候，并不意味着现在以数据中心为核心的客户端-服务器型的基础设施的服务将消失，而是在继续利用它的同时，对等型系统将发挥作用。

此外，如将在第2章讨论的那样，取代具有庞大信息量的称为“丰富内容”的高清晰度内容以及最大限度地利用计算机图像技术的“目标指向内容”已经登场。这个动向已经发生在电影和游戏产业。

从现在开始，数字化在传送信息的系统和作为信息本身的内容两个方面都将进一步发展。它将产生和传统不同层面的内容业务，并将持续在新的使用方法的平台上开展下去。

10 互联网和互联网架构的差异在哪？

最后，让我区别一下由交换机和路由器等形成的作为物理网络的“互联网”和具有互联网系统的逻辑构造意义上的“互联网架构”。在此基础上，我也想触及一下在本书提起的“融入互联网基因的设计”。

互联网

所谓“互联网”，是指具有TCP/IP协议的技术规格的通信功能的计算机，利用数字通信线路相互连接的计算机网络。它不仅由进行IP数据包传送服务的路由器构成，还由提供各种各样功能的用户（端边）的计算机构成。此外，根据端到端的想法，大量用户的计算机组建自主的网络，在有透明度的条件下相互连接，由此形成在全球唯一的网络。因为它是“全球唯一”的互联网，所以用英语就写成The Internet，使用The这个定冠词，而且在Internet这个单词上使用首字母大写。

因为互联网是“网络的网络”，也许被认为是“联邦型”的，但实际上在有些方面远远超出这个范围。例如，如果是由国家和企业所建立的自主网络（即联邦型），可以想象超过这些边界形成网络应该是很困难的。如果作为国家和企业一员的用户的计算机，和外部的任意用户的计算机构成网络，就会立刻置身于信息泄露和受到外部攻击的

险境。于是为了防卫必须要管理和外部网路的连接，甚至要否定跨越边界的网络的存在。然后，为了避免这种情况，就不得不建立一个跨越各种各样边界的共享的“平台型”的网络。

以这种方式，作为全球唯一网络的The Internet，只要它是基于端到端的思维方式，就应该努力去构筑无须意识国家和企业边界、自由且具有透明度的系统。可以说正是在这样的环境下，才能实现持续的创新。

互联网架构

那么，所谓的“互联网架构”究竟是什么？互联网架构是基于The Internet的本质特性，包括从设计到构筑然后到运营的系统框架。在此所说的“本质特性”和在本章第1节列举的“互联网应该保持的特性”有一致性（以下是重复）：

- （1）全球性（Global）；
- （2）透明性（Transparent）；
- （3）多样的文化（Multi-Culture）；
- （4）自由和匿名性（Liberty and Anonymity）；
- （5）不公平但公正（Fairness, not equity）；
- （6）共享（Commons）；
- （7）机会的提供（Opportunity）。

基于上述认识，那么在今后发展The Internet的时候，在构筑和它衔接出现的社会及产业基础设施方面，至少可以看到什么是必需的。换个说法，它对于怎样建立把“设置在真实空间的系统”和“从网络

空间管理控制的系统”相互连接并使其持续发展的基础设施这一问题提供了一个启示。正是这个问题关系到本书的主题，即“融入互联网基因的设计”。

假如把和The Internet相连的社会和产业基础设施作为一个“城市或企业”，我们来尝试探讨一下它和有各种各样器官的“人”的比较（图1-4）。人是由大脑（脑+头盖骨）、神经、各器官所构成的。根据融入互联网基因的设计的想法，和The Internet融合的城市或企业的基础设施，是由服务器+数据中心、互联网、各设备所构成。人的大脑只有一个，但是城市或企业却可建立多个数据中心，且每个都是自主、分散并且协调运作的系统，非常近似于很多人进行协调活动形成的社会和企业。我们使用互联网（人的神经）管理控制构造体（人的骨）和感知器（人的感觉器官）以及驱动器（人的筋肉）。这就是所说的IoT（Internet of Things）或者 IP for Everything的实现。

人		城市或企业	
大脑（脑 + 头盖骨）		服务器 + 数据中心	
	脑		服务器（云计算）
	头盖骨		数据中心
神经		互联网	
各器官		各设备	
	骨		构造体
	感觉器官		感知器
	筋肉		驱动器

图1-4 “人”和“城市或企业”的比较

基于融入互联网基因的设计，作为社会和产业基础设施的互联网（人的神经）将不是封闭在各自领域的系统，而是以相互连接所有的社会和产业领域的神经系统的网络为目标。这与开放数据的想法^①一致。通过开放所有数据并共享的方式，建立跨越不同社会和产业领域的“全球”的网络。

在此必须要实现作为The Internet的本质特性之一的“透明性”。此外，The Internet 及社会和产业基础设施应该是具有如下特性的系统，诸如具有为了发挥灵活应对环境能力的“自由和匿名性”和“机会的提供”等特性。基于这些观点，我将在第5章以具体案例介绍适用于社会和产业基础设施的互联网架构的框架。

顺便说一下，如果加以补充，在当今的The Internet、IoT或者 IP for Everything急速发展的同时，在数据中心收容的服务器的性能也在提高，并正在实现具有人类智力、能力以上的数据处理。实际上，仅就多数服务器构成的系统能够处理的数据的量来说，已经超越了人类的能力。另外，处理大量数据的“大数据处理”和由此从海量数据中提取知识、自动生成未知算法的“深度学习（深层学习）”以及一直模仿人类大脑机制的人工智能等，都正在深入踏进至今为止在人的大脑里可以进行但计算机不可以进入的领域。

因为这些都将给社会带来巨大影响，故在运用时必须慎重。然

① 开放数据的想法：对于有著作权和专利权等知识产权限制的数据以及没有限制的数据，通过可以让全部的个人和组织利用，实现对各种各样发现和创造的促进。开放数据的对象，不仅包括政府和自治体所具有的数据，也包括个人和企业的数据。

而，这些讨论中最重要的是，人类始终处于中心这一点。不管怎样，计算机网络和人工创造物必须是增强人类的能力、支持人类活动的东西。通常认为要把“艾萨克·阿西莫夫的机器人三原则”^①运用到和 The Internet 有关的系统之中。

① 机器人三原则：在科幻作家艾萨克·阿西莫夫的小说中提到的作为机器人应该遵循的原则。第一条：机器人不能对人类施加危害；第二条：机器人必须服从人类给予的命令；第三条：机器人在不违反第一条及第二条的情况下，必须保护自己。

Internet

第2章

理解数字技术的本质

by Design

1 数字化的意义

广义的“数字化”

所谓“数字化”，意味着什么？在一般情况下，是指将图像、文字、音乐，甚至货币等各种各样的信息用计算机能够处理的信号进行存储和传送。换句话说，数字化是“将信息用离散量表示的方法”（顺便说明，和数字化相对的“模拟化”，是“将信息用连续量表示的方法”）。

然而，本书尝试更广义地理解数字化，即“将信息抽象化，作为对象定义，并相互共享的方法”。也就是说，是取出信息的本质要素作为操作对象设定表示和解释的方法，是发送方和接收方共同了解的方法。

在此立场之上，许多物理上不存在的东西成为数字化的对象。例如“语言”体系。让我们尝试考虑一下用法语对话的情况。为了能够对话，在两个人之间，法语的单词、语法还有发音必须要有相同的定义，必须彼此共享。这就相当于数字化。

在这个意义上，直到现在人类已经经历了如下的数字化革命：

- （1）语言的发明；
- （2）文字的发明；

(3) 数字采样(采样定理)^①的发明;

(4) 数字传输的发明。

语言的发明,可以说是人类最初进行的数字化。不仅是物,也包含情绪和行为等,表示某对象的标识符(名字)被共同地决定了。与此同时,描述状态和关系的规则也在人与人之间传播。在那以前不能区分的对象大家都能够明确地区分了。

接下来,文字被创造了。靠听觉接收的语言可以用靠视觉识别的二维记号所记录。如此一来,在声音消失的情况下,语言仍然可以被记录在某种媒体上。由于这个数字化的帮助,某些对象可以跨越时间和地点共享。

在语言和文字之后,数字采样被发明了。它把关于声音和符号的模拟信号通过数字信号记录,能够正确而且没有质量劣化地还原。可以说,“信息抽象化”这个广义的数字化被进一步地推进了。

现在,数字传输被发明,各种通信媒体能够把数字信号传递到很远的地方。通过在现场记录以及还原数字信号,使任意场所的即时传输成为可能,形成了让更多的人能够共享的状态。

在广义的数字化方面,更要关注最后提到的数字传输。为此,下面对模拟传输和数字传输的方式作个比较。

① 数字采样(采样定理): Sampling Theorem,当模拟信号变换为数字信号时,用什么程度的间隔采样才能使数字信号精确地向模拟信号还原的量化的定理。如果用模拟信号所具有的最大频率的二倍速进行数字化,就能够精确地还原原始的模拟信号。

传输语言

在图2-1显示了“语言的模拟传输”的状态。在这种情况下，“脑神经的兴奋状态（意图和思考等）”被映射（模拟→数字）成“语言（想传达的信息）”。可以认为它又被映射（数字→模拟）成“声音”。

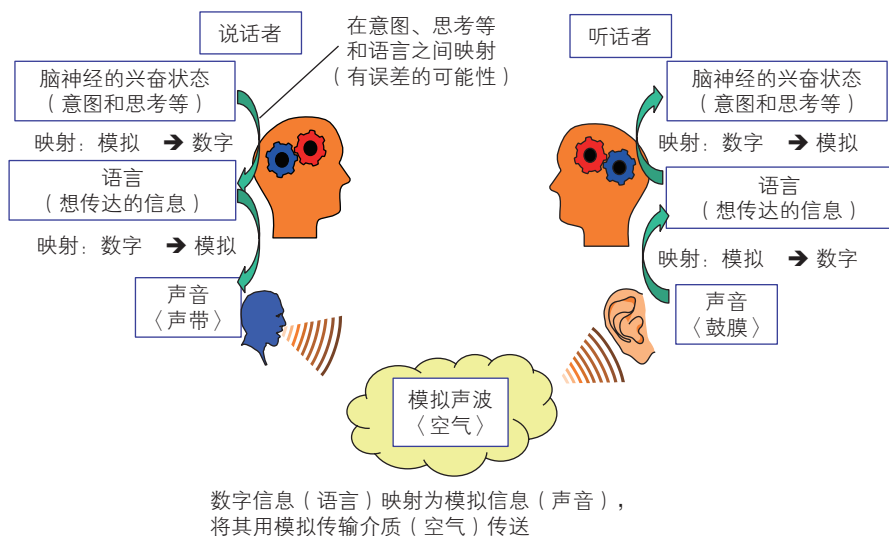


图2-1 语言的模拟传输

首先脑神经的兴奋状态（意图和思考等）本身不能被多人共享，抽象化的语言成为人们沟通能够共同参照的坐标系。在此重要的一点是，人与人之间对语言的定义要被充分地共享。否则，交流不成立。例如，用日语和法语这两种单词和语法定义皆不同的语言相互交谈就不成立。其次，脑神经的兴奋状态要能被准确地映射到语言。即使

是同样的语言，如果映射过程不准确会产生误解。例如，会有这样的例子，女人说“今夜很开心”（其实不是真正的开心），她说的是社交辞令，但是听到这句话的男人按照传统对语言的解释会真的理解为“开心了”。

数字化的信息通常具有三个特点，它们是“无差错的传输、存储、复制”“自主的错误校正”“对媒体的非依赖性”。在图2-1中，这些特点可以说明如下：

（1）无差错的传输、存储和复制。

作为数字信息的语言即使反复进行传输、存储和复制，其质量不会降低。与此相反，声音是模拟化的信息，如果被传输和复制，S/N比（信噪比）就会变差。而语言本身并没有S/N比的劣化，能够多次进行传输、存储和复制。

（2）自主的错误校正。

即使模拟的声音质量不佳，人们仍然可以从传输来的声音自动提取出作为数字信息的语言来辨识，根据自身的语言字典自主地再现信息。作为数字信息的语言通过模拟声音这个媒体被传输时，因为S/N比劣化等原因，即使在模拟的媒体上发生错误，仍然可以纠错并再利用。

（3）对媒体的非依赖性。

数字信息的语言被传送时，并不依存于作为媒体的声音的高度、速度等（换言之，不挑剔讲话的人）。根据情况，还可以使用扬声器和麦克风。此外由于文字的发明，信息通过用墙、纸、磁作为存储设备的媒体也能够传送。在这种方式下，数字信息的传送、存储和复

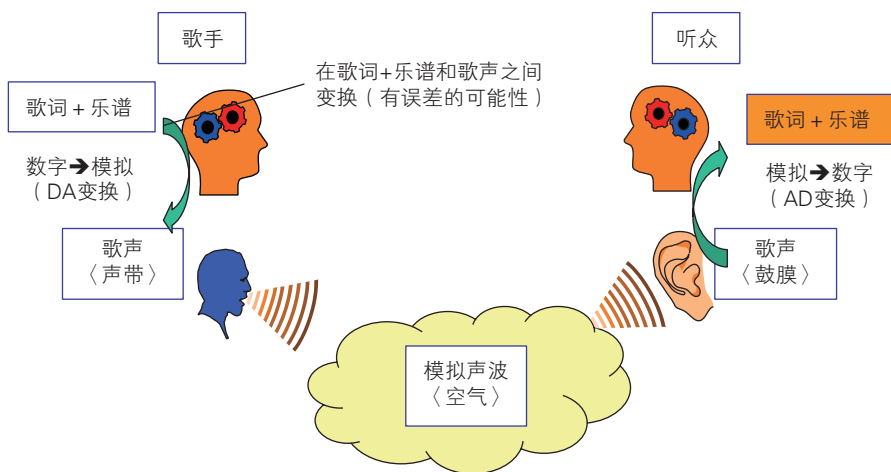
制，是不依存于媒体的。但是，当这个媒体的质量不好，超出媒体的“自主的错误校正”的能力时，传送、存储和复制将不成立。这类似于在安静的课堂能够清楚地听到教师的话，但是在噪音大的社交聚会就听不见对方的话^①。

让歌词和乐谱搭乘歌声传输

图2-2到图2-5，表示了歌词和音乐的传输方式的演化。为了传送数字信息（歌词+乐谱），让我们去看一下将模拟信息（歌声）作为媒体的情况。如图2-2所示，在此通过歌手“歌词+乐谱”变换（数字→模拟）为“歌声”的同时，歌手用声带发出“模拟音波”，它通过空气传播到听者耳朵的鼓膜。在最后的阶段，听众可以从“歌声”再生（模拟→数字）出“歌词+乐谱”。

在这个过程中，作为数字信息的歌词和乐谱，使用模拟信息的歌声这个媒体，将歌词和乐谱从歌手传送给听众。构成该通信路径的传输媒体是声带、空气、鼓膜。然而，如果这些传输媒体的状态不良或者传播距离长，就会造成S/N比劣化，到达听众的模拟信息质量降低。虽然如此，最终到达脑神经的信息在从歌声到歌词+乐谱的过程中，听众能够进行“自主的错误校正”。

① 听不见对方的话：碍于噪音听不到话的情况下，可以应用以下的方法：
（1）降低噪音的强度（让周围安静）；（2）提高耳朵的指向性（使用手改善声音的收集效率）；（3）增加信号的强度（大声说话或贴近讲话的人等）；
（4）使用其他的媒体（如备忘录等）。

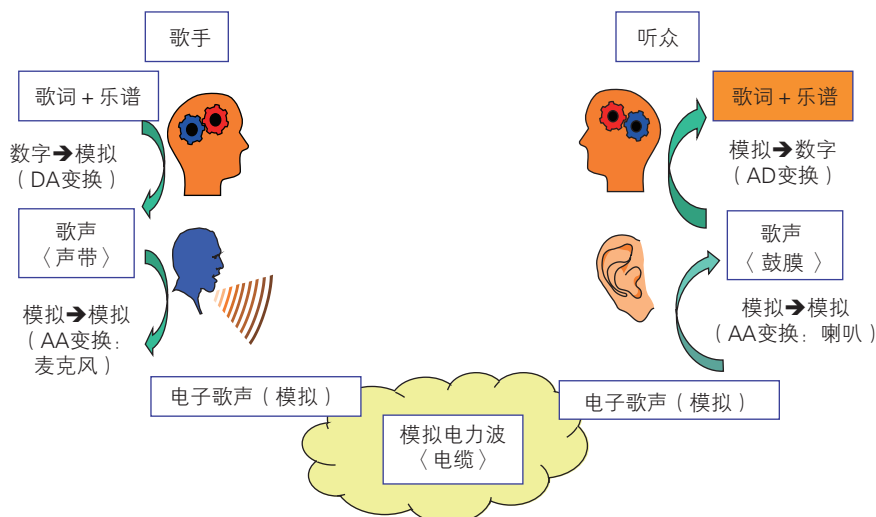


将模拟信息（歌声）用模拟传输介质（空气）传送（模拟信息的品质会劣化）

图2-2 歌词+乐谱使用“模拟声波”的模拟传送

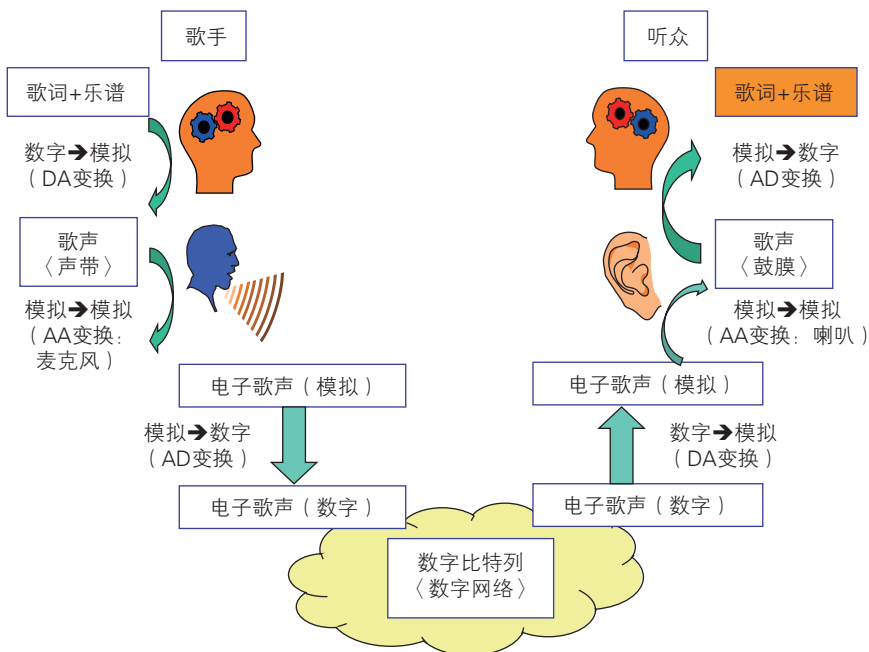
但是，如果以空气作为传输媒介，距离过长S/N比就会极端劣化，结果就是歌词和乐谱的再生无法实现。为了防止这种情况，如图2-3所示，使用模拟的“电子歌声”的传输被发明了。这就是导入扬声器和麦克风的方法。“歌声”这个模拟信息被变换（模拟→模拟）为“电子歌声”，以“模拟电力波”的方式被传输。这意味着作为传输媒介的空气被高性能的电缆所替代。

图2-4是将电子歌声的传输用数字取代模拟的形式。如果使用电缆作为传输媒介，对于模拟的电子歌声也有品质劣化的可能，如果把数字网络作为传输媒介，数字化的电子歌声在送信端和接收端质量完全相同的传输是可能的。换句话说，通过数字传输能实现质量的保证。



将模拟信息（歌声）用模拟传输介质（电缆）传送，
例如模拟放送（模拟信息的品质会劣化）

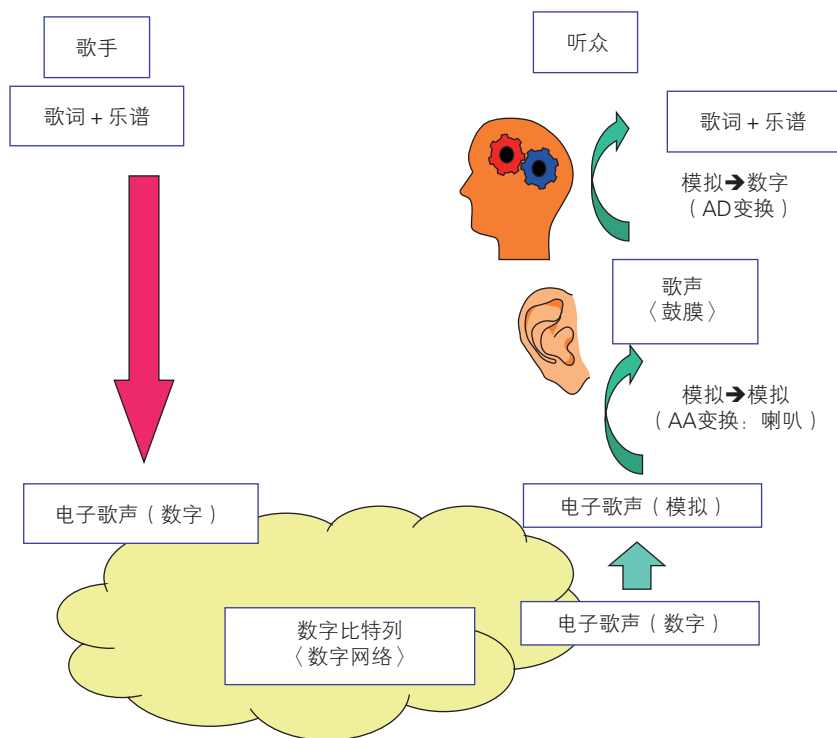
图2-3 歌词+乐谱使用“模拟电力波”的模拟传送



将模拟信息（歌声）用数字传输介质（数字网络）
传送，例如数字放送（数字信息的品质不会劣化）

图2-4 歌词+乐谱使用“数字网络”的数字传送

最后，在图2-5显示了使用MIDI（Music Instrument Digital Interface）的歌词和乐谱的传输。在歌手侧不进行把数字信息的歌词+乐谱变换为模拟的流程，直接传输数字信息，在听众侧使用电子音合成器等生成模拟的声音。其中，模拟传输仅局限在听众侧声音的再生。



将数字信息（歌词+乐谱）用数字传输介质（数字网络）
传送，例如MIDI（数字信息的品质不会劣化）

图2-5 MIDI上歌词+乐谱使用“数字网络”的数字传送

顺便说一下，图2-5的系统对应于手机的“铃声”，图2-4相当于“下载音乐”。在图2-5的系统中，可以自由地选择音调和节奏，或

者乐器以及歌手。作为类似的技术，通过输入旋律音符和歌词能合成指定人物（实际存在的人物或者在计算机上制作的人物）的歌声的VOCALOID（2003年雅马哈公司商品）就是一例。而且以Crypton Future Media公司在2007年使用VOCALOID发布的“初音未来”为例，让系统制作的人物用自己喜欢的歌词和旋律唱歌，令很多用户着迷。

由于数字传输的惊人的成本降低

在此，以图2-4的使用扬声器和麦克风的数字传输和图2-5的使用MIDI的数字传输为例，尝试比较一下信息传输的效率。

首先考虑通过MIDI传送“So”音阶的“啊”这个数字声音。假设用8比特表示声音的音阶，因为日语可以用两个字节（16比特）表示，所以在MIDI中“So”音阶的“啊”这个声音，将是24比特（8比特+16比特）。

与此对比，通过扬声器和麦克风的“So”音阶的“啊”这个模拟的声音如果使用数字化传输会如何？为了使用数字移动电话传输声音，所需要的带宽设定为4Kbps（千比特每秒），我们尝试来计算一下。如果“啊”这个声音的长度为0.1秒，使用 $4\text{Kbps} \times 0.1\text{秒} = 400$ 比特来表现它（在通常的有线的电话中，是 $64\text{Kbps} \times 0.1\text{秒} = 6400$ 比特）。也就是说，传输同样的信息，使用MIDI的数字传输，比起使用扬声器和麦克风的数字传输，前者所用比特数为后者的6%。

同样，如果尝试比较电子邮件和通话的场合，我们会知道电子邮件（用数字表现文字的传输）能够使用比语音通话少得多的比特

数，来传送相同的信息。假如我们要传送的是“早晨好”，因为日语使用两个字节（16比特）表示一个文字，所以“早晨好”（译者注：日语是十个文字）的电子邮件的总比特数是16比特 $\times$ 10=160比特。在另一方面，用声音说“早晨好”需要2秒，如果声音通话使用4Kbps的带宽，为了传输“早晨好”需要8000比特。电子邮件使用的比特数是声音的2%。

2004年，当NTTDoKoMo开始推出基于数据包通信方式（VoIP：Voice over IP）的包月电话服务时，以年轻一代为主，从声音通话切换到以电子邮件和SMS沟通的人急速地增加了。这可以理解为不把用户要想传输的数字信息（语言）变换为声音这种模拟信息，而是以输入文字的方式将数字信息原封不动地送出。使用手输入文字，比使用嘴发声要花费时间，但因为是包月服务，不必考虑花费，只要喜欢就可以利用。如图2-6所示，可以解释如下，为了传输语言，在口和耳之间用的是“声音”这种模拟信息，在同样的地方，在手和眼之间用的

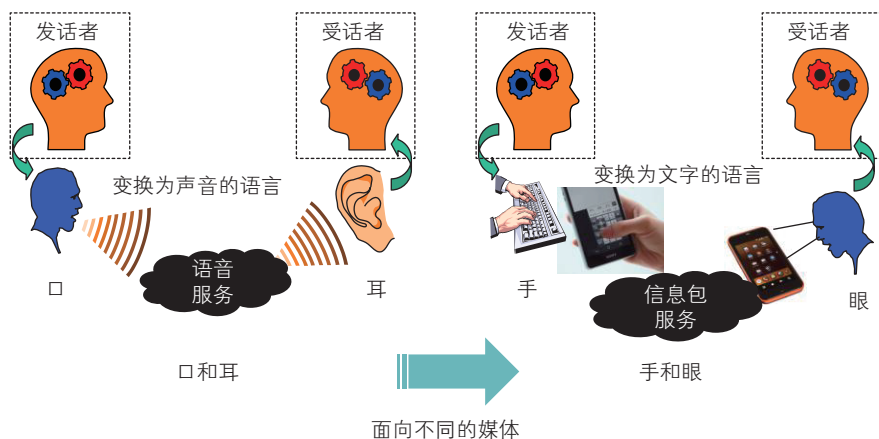


图2-6 从口到耳向从手到眼