

初露端倪的 DNA 计算机

奇 云

(安徽省淮南职业医专 淮南市 232001)



电子计算机从诞生的 1946 年到今天,不过半个世纪,发展速度之快令人感叹! 据统计,每隔 5~8 年,计算机的运算速度提高 10 倍,体积缩小 90%,成本降低 90%。计算机处理技术的发展也从数字到文字、从黑白到彩色、从无声到有声、从本地到远方。有关专家预测,今后的计算机将向微型化、巨型化、网络化、多媒体化、智能化方向发展。尤其是 1981 年日本宣布要研制与人脑智能接近的第 5 代计算机系统 (FGCS) 计划,把按冯·诺伊曼 (Von Neumann) 体制构造智能计算机的努力推向新的高潮。据专家们预测,第 5 代计算机将是一种非冯·诺伊曼型的计算机,其系统结构将有革命性的变化。类似于人的神经网络;材料上使用常温超导材料和光器件,采用超并行结构的数据流计算等。其解决问题的方式将更接近于人的思维方式,即“推理”方式,从而具有近似于人的智能。第 5 代计算机将使用人工智能语言和知识库系统,将能理解人的语言,思考问题并进行逻辑推理,运算速度一般都在 1 亿到 100 亿次之间。目前,第 5 代计算机的研制遇到了许多问题,日本已宣布放弃第 5 代计算机的研制工作。

在第 5 代计算机的研制停滞不前的时候,西方一些学者又开始提出一些新的计算机理论,其中最具代表性的,是美国南加里福尼亚大学著名计算机理论家伦纳德·艾德勒曼 (Leonard M. Adleman) 提出的 DNA 计算机理论。这一理论首先发表在美国《科学》杂志上。1995 年 4~5 月,200 多位来自世界各地的科学家共同探讨了 DNA 计算机的可行性,并提出试验计划。科学家们提出 DNA 计算机的原理是这样的:DNA 分子中的密码(碱基)相当于存储

的数据, DNA 分子之间可以在某种酶的作用下瞬间完成生物化学反应,从一种基因代码变为另一种基因代码。反应前的基因代码可以作为输入的数据,反应后的代码可以作为运算结果,如果控制得当,就可以利用这一过程制成一种新型计算机——DNA 计算机。当然,对多数非生物学领域的科学家来说,单凭上述几句话是很难搞清 DNA 计算机的工作原理的。在下面,我们将对遗传基因的基本知识加以介绍。

在地球上;大约有 1000 万种生物。有的生物只是一个单细胞,如我们肠道内的大肠杆菌;有的则有复杂的组织和器官,包含着大量具有不同结构、形态和功能的细胞。如:我们的人体就有约 10^{14} 个细胞,这是个巨大的天文数字。每个人体细胞内含有 23 对染色体。23 对染色体总共由 30 亿对核苷酸组成,包含有 10^5 个基因。子女像父母也好,生男生女也好,人能够语言、思维、创造也好,都是因为有了这些基因。现在更清楚了,许多疾病都与基因有关。可是,人类对遗传物质——基因的认识,是经历了科学家们漫长的研究才渐渐获得的。1944 年,艾弗里 (O. T. Avery) 及其同事首先用实验证明基因就是 DNA 分子, DNA 分子是由脱氧核糖核苷酸(磷酸、脱氧核糖和含氮碱基组成)聚合而成的高分子化合物。但是,人们赋予基因以准确的物质内容,直至 1953 年沃森 (J. D. Watson) 和克里克 (F. H. C. Crick) 提出 DNA 双螺旋结构模型后才确立。根据这个模型, DNA 分子是由两条互为平行的多核苷酸链缠绕而成。这两条链之间通过 4 个碱基配对连接。碱基配对方式为:腺嘌呤 (A) 与胸腺嘧啶 (T) 配对,鸟嘌呤 (G) 与胞嘧啶 (C) 配对。DNA 分子具有独特的双螺旋结构,使它有可能进行自我复制。在适宜的条件下,配对的碱基可以解开,使两条链解旋而各自成为单链,也称为母

链。此母链便成为模版，与细胞内游离的脱氧核糖核苷酸按 A 对 T、G 对 C 原理配对，聚合成二条互补的子链。每条子链与对应的母链相结合，构成一个新的 DNA 分子。由此产生的两个子代 DNA 分子，与亲代分子的碱基顺序完全一样。这样，新合成的子代 DNA 分子忠实地保存了亲代 DNA 分子所携带的全部遗传信息。人的一个细胞中的 DNA 可能含有 3 亿个信息量，将这一个 DNA 分子拉直大约有 1 米长。DNA 分子结构的阐明，也揭示了基因的实质——基因是有遗传效应的 DNA 片段，生物体内每个 DNA 分子含有很多个基因，基因的复制就是通过 DNA 复制来完成的。

艾德勒曼认为，由 4 种“字母”组成不同的 DNA (例如 ACGT 或 GATC)，因此一连串的 A、T、G、C 有序地结合在一起就能代表数字和其他信息，这种存储资料的方式，就如同二进制数字一样。艾德勒曼认为，就本质而言，DNA 是一种数码，它是可以计算的。在一个数码的系统里，任何一系列简单的操作都可以提供计算功能，问题只是如何将它们作一个正确的排列次序。于是，他提出 DNA 计算机的设想。如果将 DNA 计算机与普通计算机加以比较，普通计算机以 0 和 1 表示信息，DNA 计算机以 DNA 的化学单元表示信息；传统计算机引导电子穿越特定的路径而完成运算，而 DNA 计算机进行计算时则必需合成特定排列顺序的 DNA 分子序列，然后让它们在试管中产生化学反应，最后制造出的分子的排列顺序即为计算结果。由于化学反应不仅速度极快，而且可以并行完成，因此只要按照代表着数据信息的某种化学结构来合成 DNA 分子，大量的数据处理就能在反应过程中一并完成。在初步设计的方案中，逻辑指令“与”的执行，是按照排列顺序拆开 DNA 股段；指令“或”的执行，则是把包含特定排列顺序的 DNA 溶为一体。DNA 计算机可比普通计算机节能 10 亿倍，占用的信息存储空间只相当于普通计算机的万亿分之一。有人提出的最新方案是在大约 1 码 (1 码 = 0.9144 米) 见方的容器内，让 1 磅 (1 磅 = 0.3732 千克) 多 DNA 分子

悬浮在大约 1000 夸脱 (1 加仑的四分之一，1 升 = 1.0567 液量夸脱) 的液体中构成存储体。这样一个存储体的容量，将会超过迄今制造的所有计算机全部存储器的容量总和。更重要的是，DNA 计算机的运算速度将出现革命性的飞跃，它在一瞬间完成的运算次数，可能比世界上所有计算机加在一起所能完成的运算次数还要多，智能水平更高。例如，DNA 计算机可以轻而易举地把 10^{20} 个 DNA 分子装入 1 支小试管来完成同步运算，而 1 台普通计算机内的独立处理器，充其量也不过几百个。

目前，科学家们已制成了 DNA 计算机的逻辑判断装置。艾德勒曼运用 DNA 模拟计算机的逻辑运算，解决了“哈密尔顿路程”问题。

“哈密尔顿路程”又叫“旅行推销员”，是由一位爱尔兰人哈密尔顿于 1857 年设计出的：有 7 个城市，由 14 条不同的城市间的单向道路连接起来。要解决的问题是找出一条最佳路线，使得推销员能够从一个城市出发，经过每一个城市后又回到原来的城市，而且每一个城市只允许经过一次。

为了解决这个问题，艾德勒曼于 1994 年制出了 7 条短的 DNA 单链来代表 7 个城市，这些 DNA 单链包含了 4 种碱基 A、C、T、G 的排列顺序。在这种简短的字母表里，城市的“名字”是 20 个碱基长的一段顺序。而后他制造了对应于 14 条城市间道路的序列。DNA 碱基间若能正确配对，即 A 与 T 粘合，C 与 G 粘合，那么一个 DNA 碱基序列就能与另一个序列配对粘合。代表道路的序列就是被设计成能够与问题中这条道路所连接的两个城市的序列配对粘合的序列。

艾德勒曼博士把所有这些序列都混合在一只试管里。由于道路序列和城市序列之间的粘性重叠，这些序列就能够以无数种方式粘合在一起。运用分子生物学工具，他终于钓到一个 DNA 分子，头尾是正确的城市序列，而且恰好正好是 7 个城市序列长。

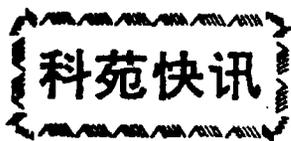
艾德勒曼把他的 DNA 模拟计算机称为 TT-100，意指实有 100 微升 (即 1/50 汤匙) 液体的

试管,以上的化学反应就发生在这些液体中。一些科学家对艾德勒曼的研究颇感兴趣,但又无不怀疑地希望能够证实,艾德勒曼是否只是碰巧找到了经得起上述方法检验的一道算题。然而,另外一些科学家开始设法完善其设想。他们不仅提出了利用DNA解算某些更难问题的方法,还就通用DNA计算机的设计路子出谋划策。艾德勒曼的好友理查德·李普顿(Richard J. Lipton)致力研究,发明了一种解决被称为“补偿”问题(SAT)的相关谜题的更普通的分子方法。简单地说,SAT表达式由逻辑上相连的命题(如:这个城市已被访问过)组成。任何命题都可能是正确的或错误的。问题在于确定为了使整个表达式正确,哪些命题需要是正确的。对于一个有 n 个变量的SAT而言,计算机必须搜索 2^n 个可能的答案。因此随着变量数目的增加,所需的计算时间呈指数式地上升经过一个特定点后,一台计算机就肯定不能找出答案了。而李普顿的方案从理论上讲,具有足够的功率以作出非常复杂的SAT问题的确切解答。李普顿指出:一支试管能够容纳 2^{60} 股DNA的数量级,所以就如同有了许许多多台并联计算机,超过人类在硅世界中所能梦想到的情形。这些被拿到一起的DNA股(DNA内碱基配对)立刻就可以完成上百亿次的运算。除了SAT方案外,李普顿和两位研究生后来还设计出生化策略以解开美国国家安全局的数据编码标准系统。他们面临的难题是,这些运算还很不完善。对于大问题,在复制或组合DNA股中的错误就可能积累。尽管如此,李普顿认为:“DNA内碱基配对翻译成电脑使用的二进制数字,这种结合能够解决不少计算

方面的问题,这一研究的基本应用很快会出现。而且理论上DNA计算机甚至可以编写程序,如同个人电脑一样。”

DNA计算机并非完美无缺。最令人头痛的将是DNA容易变质和受到损害,对DNA计算机存储器进行查询时很慢。尽管如此,这种计算机如果真能研制成功,那么将是计算机发展史上的又一个里程碑。

DNA计算机与普通计算机的天壤之别,还引发了“计算机究竟是什么?”的争论。从某种意义上说,计算机只是现实世界中的一种有形装置。DNA计算机使人感到:“所谓计算机只不过是人们加在某一物体头上的名称。”换句话说,DNA计算机可能并不是唯一的新型计算机,还会有许多目前难以想象的新形式。尽管DNA计算机尚处在孕育时期,但一些有远见的计算机科学家已把今天蹒跚的第一步与电子计算机的早期发展相提并论。美国普林斯顿大学计算机理论家理查德·李普顿博士指出:“这如同泄洪闸已经打开,从来没见过哪个领域的进展曾经如此神速。”新泽西州默雷希尔市美国电话电报公司贝尔实验室数学家罗纳·格拉罕姆博士认为,他感到就象“来到一家已经敞开了大门的里外全新的玩具店门前。”一些精通计算机理论的生物学家认为,DNA是有生命的物质,因此DNA计算机有生物活性,可以自我复制、自我组合。因此,科学家们得出一个结论:DNA计算机最有可能实现人类新寻求的智能解放。当然,DNA计算机的实现肯定还有一个漫长的过程,这个过程也许正是人类走向终极目标的脚印之一。它的成功之日,也许就是人类彻底改变自己之时。



米粒大的 发动机问世

据《中国科学报》报道瑞士科学家

最近研制成功米粒大的发动机。

据英国《每日电讯报》报道,这一发动机呈细长的圆柱形,直径3毫米,长8毫米,重不足

0.03克,旋转速度达每分钟2万转。研究人员认为,这种超小型发动机可用于制造血管中的血栓清除机,精细管道中的探测器等。

不过它并不是最小的发动机。日本丰田汽车公司曾制成一台米粒大的汽车,其中的发动机直径只有0.7毫米,驱动汽车以每小时0.1米的速度行驶。