## 英特网的设计哲学

本篇论文是一篇关于英特网发展的综述性文章，介绍了它的设计目标，以及为何这么设计，另外，因特网不是一成不变的，发展至今，因特网仍在改变，即使是像TCP/IP这样如此基础的底层模块，也是一级一级的发展出来的。理解因特网的设计目标和对应过程比认识因特网更加重要，因为有时它能够指导人们在应对什么样的场景下设计什么样的协议，以更好的服务于需求。

早期的因特网是DARPA复用现有的ARPA分组交换网络来实现的，其基于分组交换技术作为因特网的底层支撑，并利用一种称为“网关”的设备将数据在网络中进行转发。有了这样一个网络架构，论文后半部分就在讨论如何制定一组目标，以设计出一个有效的网络。这些目标包括：

1. 保证网络的连通性即使网络/网关出现故障

2. 支持多种类型的通信服务

3. 容纳各种类型网络

4. 区域划分与管理

5. 具有客观的成本效益

6. 以较低的代价实现主机互联

7. 对数据实行问责制

以上这些目标并不能代表网络架构设计中的所有目标，且优先级也是动态的，这些目标是作者在网络诞生15年后提出来的，以今天的视角来看网络架构，由于其充斥着各种类型的网络，需求也是多种多样，难以用简单的几句话来完整的概括网络架构设计目标，作者本人也提到过网络需要支持多种类型的通信服务和连接各种网络，相应有的目标优先级会靠后，有的会靠前，因此网络设计的目标其实是复杂多样的。不过通过以上这些目标的提出以及后文针对每一个目标所作出的解释可以大致了解因特网的普遍发展规律。

### 网络的健壮性

首先借由终端不会因为网络部分的错误从而导致终端应用状态的改变（包括重启，重新配置等）这一问题，引出网络需要维护收发数据状态这一特性，进一步，讨论了这一状态该由谁维护的问题，如果由网络本身维护，则会因为过于复杂从而导致维护信息的冗余或缺失，还会包括后文谈到的成本效益问题。最终因特网采用了端主机本身维护收发数据的方法。使用这种方式最直观的好处是，减少了网络中间部分的开销，任何一台加入到网络的主机，只要其本身拥有这样的能力，就能可靠地使用网络。

另外，这其实也是网络设计的一种思想，即网络本身的无状态化，即使是今天，网络的大部分也都是基于无状态的报文转发，这样的一种“尽力交付”的模式，使得网络本身不复杂，我只管提供传输的服务，至于是否可靠需要加入到网络的端系统自己来负责，其实这也从侧面提升了网络的可扩展性，应用的需求和客制化的目标由端系统提供，尽量少的影响或改变网络本身。

### 多种类型的通信服务

随着网络的不断发展，其支持的通信服务种类越来越繁多，如何开发出一个网络体系架构，能够有效的兼容并处理来自不同应用的数据，是网络设计之初就应该考虑的问题。设计之初就考虑不代表要把所用情况都涵盖进来，事实上不可能只用一个通用的算法或协议就能有效支持多种通信服务。参考X.25网络，由于设计之初就明确了要重视可靠传输，所以开始时某些网络上的应用（注重可靠交付的应用）的确能够很好的工作在该网络上，但是其余注重传输时延的应用则不能很好的支撑在这上面（可靠性和传输时延的确很难统一，今天看来也是如此），另外，可靠性作为X.25网络的设计准则，已经深入到了该网络的设计中，也就无法轻易剔除。

从以上案例可以得出两个结论，①网络设计很难在一开始时就考虑清楚各种通信业务的需求②如果设计过于注重某一方面的需求，则会导致无法轻松的迁移到其他应用中。因此，因特网在设计时，通过网络本身提供基础的通用的功能，针对具体业务需求时，再来由专门的协议作支撑。可见，网络尽可能保证了自身的简洁性，通过模块插件的方式扩展出不同需求支撑。

这种设计目标和前面的设计目标有异曲同工之妙，即网络本身很简洁，但由于其丰富可扩展的协议，使得网络本身功能有很强大，扩展性也很强。这让我想到了vscode和众多插件所构成的优秀代码编辑器。

### 多种类型的网络

今天的网络能够支持多种类型的网络互联，从广域网到局域网，从有线网到无线网，从普适通用网再到高速专用网。之所以能到达今天这样的广度，是因为网络设计足够简洁但同时又足够开放。简洁保证了网络能够进行大面积部署，开放又保证了网络稍加修改就能满足应用，因为修改软件比硬件更加容易，如果要在网络架构本身支撑多种服务，则硬件设计复杂度将大大提升，而通过软件定义的方式，则一次修改，多次实现的遍历，也能让它广受欢迎。

### 区域划分与管理

网络过于庞大，有时网络管理区域甚至代表了一个权力管辖范围，不应该也不可能再由同一个机构对网络进行管理，有的由国家政府直接管理，诸如军用网络，而商业性质的网络，则由不同网络运营商管理，并收取一定费用。这里就会牵扯出第一个问题，即如何维护不同区域间网络的互连，不同网络区域时延、带宽、可靠性保障都不尽相同，另外，各区域的网络路由表如何交互。参照网络设计前两个目标，可以通过设计不同协议实现不同网络区域的管理与连接，但目前这样的协议还不够成熟，作者也提到，当时域间路由表的配置还是人为配置，不仅工作量大，甚至极易出错。实际上，今天我们看到了有很多优秀的EGP协议实现算法，比如BGP就是很常用的外部网关协议。这也从侧面印证了网络的这一设计目标。

### 可控的成本效益

谈到一个网络设计的是否足够好，不光要看它能提供那些服务，还要看它为了提供这服务所付出代价的多少，正如这部分所谈到，一个远程登陆会话，为了保证传输的可靠性，可能需要40字节的报头+1字节的有效数据。另外，为了保证可靠按序传输，有时发送出去的数据，如果前一个报文出现问题，那么剩下的报文也将重传，这也加大了网络协议实现的成本。提供应用越多，需要的协议也就越复杂，产生的总成本也将随之上升。通过不断改进优化协议，能够降低成本，最大化效益成本比，如早期的发送-确认机制，到滑动窗口协议，再到后来的拥塞控制窗口，慢启动，快启动等，这些都是为了不断提升成本效益。

### 数据问责制

网路服务于数据，但数据的制造者需要支付一定的网络使用费用，这在今天日趋庞大的商用网络时代尤其显而易见，因此出现了流量监测，此外，舆情监控也属于这个范畴。

### 其他

接下来的架构与实现部分，可以看做是对前面设计目标的总结，这里不再赘述。这一部分比较有价值的内容，我认为是协议实现和底层架构的关系，不光适用于网络设计，在软硬件协同开发过程中同样存在这样的问题。他提到，目前的协议实现者更加倾向于逻辑的正确性，而忽视了性能问题，这也导致了之前提到过的成本效益问题，由于缺乏对网络结构本身的认知，就会出现诸如“保证功能的可靠性而不在乎是否充分发挥了网络资源”这样的问题。今天越来越多的协议实现者开始注重这个问题，一种协议的不断演进过程从侧面说明了这一点。

当然，我认为，这种问题要想得到好的解决，除了协议设计者本身应当考虑的因素外，从网络架构本身改良也是可取之路，譬如改善分组转发机制，优化IP报头结构等。

最后，谈一谈TCP的设计问题，已帮助实现数据问责制这一目标。早期的TCP设计者认为，基于数据报所携带的序列号、校验和等这些基础字节信息进行管理比管理数据报本身更加有效，可以实现对数据报的确认重传，分片重组。然而如果只有单纯的基于这些标签信息的管理，就会模糊在网络上传输的数据本身，网络的中间设备通过标签信息进行数据的存储转发，就会失去对应用本身的监控，换句话说，网络中所有数据报的标签都是同一个属性，不管发送方/接收方是谁，那么数据问责制就难以得以实现。后来有的人建议同时增加数据流一级的监控，并将标签信息与数据流进行绑定，同时实现对网络中间数据报的处理和端系统的监控。

### 研究方法评论

由于本文是一篇综述性的文章，没有针对某一具体问题，进行相关技术的详尽展开，而是通过对网络整体的设计作为切入点，从设计准则，设计目标，再到具体实现策略进行探讨，这样的一篇论文可以说是开启了其余网络研发者的研究之路。通过对什么是有效的网络这一问题进行探讨，引出了网络设计的7大目标，并对如何实现这一目标分别进行阐释。而且论文中不止一次提到过，网络的设计的目标不应完全照搬上述7点，且优先级也应当具体应用具体分析，这为后续不论是网络架构的设计还是协议的实现都提供了参考，其引申出的问题也可单独作为一个门类进行深入研究。所以我认为这一篇论文的启发性很强，题目取名叫因特网的设计哲学也十分恰当。

### 论文贡献

本文是基于美国国防高级研究计划局的因特网项目进行讨论的，其观点深远的影响了后续因特网的发展过程，另外，TCP/IP协议项目也是由他来负责的，通过不断优化改进，形成了今天网络体系中成熟的协议栈。