

1.4G/5G 移动通信技术

2.电力通信技术

3.移动互联网

4.自组织网络

5.无线传感器网络

6.物联网

7.软件定义网络

1.4G/5G 移动通信技术

4G 网络中的关键技术

4.1 正交频分复用 (OFDM) 技术

4G 移动通信系统主要是以 OFDM 为核心技术。 OFDM 技术实际上是多载波调制的一种，其主要思想是：将信道分成若干正交子信道，将高速数据信号转换成并行的低速子数据流，调制在每个子信道上进行传输。正交信号可以通过在接收端采用相关技术来分开，这样可以减少子信道之间的相互干扰。每个子信道上的信号带宽小于信道的相关带宽，因此每个子信道可以看成平坦性衰落，从而可以消除符号间干扰。而且由于每个子信道的带宽仅仅是原信道带宽的一小部分，信道均衡变得相对容易。

OFDM 技术之所以越来越受关注，是因为 OFDM 有很多独特的优点：

(1) 频谱利用率高，频谱效率比串行系统高近一倍。 OFDM 信号的相邻子载波相互重叠，其频谱利用率可以接近奈奎斯特极限。

(2) 抗衰落能力强。 OFDM 把用户信息通过多个子载波传输，这样在每个子载波上的信号时间就相应地比同速率的单载波系统上的信号时间长很多倍，从而使 OFDM 对脉冲噪声和信道快衰落的抵抗力更强。

(3) 适合高速数据传输。 OFDM 自适应调制机制使不同的子载波可以按照信道情况和噪声背景的不同使用不同的调制方式。当信道条件好的时候，应采用效率高的调制方式；而当信道条件差的时候，则应采用抗干扰能力强的调制方式。再有， OFDM 加载算法的采用，使得系统可以把更多的数据集中放在条件好的信道上以高速率进行传送。因此， OFDM 技术非常适合高速数据传输。

(4) 抗码间干扰 (ISI) 能力强。码间干扰是数字通信系统中除噪声干扰之外最主要的干扰，它与加性的噪声干扰不同，是一种乘性干扰。造成码间干扰的原因有很多，实际上，只要传输信道的频带是有限的，就会造成一定的码间干扰。 OFDM 由于采用了循环前缀，故对抗码间干扰的能力很强。

4.2 软件无线电 (SDR) 技术

在 4G 移动通信系统中，若要实现 ‘任何人在任何地点以任何形式接入网络’ 的理想通信方式，则至少需要保证移动终端能够适合各种类型的空中接口，能够在各类网络环境间无缝漫游，并可以在不同类型的业务之间进行转换。这意味着在 4G 系统中，软件将会变得非常复杂。为此，专家们提议引入软件无线电技术，软件无线电是近几年随着微电子技术的进步而迅速发展起来的新技术，它以现代通信理论为基础，以数字信号处理为核心，以微电子技术为支持。软件无线电概念一经提出，就受到各方的极大关注，这不仅是因为软件无线电概念新技术先进、发展潜力大，更为重要的是它潜在的市场价值也是极具吸引力的。软件无线电强调以开放性最简硬件为通用平台，尽可能地用可升级、可重配置的不同应用软件来实现各种无线电功能的设计新思路。

其中心思想是：构造一个具有开放性、标准化、模块化的通用硬件平台，将工作频段、调制解调类型、数据格式、加密模式、通信协议等各种功能用软件来完成，并使宽带 A/D 和 D/A 转换器尽可能靠近天线，以研制出具有高度灵活性、开放性的新一代无线通信系统。在 4G 众多关键技术中，软件无线电技术是通向未来 4G 的桥梁。

由于各种技术的交迭有利于减少开发风险，所以未来 4G 技术需要适应不同种类的产品要求，而软件无线电技术则是适应产品多样性的基础，它不仅能减少开发风险，还更易于开发系列型产品。此外，它还减少了硅芯片的容量，从而降低了运算器件的价格，其开放的结构也会允许多方运营的介入。

4.3 智能天线技术（ SA ）

智能天线定义为波束间没有切换的多波束或自适应阵列天线。智能天线具有抑制信号干扰、自动跟踪及数字波束调节等功能，被认为是未来移动通信的关键技术。智能天线成形波束可在空间域内抑制交互干扰，增强特殊范围内想要的信号，既能改善信号质量又能增加传输容量。其基本原理是在无线基站端使用天线阵和相干无线收发信机来实现射频信号的收发，同时，通过基带数字信号处理器，对各天线链路上接收到的信号按一定算法进行合并，实现上行波束赋形。

4.4 多输入多输出（ MIMO ）技术

多输入多输出技术（ MIMO ）是指在基站和移动终端都有多个天线。 MIMO 技术为系统提供空间复用增益和空间分集增益。空间复用是在接收端和发射端使用多副天线，充分利用空间传播中的多径分量，在同一频带上使用多个子信道发射信号，使容量随天线数量的增加而线性增加。

空间分集有发射分集和接收分集两类。基于分集技术与信道编码技术的空时码可获得高的编码增益和分集增益，已成为该领域的研究热点。

MIMO 技术可提供很高的频谱利用率，且其空间分集可显著改善无线信道的性能，提高无线系统的容量及覆盖范围。

4.5 基于 IP 的核心网

4G 移动通信系统的核心网是一个基于全 IP 的网络，可以实现不同网络间的无缝互联。核心网独立于各种具体的无线接入方案，能提供端到端的 IP 业务，能同已有的核心网和 PSTN 兼容。核心网具有开放的结构，能允许各种空中接口接入核心网；同时核心网能把业务、控制和传输等分开。采用 IP 后，所采用的无线接入方式和协议与核心网络

(CN) 协议、链路层是分离独立的。IP 与多种无线接入协议相兼容，因此在设计核心网络时具有很大的灵活性，不需要考虑无线接入究竟采用何种方式和协议。

在 4G 通信系统中将主要采用全分组方式 IPv6 技术取代 IPv4，IPv6 具有许多的优点，如：有巨大的地址空间；支持无状态和有状态两种地址自动配置的方式；能够提供不同水平的服务质量；更具有移动性。

4.6 多用户检测技术

4G 系统的终端和基站将用到多用户检测技术以提高系统的容量。多用户检测技术的基本思想是：把同时占用某个信道的所有用户或部分用户的信号都当作有用信号，而不是作为噪声处理，利用多个用户的码元、时间、信号幅度以及相位等信息联合检测单个用户的信号，即综合利用各种信息及信号处理手段，对接收信号进行处理，从而达到对多用户信号的最佳联合检测。它在传统的检测技术的基础上，充分利用造成多址干扰的所有用户的信号进行检测，从而具有良好的抗干扰和抗远近效应性能，降低了系统对功率控制精度的要求，因此可以更加有效地利用链路频谱资源，显著提高系统容量。

2. 电力通信技术

在传统电网向新型智能电网的转变，以及其中将面临的一个主要挑战是，需要一个很好的通信网络来实时接收所有用户信息和控制其负载。要解决这一问题，目前最被认可且最可靠的方案是以电网为通信媒介的 PLC(电力线载波) 技术。本文介绍了 PLC 技术及其发展历程，并将传统的窄带单载波 FSK 调制方案与基于 OFDM 的 PRIME 和 G3 两种新方案进行了对比。

传统的电网正在发生变革。在过去的一个世纪，电网是一个用来将由一定数量的发电站发出的电能传输到大量不同级别的用户的系统。设计和运行电网的标准，就是要将电能以一种有效的方式从数百个发电站传输到数百万的用户家中。这个系统储存电能的功能是很有限的，所以如何预测用户的用电量就变得至关重要。电网的控制是基于每日的预测来进行，而电能是由发电站通过传输网络输送到配电网。大部分发电都需要由调节器来控制。

而现在在某些国家，以及将来的更多国家，绿色能源对于电网的贡献将会越来越大。它在电网中所占的比率，由原来的水力发电，上升到了有 5% 是太阳能和风能发电。在大部分绿色电能中，调节器要进行的控制很少。

此外，电动交通工具也加入了变革的队伍。电动交通工具的大规模推广，将使电网的用电量加倍，并大规模地带来了超大储电能力。用电量的上升、绿色电能的推广和不受控制的发电、电动交通工具的储电能力被认为是电网的完美风暴。这个方案就被称为智能电网。它结合了嵌入式智能技术和实时通信与控制功能，能够随时与任何用户进行实时通信并控制其负载。要实现这样的通信功能，就需要采用以电网作为主要通信媒介的 PLC 技术。

PLC 技术早在 20 多年前就被用于中压领域来控制电网。但在低压侧大规模使用 PLC 则是更近才开始。PLC 技术的一个典型成功案例，是意大利 ENEL 供电公司采用一个基于 FSK 和 BPSK 调制的窄带 PLC 系统为 3500 万用户构建一个 AMM(自动电表管理) 系统。此系统可每 2 个月自动抄读一次 3500 万台电表。但是它的平均波特率不够，无法支持更多的实时通信和控制，以及未来基于 IPv6 等通信协议的应用。

要进行更多的实时通信和控制，以及未来基于 IPv6 等通信协议的应用，就需要一种基于 OFDM 调制的新一代 PLC 技术。其中两种主要的 OFDM 方案，就是现在的 G3 和 PRIME 技术。G3 是一个由法国 EDF 电力公司发起， MAXIM 和 SAGEMCOM 开发的方案。这个方案在 2009 年被公布， EDF 计划将在 2013 年试用 2000 台采用 G3 技术的电表。

PRIME 是一个由 PRIME 联盟推出的一个开放式多供应商解决方案，该联盟包含了 30 多个由供电公司、表计厂家和 ADD 半导体、 FUJITSU 、 STM 和 TI 等晶片供应商组成的成员。其中的表厂包括 SAGEMCOM 、 ITRON 、 LANDIS+GYR 、 ISKRA-MECO 、 ZIV 和 SOGECAM 。 IBERDROLA 是第一家推广此方案的供电公司，但现在 EDP 、 CEZMEREI 和 ITRI 也加入这个阵营。

IBERDROLA 在 2010 年开始安装 10 万台采用 PRIME 技术的电表。该供电公司还计划在 2010 年年底发布一个需量为 100 万台电表的新标，并于未来 3-5 年在西班牙完成 1000 万台电表的安装。其它一些供电公司也开始采用 PRIME 技术。 G3 和 PRIME 都是 OFDM 方案，但发展历史有所不同。 G3 最初是采用了一块由 MAXIM 设计的芯片，此芯片可提供适用于 PHY 层和某些现有软件层的 IEEE802.15.42006 通信、适用于 MAC 层的 6LowPAN 和适用于网络层的 IPv6 通信。

PRIME 则是由一个供电公司、行业厂家和大学研究所构成的联盟，合作开发一个新型 OFDM 电力线技术公开标准的产品。该联盟采用一个针对 PHY 层的系统性设计流程，从满足最基本要求开始。接下来就是从噪音等级、噪音节奏、信号减弱和阻抗模式等要素来对物理媒介进行定义。行业厂家则开发用于这些目的的新型自动化产品，并和供电公司展开了多次合作。由此产生了一个包含了噪音等级、噪音节奏、信号减弱和阻抗模式等要素的大型数据库，和用于电网的精确数据统计模式。

第二步，他们通过模拟的方法，用这个模式来评估 OFDM 技术的头实现、带宽分配、子载波数量、子载波调制和误差纠正等多个参数构成的不同组合，并采用新设备在实地测试中来评估最好的方案。经过多次的重复和大量的实地测试，他们根据欧洲电网的情况和供电公司的规格要求，选择出最佳的参数组合。此外， MAC 和上端通信层也是由一个包含了晶片供应商、表厂和供电公司的联盟开发出来的。

经过努力，他们开发出了 PHY 、 MAC 和集中通信层。 PHY 层在临近节点之间收发 MPDU 。它采用位于 CENELECA 频段高频率的 47.363kHz 频率带宽，平均传输速率为 70kbps ，最大速率可达 120kbps 。在此条件下，网络中各个节点之间可直接通信的概率为 92% 。其它时候，路由可以确保 100% 连接成功。

MAC 层提供了系统接入、带宽分配、连接创建 / 维护和拓扑分辨等核心 MAC 功能。

服务专用型集中层 (CL) 可以对信息传输进行分类，将其和适合的 MAC 连接关联起来。它可测定可能包含在 MACSDU 中的任何数据传输，也可具备有效负载头压缩功能。同时，采用多个子集中层来实现 MACSUD 中的各种不同的数据传输。

在基本 FSK 或 BPSK 方案中，信息是以单个载波来传输的。传输的波特率取决于带宽的大小，而噪音和选择性减弱会限制通信。而在 OFDM 方案中，信息是通过多个子载波来传输的。传输的波特率取决于带宽和 DBPSK 、 DQPSK 或 D8PSK 子载波调制的复杂性。通过采用多个子载波、编码和纠错，更好地消除了通信中的噪音和选择性减弱。

符号的大小是由采样频率以及子载波的数量决定的。符号越大，越能够可靠地抑制脉冲噪音。编码提高了稳定性，但也增加了复杂性和功耗。子载波越多，通信稳定性就越高，但并不意味着波特率也越高。

G3 技术采用 36 个子载波、 0.735ms 的分类符号、 6.79ms 的序和 9.5ms 的开头，需要重复法和 RS 纠错来提高通信稳定性。

PRIME 采用了 97 个子载波、 2.24ms 的长符号、 2ms 的序和 4.48 的开头。为了避免重复法和 RS 纠错的复杂性，它采用了能效高 3 倍的符号来提高通信稳定性。这是一个能够提供稳定性但成本更低的方案。

总之，传统电网在向需要更高级通信能力的智能电网发展。 PLC 技术是实现必需功能和稳定性的更便利的技术。 PLC 技术也在朝着 OFDM 方案变革，而 G3 和 PRIME 则是主要的 2 个方案。

3. 移动互联网

移动互联网，就是将移动通信和互联网二者结合起来，成为一体。是指互联网的技术、平台、商业模式和应用与移动通信技术结合并实践的活动的总称。 4G 时代的开启以及移动终端设备的凸显必将为移动互联网的发展注入巨大的能量， 2014 年移动互联网产业必将带来前所未有的飞跃。

4. 自组织网络

无固定基础设施的无线局域网称为自组网络，这种自组网络没有上述基本服务集中的接入点 AP ，而是由一些处于平等状态的移动站之间相互通信组成的临时网络。

自组织网络通常是这样形成的：一些可移动设备发现在他们附近还有其他的可移动设备，并且要求和其他类别进行通信。由于自组织网络中的每一个移动台都要参与到网络中的其他移动台的路由的发现和维护，同时由移动台构成的网络拓扑可能随时间变换很快，因此传统网络中的路由协议已经不再适用。

从无线网络在 70 年代产生后，它在计算机领域里日趋流行，尤其是最近十年无线移动通信网络的发展更是一日千里。目前存在的无线移动网络有两种：第一种是基于网络基础设施的网络，这种网络的典型应用为无线局域网（ WLAN ）。第二种为无网络基础设施的网络，一般称之为自组织网（ AD HOC ）。这种网络没有固定的路由器，网络中的节点可随意移动并能以任意方式相互通信。

5. 无线传感器网络

无线传感器网络是移动自组织网络的一个子集。它是由大量的传感器节点通过无线通信技术构成的自组网络。他的应用就是进行各种数据的采集，处理和传输，一般并不需要很高的带宽，但是大部分时间必须保持低功耗，以节省电池的消耗。由于无线传感器网络结点的存储容量有限，因此对协议栈的大小有严格的限制。

无线传感器网络 (Wireless Sensor Networks, WSN) 是一种分布式传感网络，它的末梢是可以感知和检查外部世界的传感器。 WSN 中的传感器通过无线方式通信，因此网络设置灵活，设备位置可以随时更改，还可以跟互联网进行有线或无线方式的连接。通过无线通信方式形成的一个多跳自组织网络。

WSN 的发展得益于微机电系统 (Micro-Electro-Mechanism System, MEMS) 、片上系统 (System on Chip, SoC) 、无线通信和低功耗嵌入式技术的飞速发展。

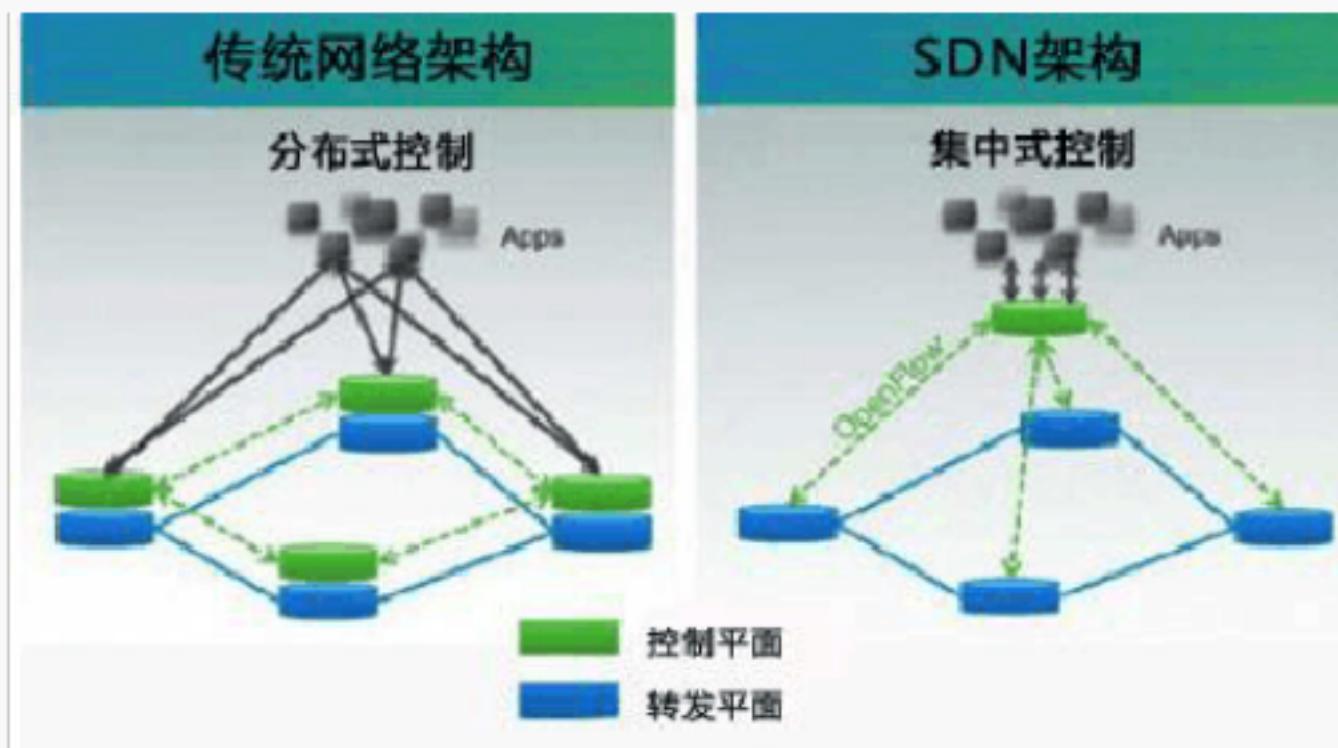
WSN 广泛应用于军事、智能交通、环境监控、医疗卫生等多个领域。

6.物联网

7.软件定义网络

现有网络中，对流量的控制和转发都依赖于网络设备实现，且设备中集成了与业务特性紧耦合的操作系统 和专用硬件，这些操作系统和专用硬件都是各个厂家自己开发和设计的。

SDN 是一种新型的网络架构，它的设计理念是将网络的控制平面与数据转发平面进行分离，从而通过集中的控制器中的软件平台去实现可编程化控制底层硬件，实现对网络资源灵活的按需调配。在 SDN 网络中，网络设备只负责单纯的数据转发，可以采用通用的硬件 ;而原来负责控制的操作系统将提炼为独立的网络操作系统，负责对不同业务特性进行适配，而且网络操作系统和业务特性以及硬件设备之间的通信都可以通过编程实现。



如下图所示，与传统网络相比， SDN 的基本特征有 3 点：

控制与转发分离。转发平面由受控转发的设备组成，转发方式以及业务逻辑由运行在分离出去的控制面上的控制应用所控制。

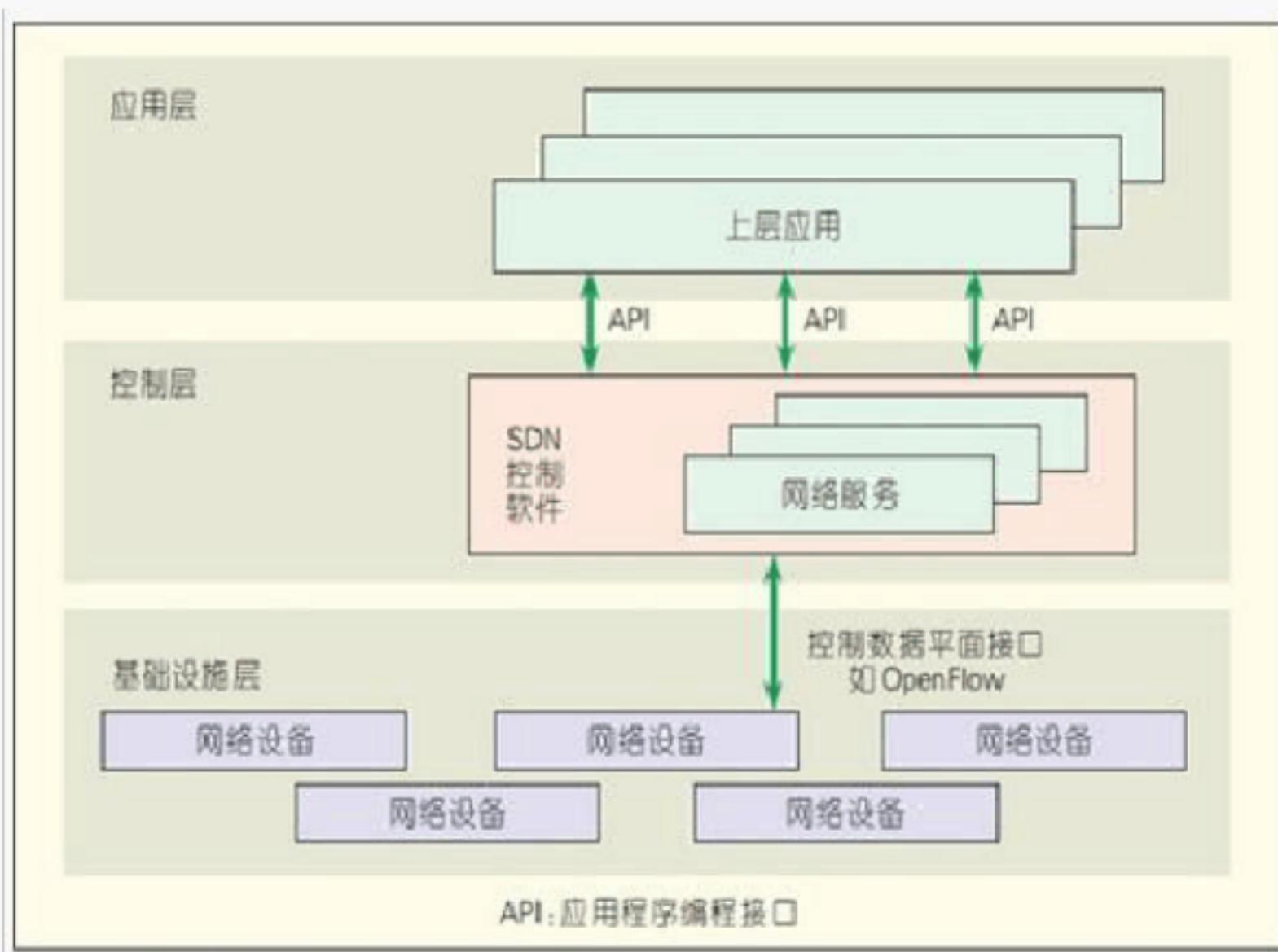
控制平面与转发平面之间的开放接口。 SDN 为控制平面提供开放可编程接口。通过这种方式，控制应用只需要关注自身逻辑，而不需要关注底层更多的实现细节。

逻辑上的集中控制。逻辑上集中的控制平面可以控制多个转发面设备，也就是控制整个物理网络，因而可以获得全局的网络状态视图，并根据该全局网络状态视图实现对网络的优化控制。

SDN与传统网络对比



SDN 的典型架构共分三层，最上层为应用层，包括各种不同的业务和应用；中间的控制层主要负责处理数据平面资源的编排，维护网络拓扑、状态信息等；最底层的基础设施层负责基于流表的数据处理、转发和状态收集。SDN 本质上具有“控制和转发分离”、“设备资源虚拟化”和“通用硬件及软件可编程”三大特性，这至少带来了以下好处。



第一，设备硬件归一化，硬件只关注转发和存储能力，与业务特性解耦，可以采用相对廉价的商用的架构来实现。

第二，网络的智能性全部由软件实现，网络设备的种类及功能由软件配置而定，对网络的操作控制和运行由服务器作为网络操作系统（NOS）来完成。

第三，对业务响应相对更快，可以定制各种网络参数，如路由、安全、策略、QoS、流量工程等，并实时配置到网络中，开通具体业务的时间将缩短。