主 题：2017全球未来网络发展峰会

分论坛1——未来网络学术发展与产业进展

时 间：2017年4月18日下午

地 点：南京上秦淮假日酒店3楼宴会厅A

（主持人：宋彤，中国通信学会副秘书长）

主持人：大家下午好，非常欢迎参加2017全球未来网络发展峰会——“未来网络学术发展与产业进展”。这次分论坛是由中国通信学会承办，江苏省通信学会协办。上午各位专家、院士已经就未来网络发展的架构、未来网络发展的趋势，以及未来网络发展的一些关键技术和思考，给大家作了几个非常精彩的报告。我主持这个环节也有三位在业界非常知名的专家给我们作报告，他们都是我们业界的大咖。

首先有请西安电子科技大学马建峰教授作为本次环节第一位演讲人，演讲题目是“无线网络融合的安全关键技术”。

马建峰：各位专家、各位来宾，大家下午好！

我下午报告的题目叫“无线网络融合的安全关键技术”。报告分以下几个方面：

研究背景。

5G、SDN、空天一体化等未来无线网络都有一些基本特征，系统高度地智能化、异构的融合面向应用，这些东西是未来无线网络一个基本的特征。这些基本特征会对安全带来很大的挑战。到底会带来一些什么样的变化？下面看一下。

智能终端面非常宽，既有智能手机，同时也有高铁、无人机、机器人，包括电动汽车等等，都是智能终端。跟这些智能终端先关联的新业务，像智慧城市、高速铁路、智慧医疗等等，需要新技术的支撑可以从网络层面、应用层面、数据层面共同支撑这样一个应用。

下一代无线网络面临的安全挑战，与传统无线网络安全挑战不一样，不同在什么地方？传统无线网络，一般传统通信设备、终端智能化程度比较低，甚至不智能，下一代无线网络终端通信设备高度智能化。在传统无线网络里采用的安全技术是身份认证传输加密，下一代无线网络安全技术多样化，在其他可搜索加密、轻量级加密等等。

在过去是独立的，需求比较单一，放在现在是需要相关安全服务技术组合来满足系统在这个融合过程当中的一些安全需求，这就是我们面临的一些新的情况，传统无线网络是以认证为基础，传输加密为手段的安全机制。但是这些机制没有办法保证智能化、融合化、应用化的下一代无线网络系统安全，所以我们现在需要对网络数据和安全需求进行综合考虑，形成一个网络数据和应用一体化综合的安全防护体系。这就是我们下一代无线网络面临的一些安全方面的挑战。

新终端、新技术、新业务使得无线网络安全挑战更加严峻，下一代无线网络系统变得更复杂，所以现在我们需要把网络数据和应用层面的安全整合起来，满足未来应用的需要，即让网络侧和数据侧安全机制协同化，让数据侧和应用侧安全基数综合化，最后建立面向下一代无线网络融合综合的一体化网络安全防护体系。我们做的过程当中，这几块都是相互独立的。

系统是智能化、多网络、多安全域，也有一些新的网络技术，像NFV、网络切片等等，单一和加密传输没有办法保证网络侧的安全，其实我们一定要把网络侧安全和系统安全综合考虑，才能构建新的网络安全保障体系。

从智能设备来看，主要是一个系统安全，这个系统安全一般采用安全关键技术是可信的运行环境，也就是可信计算；分区分级管理；拟态安全防护属于系统安全里重要的一个关键技术，同时还有其他的软件相似性检测。软件方面就是子摄影多模接入认证，多高效安全漫游切换，多因子认证等等。在网络安全防护方面也有一些新的技术，SDN、NFV、网络切片等相关安全防护技术。

在系统安全方面，一般以GPM、GCM技术为基础，构建安全防护体系，分区分级管理基本思路：未来系统是高度智能化的，应用比较多，功能比较多，所以我们为了防止这些功能或这些应用之间安全串扰，把这样一个系统看成一个平台，在这个平台上会构建多个安全的分区，最终一个安全应用对一个安全分区，以此来防止有一个安全的串扰。

在异构网络融合安全——跨平台自适应身份认证方法，针对不同业务等级多因子安全认证，这个认证过程中，其实面临很大的挑战，即海量设备和多接入点之间的认证，这是认证新的模式。最终我们要实现跨平台自适应的身份认证。

我们提出一个跨平台自适应认证基本架构，即在原来网络架构基础上，加入了安全子层，最后实现了多身份认证模式有效的集成。同时，基于预先建立域间安全关联关系做身份证据的传输，最终有效地实现跨域网络漫游切换。

其他安全技术也非常重要，跨域密钥管理，这是很大的题目，上午几位专家也提到端到端的安全传输、多域协同安全管理，也是非常重要的。

SDN带来的安全挑战，并没有成熟的安全技术，SDN其实还缺乏成熟的安全保障技术体系，这一块正在研究过程中。虽然SDN非常好，但确实SDN也给我们带来很多安全挑战，这是我们当下安全技术没有办法解决的。NFV也一样，网络功能虚拟化也有一些安全挑战需要解决，但实际上这些网络技术其实也没有相应成熟的安全技术。

数据侧。在未来网络里，我们需要把网络、数据和应用一体化的。在数据安全方面面临哪些挑战？面临约束条件是终端具备一定的存储和计算能力，但同时网络面临各种各样一些新的攻击，还有新型数据存储、计算、处理方面的能力。传输、存储和处理阶段需要全面保障数据的真实性、完整性和机密性。我们现在一般说跟网络安全相关的数据安全，实际上指的是数据的安全传输，放到下一代无线网络里不仅仅是一个数据安全传输的问题，也包括安全存储和安全处理的问题，也就是在处理和存储阶段相关安全问题也需要解决。采用的技术也不一样，在数据传输安全方面，主要是多加密算法的组合，轻量级的加密算法，有一些特殊场合需要轻量级的加密算法。

数据存储方面面临的挑战是目前数据安全方面一个最大的挑战之一，因为传统数据安全主要是在传输方面，在存储方面，实际上我们积累非常少。但是存储和处理又是未来数据安全的主体，所以面临一些安全的风险就更大。数据存储安全方面一些关键技术有加密存储、访问控制、数据备份等等，数据处理方面有数据的安全聚合、安全外包计算等等。

数据传输方面，轻量级加密和网络安全保护算法比较多，跟物联网、车联网紧密相关，必须结合特定的应用场合设计合适的加密算法和完整性保护算法，还有其他安全技术，要把多种密码算法组合起来满足我们应用的需要。

传输方面，一定要设计高效的数据加密算法。传统的数据加密算法一般要用在数据安全存储方面比较麻烦。安全传输实际上是一种短时效的安全，但是存储是一个长时效的安全，这两个是有本质区别的。正因为如此，所以现在要么在加密算法上设计长时效的加密算法，要么在安全架构上进行重新设计，来满足数据存储安全方面一些要求。相关技术有对称加密、同态、半同态等等，同态加密其实并不适用，有时候又不能不这样做，所以我们有时候跟应用结合，设计出来半同态算法。

数据访问控制也是非常大的挑战，这时候面临主要问题是设计细粒度的访问控制机制，保证灵活动态了数据安全访问与共享。相关技术比较多。

其他安全技术：数据完整性保护，为什么这个如此重要？我们把我们数据存在云端、某一个数据库里面，现在要保证我的数据不被管理方所篡改，数据完整性保护就非常重要；数据存在性也很重要，数据存在云端，到底有没有在云端存？云端的管理员必须告诉我证据，我的数据就存在云端，现在有一个存在性验证；非常重要的是数据安全更新，数据实际上不是一次存了以后就不变的，是不断进行更新的。

数据处理方面也有很大的安全挑战，现在云多数用在存储方面，其实计算功能没有充分发挥出来，但是未来怎样把云计算能力发挥出来，这实际上是我们面临一个非常大的挑战，数据处理方面有数据安全汇集，也要设计相应的算法、相应的协议来保证数据的机密性。

密文计算方法很重要，密文计算就是数据在加密的，但是在数据上仍然可以进行机器学习，对加密数据可以进行统计分析，这实际上面临一个很大的挑战，要保证机密性的同时，也要能算。实际上这一块工作目前也是国际上研究的热点，我们在这一块也取得了一些进展。其他安全技术，包括多关键词加密、数据搜索、安全外包计算等等，给云计算关系比较密切。

应用侧。终端功能越来越强大，所以应用也是多种多样的。有时候我们要求不同应用之间要进行一些协同，因为应用不一样、安全需求不一样，也要有差异化的安全策略。所以应用侧面临来自终端、网络服务协同过程中各类安全威胁，智能设备应用安全包括应用分区管理、漏洞修复、恶意应用检测、风险评估等等。因为网络平台需要给应用提供一些基本的安全服务，所以这里面存在一个服务的安全组合问题，组合服务安全性到底怎么样也要进行评估，特别是在服务综合过程当中有一个服务的选择，到底这个服务安全性怎么样，组合出来的结果是不是能符合我们要求，这也需要在组合过程当中加以认真考虑。

应用细分管理，主要通过可信验证机制增强分区隔离性，避免终端应用受到恶意软件入侵而造成相互干扰的弊端。这个隔离可以是软隔离，也可以是硬隔离。软隔离即建立一些虚拟专区，来达到隔离的目的。如果对安全性要求比较强，可以采用硬件安全隔离模式建立安全分区。

恶意应用检测方面有静态分析和机器学习方法，对于恶意行为进行学习建模，进行高识别。其他一些安全技术，包括漏洞修复、应用风险评估，目前都是大热门，现在这一块进展比较多。但是因为APP太多，所以漏洞不断地涌现，不断地修复，风险也越来越大。

服务安全组合方面，要设计基于可证明安全模型的服务安全组合框架和方法。为什么可证明？从学术界考虑，如果能证明这个模型组合出来的结果是安全有保障的，一般这种技术、这种模型是值得信赖的。

安全评估方面，基于信誉的网络服务评价模型与服务选择算法，在确保评价的公平性的同时保证组合服务的高可信度。

无线网络融合一体化安全。我一直强调一体化，基于一体化，在网络侧面临的攻击主要是终端假冒、非授权接入、网络攻击等。数据侧是非授权访问、数据篡改、数据劫持。应用侧是安全策略不一致、信息泄露、应用漏洞。采用单一安全技术根本就没有办法满足终端、5G、云数据中心和各类网络服务综合的安全需求。

在现实当中，大家总是想尝试用单一的安全技术来构建这个系统的安全保障体系，实事求是地讲，这个根本做不到，更何况现在的网络实际上是需要把网络、数据和应用做一个一体化的处理，也就是我们现在这个网络是面向应用的，就跟数据相关。要给网络提供基本的安全保障服务，最终保证数据的安全，最后要达到的目的是保证应用的安全。

在有一些事情里面说的安全不是单一的，以“希拉里邮件门事件”来说，实际上不仅仅是应用系统的安全，也可以看成是发生网络攻击这样一件事情，同时可以看成数据窃取。因为三个方面都不安全，都有漏洞，造成这样一个事件。如果有一块做得不好，“希拉里邮件门事件”就是不可避免的。

我这次来开会发现到处都在扫码，我非常担心，我来之前安排我的团队对扫码这件事情做深入分析，我的团队把共享单车的安全破掉了，没有经过认证，可以把单车骑走。其实我们也做了其他一些事情，举例，前一段时间武汉用电子枪可以把无人机打下来，其实主要是电子干扰，我们可以网络层面上攻击无人机，把无人机劫持下来。在实验室试验都是成功的。

在网络侧面临智能设备系统安全、异构网络融合的安全、新型网络安全技术；在数据侧有传输、存储、处理安全；在应用侧有各种各样应用的安全，这些要进行交织融合，相互协同，最后要构建一个综合的防护体系。

总结，设备的智能化、异构融合、面向应用是下一代网络基本特征，在下一代无线网络安全设计当中，应该做综合考虑，建立一体化的安全防护体系。这是我们的目的。

谢谢大家！

主持人：大家知道网络信息安全，实际上是一个永恒的话题，上到国家的安全，这个影响很大，中到行业，我们每个企业安全也是一个很重要的问题，小到我们每一个人日常的起居生活，未来的社会安全问题也很重要。因此在当今这个世界，特别是我们国家现在的发展，网络安全实际上是一个非常重要的话题。习总书记在构建网络强国的会议上总结指出，现在网络发展的基础就是安全，同时安全也会促进网络健康发展，它是相辅相成的。刚才马教授对下一代无线通信里面的系统、平台、应用等多方面的全纬度地分析了一下相关安全技术的进展，同时也提出了网络数据应用、协调、综合、统一的这么一个安全架构的机制。

我们再一次感谢马教授的精彩演讲！

下午的第二位演讲嘉宾，我们有请北京邮电大学张平教授为大家来演讲。他演讲的题目是《5G无线通信系统与技术》，大家欢迎！

张平：大家下午好！我做的这个题目是《5G无线通信系统与技术》，应该讲移动通信，但是这里加了无线，我觉得这里还是稍微有一点不太一样。这个话大家很清楚，就是我们中国MT团队的时候，最早5G愿景，一朵很漂亮的5G小花，曾经我们想把它作为中国5G的愿景图，最后我们做成三角形了，但是这个小花很漂亮，应该还是我们大家所追求的。

主要从以下几个方面，一个是趋势与需求分析，然后我们一块研究研究，最后是总结一下。总的来说无线通信发展的需求，从过去的智能网，再到业务网，再到最后的普适服务。同时我们既然讲到无线，还有我们可能讲到WLAN，到物联网、互联网，未来的宽带网会发展得越来越好。大家提的问题很多，但是主要问题还是解决复杂多变动态的无线网的问题，因为这个跟有线不太一样了。所以我们整个网络的情况不太一样，所以我们要知道我们面临的什么问题。

所以总的来说，这个5G系统的发展需求，有几个方面，一个是移动互联网，还有物联网，以及工业互联网，都是强劲的驱动力。在这里我们面临的用户数、连接的数量，还有数据量都呈指数性的增长。所以我们现在的网络可能有一些新的需求。另外这个新型的业务也层出不穷，各种应用对通信系统也有一些新的增加。

另外我们这个5G用户的需求也是不断提升的。我们在这儿看了有几个大的方面，一个是千亿设备的连接，还有一个是海量数据的连接，比如大数据。还有所触即所得的用户体验，这是要做控制的，所以我们怎么样能够在这么短的时间里面，给我们把这种控制的信息告诉我们，这也是短时延的要求。所以从整个方面来讲，我们ITU给出5G的需求，第一个是高带宽，就是上面的这个。另外一个就是我们这个所谓的MMTC，在这里就是物联网，物联网我们现在面临的是窄带，因为我们在现有的频率上，经过不是很复杂的，我认为现在是一个练兵，未来可能会有更多的替代性，像EMTC再到MMTC，这个是我们目前研究的热点。实际上对于左边这块，我们叫URLLC这样一个高可靠性能、低延时的，实际上这个就更说不清楚了。我觉得今天上午我跟国瑞电力公司的人研究，他们的需求提出来，就是非常短时的对电力网的控制，我们用我们传统的通信可能能解决，但是未来它有一些高的要求可能解决不了。所以各个行业之间，都在发生很大的变化。

我们拿一个网络，一个技术，能够包吃天下的事，可能是不行的。就是我们可能必须了解各个行业对我们的需求，然后用不同的技术去针对它，我觉得应该是这样一个所谓垂直化的趋势。这个趋势是非常大的，跟我们面临的2G、3G、4G真是不一样了，我们那个时候大概就是运营商提出几条来，大家一说有个技术往这儿来弄，找个最差的我们来面对一下就行了，2G、3G、4G就成功了。但是对于5G，我觉得怎么讲各个行业都有自己的需求，所以在这一点上，一个技术能够通吃天下的事情是完全没有的，不能把所有的问题都解决。而且未来5G的发展，也不是说单纯的这一块，单纯的这一个或者是我们的物联网，加上其他的行业，有可能它这个变化非常多的，我觉得这种可能我们都要去研究。这其实倒是给我们一些机会，要不然我们也没什么必要研究了，我觉得5G如果按照现在的讲法，基本上一些大公司都做完了，高校已经没有存在再去研究的可能性了。但是正是因为有一些新的需求提出来了，对行业的需求，这个它是完成不了的，所以我觉得我们可能还有很多的机会在里头。

所以在这里面我还讲讲行业的需求，一个是流量，一个连接，一个峰值速率，这里面这三个因素，首先还是找到频率带宽，这是永恒的话题了，一谈到G我们大家自然而然想到你的新频率在什么地方，面临的新频率是什么东西，带宽是多宽，我们能不能支撑？我们现在说得很好听，但是真正能实现，一个手机上面做256个天线，要高精度的，要高定时的，是不是都能做到，大家可能要去考证考证，不能这么简单。新技术、频率效率是我们追求的目标，我觉得现在一个提法，5G好像已经快完成了，我们没有什么存在的价值了。但实际上真的是有很多新东西，尤其是行业还有很多的需求。还有个主网，异构网络融合。

所以对5G全球来讲的话，无外乎是三个，一个是基于4G的增强版本，现在对运营商目前来讲，2017年底已经要实现了。另外就是不考虑向后兼容性的新设计，还有一个是对蜂窝系统的补充，我也不认为是补充，它实际上是不单单是补充，所以美国的5G，我觉得他们可能就是在这个方面下的工夫更大一点，这个也许可能是对的。我觉得按照互联网的观点，大家想想我能做到什么程度就做什么，做不到就算了，我们何苦花很多的钱打造，大家设想一下如果有这么高的带宽，还要什么无缝的对接，无缝的切换，做到就做到，做不到就做不到。我们只要把一些关键的地方能够覆盖住，是吧？我觉得反倒是这个有可能会占上风。如果在新的频率下，它的策略也简单，整个做起来也很简单，这样的话可能会占一些上风。

关键技术无外乎就这么多了，我就不一个一个讲它了，相信大家已经很了解了。

我们在这个实验室里面做了一些工作，简单跟大家汇报一下，一个是我们在高效无缝的无线传输网，特别是自主可重构的无线网络融合，还有一些科学仪器仪器所做的一些工作。

标志性的成果一是泛在无限传播环境测量，我们做了100G的带宽，这是我们目前做的工作。另外在6—100赫兹信道测量与连接，这里面做了一些基础性的工作，这些工作使得我们得到国际的一些认可。我们实验室的一个女同志也是ITO工作组的主席，而且我们现在也在想着做下一步的工作，就是如何把人工智能放进去。实际上大家也想的，将来的这个愿景有可能是多维的，除了那个三角形以外，大家想想还有人工智能的事情。实际上人工智能的事情跟大数据有关系，这个判断学习可能在未来的发展中占有一定的角色，如何能够智能起来，我们也在朝着这方面努力。

同时我们在国家“863”项目里面做两个事情，一个是异构协作网络场景下能效优化设计，国家“863”给了两个项目，我们实验室承担了两项，一个是主网协作。另外一个，就是我们异构协作网络下的能效化的这个研究，我们如何在信道状态差时同时实现扩展小区覆盖和能效最优部署，这两个是矛盾的，你覆盖得好，加大功率就好，加大功率能效不就降低了吗？那肯定是我要省能效的话，会把覆盖降低点儿就行了。但是我们在这里面可能找一些折中的条件来进行部署，做了一些这方面的工作。

第三个方面，就是我们在面向5G的无线网络虚拟化的关键技术，这也是“863”做了一些工作，面向认知的无线网络，它对应的是频谱的高效利用以及异构网络的应用方面做了一些工作。我们按照刘院士的部署，我们从整个国家实验室是作为一体来进行研究的。比方说多域资源的虚拟化方法的研究，还有在通信计算和存储多域资源的认知化，认知协同化的技术方面，比方说我们推出了低复杂度的多域资源互换方法还有认知缓存技术，同时提出低复杂度抗干扰技术。在这里面我们有实验系统，因为做这个，前两个我们都有实验系统，都有验证系统，应该说我们在这方面的工作做得还是比较早的，这个项目已经实现了两三年的光景了，而我们一直在这方面做一些工作。

第四个，大家知道我们做的这个通信测试仪器了，因为通信测试仪器它面临的问题也比较多，特别是在5G时代。5G时代面临的一个是5G峰值速率比4G提升20倍，而且5G频谱效率比4G提升了3倍，5G用户体验速率比4G提升了10倍，这些算法确实都比较复杂，如何利用算法把它装到一个小小的盒子里面，确实是挺考验人的事情。而且关键的麻烦在哪儿呢？你还得先走一步，你不能等人都做出来了我再来玩玩，所以这个事情不是那么简单，至少我的精度要比别人高一个数量级，必须高出10倍。所以比方说我们做的一个5G信道建模与实践，在这方面目前研究的内容比较少，我们要做的是针对毫米波的特性，采用跟踪相结合的方法来建立新模型。大家可能对这个工作，大家都是专家，我觉得这个怎么讲都不为过。其实我们设计一个系统，我们就是对信道的理解，我们对信道完全理解的话，我们的系统就设计出来了。信道如果有了，我们能够在这种条件下做的，最好，所以这是一个很艰难的任务。

目前我们也是在怀柔地区来完成，现在完成了我们系统设计模型，终端不用说了，在系统设计模型的同时，要跟5G的实验要整个相融合起来，这也是我们团队的一个策略。过去可能做的时候，这一步比较少，大家各自是独立的，现在我们把它结合起来，是骡子是马你拉上来遛遛，这个里面要对工具进行现场的测试，所以这项工作也非常的重要。

在后面我们要研究的工作，我觉得有几个方面，一个还是我们的长项，因为我们是背景邮电大学的，我们在研究未来5G后的信道研究，还有一个无线网络的融合，以及未来的泛载，以及未来的无线仪器。我们刚才讲了如何利用一些机器的学习和计算机的视角，我们把一个图片传过来，就能知道当时的信道环境是怎么样的，来进行这种建模，来增加我们所谓的大数据，能把这项工作做得好一点。

内容二，就是我们比方说研究面向无人机群的高速的通信和自主组网。研究内容三，就是业务和网络融合与协作。我们把端到端的传输结合起来，实际上是我们的终端到业务系统，这次就是完全按照这样一个方式来做的，也是跟刘院士，我们在北邮这个节点上做的，只不过把无线加起来了。所以我们要考虑路由以及策略，以及相对关联性的问题等等。

我们以用户为中心的下一代智能网络，我们需要研究的一些关键问题，我们在这儿把它对应起来，可能现有的网络对数据的增长再高因为资源有限，所以也无法动态适应，所以我们用超密集的网络蜂窝建构。我们在这里提的问题就是如何来超密度地解决异构蜂窝网难以协同工作的问题，还有单一的内容获取及传输机制难以动态适应多样化的业务需求，以及已有资源分配方案缺乏对物理资源异构性的综合考量，导致资源浪费。我们目前在做这方面的工作，这方面也有一些对应的策略。

在下面的工作，第四个内容就是面向空天地网络的高频段测试测量关键技术与装备，在这个方面归类是一些重要的资源，也是制约我国未来天地信网络基础是地面网络，核心是天基信息网络。天基信息网络是我国“一带一路”战略及全球战略顺利实施的重要保障。天星互联、地网跨越，还有面向空天网络的测量系统也是我们一直想做的工作。

所以总的来说，我们对这个无线系统已经不再是单单地局限于一个移动通信系统，而是我们推广的无线网络系统里面去了。

总的来说，我们在这一块做了一些工作，我就不再浪费大家的时间了，谢谢大家！

主持人：5G现在依然是一个非常热门的话题，这次峰会，作为未来网络，5G恰恰体现了下一代网络的发展。未来的5G要能达到低成本、全覆盖、灵活高质量面对各行各业的应用网络，是下一代整个信息通信网络的架构。这方面我个人认为，现在韩国的平昌、日本东京，以及我们国家都在说2018、2020年是5G商用阶段，我自己觉得实际上应该说这些是5G初级阶段。很多5G的标准、高频的利用等等，异构组网技术等等，大家都还在不停地研究或推进过程中。张平教授他们在5G方面做了很多工作，他也向大家介绍了下一步在这方面的打算和面临新的问题，以及研究的重点。我们再一次感谢张平教授的精彩演讲。

这个环节最后一位演讲嘉宾是南京航空航天大学吴启晖教授为我们作演讲，演讲题目是“未来网络所面临的频谱挑战与变革”。

吴启晖：非常感谢通信学会的邀请，在这里和大家交流，感到十分荣幸。本次大会大咖云集、精彩纷呈，收获良多，昨天上午邬院士说能否后发先至，下午刘院士说是否可以弯道超车，今天上午秘书长又说正当我辈发奋时，感觉到我们正处在民族科技复兴的时代，所以非常兴奋。兴奋之时，想想我们频谱领域能做什么，带着这样一个问题，汇报一下未来无线网络面临频谱的挑战与变革。

电磁频谱是否非常重要？这是我跟很多专家交流时，特别是一些国内大牛问我，举例，前一阵子有一位研究微电子的院士说：小吴，我们研究微电子的，是微电子不微，微中见著。电磁频谱重要吗，有什么意义？我说电磁频谱也挺重要的，我们国家设立国家无线电管理局，专门进行无线电频谱的规划和管理，也就是说电磁频谱资源都是国家的战略资源，也上升到国家的战略定位。《国家无线电管理规划》里不仅说是国家的战略资源，而且是一种稀缺的资源，也是国际博弈和竞争战略的热点，而且也是构建国家经济社会发展信息的大动脉，是我们未来网络，特别是无线网络的大动脉，是支持网络强国和制造强国建设发展的关键要素。互联网+、中国制造2025，随着这些国家战略计划的实施，对频谱的需求愈加旺盛。

电磁频谱资源不仅在国家层面具有战略意义，在国防上同样战略地位非常显著。2016年，美国指出：电磁频谱空间是第六维空间。2015年，美国发布的《电波制胜》报告中指出：“失去制电磁权，必将失去制海权与制空权。”要想实现空中、地面、海上、太空和赛博等空间的优势，必须首先要夺取电磁频谱的优势。因此在去年电磁频谱的保证升级为电磁频谱的作战。无论对于军用和民用，电磁频谱都有其重要的意义。

未来无线网络发展，我们讨论5G时，最主要驱动力量是移动互联网和物联网。张平教授刚才探讨6G方向的一些问题，到6G可能还有一个驱动力量，即天地一体化的信息网络。这三个大的驱动力量会使我们通用速率更快，终端接入更多，网络覆盖更广，用户体验越来越好。但是给我们频谱领域却带来了很高的挑战。

挑战一：频谱资源越来越紧缺。

一方面无限业务需求呈指数型增长，2015-2020年，根据Cisco数据报告，业务流量增加约10倍，而频谱供给增加约1倍，2012年，美国政府就提出“频谱危机”这一概念。很多老百姓并没有感觉到频谱危机，也就是说这个感觉还有很大的温差。如图显示，蓝色是无线业务流量的增长，非常快；红色是突跳式，因为频率是国家控制的，2015年美国放宽300Mhz，根据容量计算，流量的线往上提高了一些。感不到危机的原因是目前的频谱资源能够适应无线业务流量需求的，但是对于这些从事电磁频谱领域研究的同志来说，感觉到裕量越来越少，也就是说危机离我们越来越近了。Cisco指出：我们现在都为处在一个大数据时代而狂欢，大数据很多都通过无线的方式接入到网络。所以可以说我们有更多的频谱资源来传递这些大数据吗？这是Cisco提出一个很严峻的问题。

很多新型业务层出不穷，如车联网、船联网。我在南京航空航天大学任教，更多讲一下无人机系统。无人机现在越来越热，从频率来说，目前ITO给无人机系统分配的频率是840.5-845M，上下遥控和遥测，遥测和遥控有什么区别？遥控是地面对上的一种控制，对无人机的一种控制，遥测主要是指无人机工作状态，高度、维度等信息回传。1.4G是下行遥测和信息传输，2.4G包括上行遥控、下行遥测和信息传输。我们现在看到很多都是单个无人机的，我们对军事上已经开始讲究无人机集群作战，在未来民用领域可能无人机的集群化也是非常重要一个趋势。在这个趋势中，除了业务传输以外，遥控、遥测频率很容易造成相互干扰，这和其他通信就有一个很大的区别，即如果遥控的频率、遥测的频率受到干扰的话，会造成机毁伤人事件。所以我们在做无人机实验时，有同志提醒我们应该买保险，万一无人机掉下来砸到人了以后怎么办。所以频率问题是非常严峻的问题。

挑战二：无线电秩序形势越来越严峻。

如图，360得到一个伪基站的态势图，如图可以看出，伪基站量非常大，中间是黑广播，架在屋外有一个天线，有窃听器、无线电作弊、无人机非法用屏。

无线电秩序安全方面可以分三个方面：

1、重大活动的无线电安全。现在有很多破坏的活动是通过无线遥控的炸弹实施。在“十二五”期间，有抗日战争胜利70周年、世界互联网大会等等这些重要的活动都需要无线电进行安全保障，我们做了一个全军频谱系统，做无线电安全工作，比较初级，后续要在这个基础上继续进行改进，为未来的冬奥会服务。

2、无线电信息安全，主要查处，在“十二五”期间，即2011-2015年，全国查处伪基站案件总共3951起，查处黑广播案件3301起。现在伪基站和黑广播呈现比较高的上升趋势，之所以如此，是犯罪成本太低。有的时候能找到黑广播在什么位置，但不知道是谁释放的黑广播。

3、无线电专用频率的安全，保护民航、铁路无线电专用频率长效机制，“十二五”期间查处的各类无线电干扰6500起。民航使用的频率是108-138M，而广播电台使用的是88-108M。前一阵在南京路口就有黑广播干扰民航频率，黑广播成本低，但是对外辐射非常大，干扰了民航飞机。现在快递业发展非常快，很多公司为了控制邮递员的位置，让他们戴上GPS信号，能知道他们在什么位置，有一位邮递员为了不让公司知道他所处位置，自己戴了一个GPS干扰器，结果送到机场附近，就把机场周围的GPS信号干扰了。这个也是影响了民航正常的起飞和运转。

挑战三：电磁频谱战敌对抗越来越激烈。

美国在2015年发布的电波制胜报告中有一个副标题，即重拾美国在电磁频谱领域的主宰地位。美国很有危机感。美国国防部和各军种、盟国都把电磁频谱优势置于不可质疑重要的地位上，是取得其他胜利的前提条件，我军也指出：要从静态设防向动态赋能，从安全保障走向对抗作战的方向发展。也就是说主要的大国都在电磁频谱领域进行激烈的竞争，所以对抗会越来越激烈。

针对这三个挑战，同时推动了三个变革：

变革之一：为了解决电磁频谱资源紧缺的问题，推动了频谱资源从静态独占向动态共享转变。为了使电磁频谱管理有序，我们要从孤立监测向网格化监测和分析转变，同时在电磁频谱作战领域由人工决策向自主决策转变。

动态授权的频谱管理，传统频谱管理模式是一种静态分配的管理模式，即切蛋糕的模式。现实生活中，你买了房子，但是不允许你出租，这样频谱利用效率很低，房子如果不允许出租，房子利用效率也很低。但是优点是管理简单，系统之间没有相互干扰，不足之处是频谱资源动态利用效率极低，特别是在现在社会上高度流动的情况下，造成对频谱资源的需求在不同时间、空间、频率上有很大的不同，负载不均衡。

为了解决频谱动态利用率问题，国际上发展认知无线电技术，无线电领域研究的很多老师都非常清楚，很多专家认为：认知无线电技术就是一种见缝插针式的通信技术。在2014年，国家无线电监测中心对450M-5G频段进行了评估，认为大部分频率使用是远远小于10%的，在未来发展中需要采用认知无线电技术。但是认知无线电技术也存在不足，不足是通信质量没有办法得到完全保证。在这种情况下，国际上提出一种新的体制，即动态授权管理体制。也就是说允许广电等公司将空闲的频谱出租给热点地区用户使用。

现在国际上研究的前沿主要代表欧盟是LSA和美国的Super WiFi。欧盟LSA讲到民航频谱，在机场不允许使用，但是今天我们开会的地方完全可以使用。把这些频谱形成一个频谱的数据库，如果在某个热点区域频率紧张，可以跟控制中心再申请控制资源，控制中心授权，当然可以是付费的。

我们国家在《无线电管理规划》里指出：“十三五”期间首要任务是创新评估管理，建立频谱使用评估和频率回收机制，形成行政审批和市场化配置管理体系。

动态授权频谱管理包含很多技术，如果要实现的话，其中有几个指标：

1、动态授权时间，美军想利用35年，将频率动态分配管理时间从当前3个月缩短到1秒。

2、体系架构的创新，以前频谱监测网络和用频网络相互分离，在这个体系架构下是通过授权的交易结合在一起。

3、频谱数据组织分析，主要包括获取、存储、查询、预测、利用等等。现在中国科大朱老师经常组织无线大数据的研究，频谱大数据是无线大数据的一种特殊类型。

4、频谱云，在云端进行频谱数据的分析决策和频谱交易。

这部分我们团队主要做的工作：

1、提出频谱云模型，将大规模的频谱监测、频谱大数据分析、异构频谱资源的优化、频谱资源的共享服务以及无线电次序管理服务有效结合起来，形成新的体系架构。

2、提出面向频谱贸易市场的频谱拍卖机制，是在频谱云基础上形成这样一个高效的拍卖机制。短时频谱拍卖已经成为学术界一个研究热点，但是工业界目前还没有这样的标准。加拿大皇家科学院院士认为我们提出的频谱云是动态频谱管理中一种不寻常的方法。英国皇家工程院院士认为频谱拍卖机制是动态频谱管理机制创新中的代表工作之一。

变革之二：网格化的频谱监测分析。传统的频谱监测现在还是像固定、单台站的监测，就是大台站孤岛式监测，从全国来说现在建有VHF/UHF监测站2522个，移动监测车1106辆，可搬移和便携式设备6731台，对于全国范围来说这个数量非常有限。优点是非常简单、成本较低。不足是很多都是事后工作，事中实施性很差，事前预测能力很差。刚才说到民航，民航被黑广播干扰，是民航反映到江苏省无线电管理委员会，江苏省无线电管理委员会再派移动车去找黑广播，然后找到以后再清除，整个半天时间就过去了。我们能否把监测网平时就布好，有事件发生时能及时响应，或许还能预测。固定单台站现在简单联网，但还没有找到网格化智能监测阶段。

最主要的作用是快速查找非法用户，360、百度都开发了伪基站监测系统，但预测能力不强。在这方面，上海市走在全国前列，上海市形成了网格化无线电监测系统的试验网，主要在徐家汇和虹桥交通枢纽两块区域，总面积74.6平方公里。江苏省正在盐城建这么一个网格化的无线电监测系统试验网，从目前了解的情况来看，这个试验网在国际上也是第一次。

频谱大数据，在这样一个网格化不断计入时长、能量值，根据设定，一个星期存储量是300多pd，超过Facebook一年的存储量。这个问题确实是存在的，因为国家无线电监测中心主任跟我说了一个事情，说：现在全国存储频谱的数据吃硬盘吃的不得了。

网格化监测有很多关键性技术：网格化如何优化部署？网格化部署以后，很容易和授权矩阵联系在一起，不是每个点都适合部署监测设备的，所以网格化如何部署是一个问题；3D感知问题，我们现在可以用波数技术进行抗干扰，波数如何感知？就是现在频谱感知领域一个难题。还有频谱大数据压缩传输，还有多维的频谱态势的补全，以及多维联合频谱预测等等技术。

我们团队在这方面工作主要是在线稳健预测，构建基于低秩矩阵/张量完成的多维在线频谱预测机制，在二维时用低秩矩阵就可以处理，但是到三维以后矩阵就不行，要通过张量生成把多维转化成二维来解决。

系统数据的频谱攻击行为和频谱防御策略，从攻防联动角度提出频谱攻防交互博弈和检测的思路。美国科学院士E.Frid，香港工程院士等都对我们这项工作有很好的评价。这部分工作我们在国家自然科学基金重点项目支持下，主要是广域动态频谱态势基础理论与关键技术研究。瞄准的目标是美国。

变革之三是自主频谱决策。传统的频谱决策是一种人工方式，主要是情景比较简单，可能不需要决策，甚至只要预测一下就行了。但是现在频谱作战是一个复杂的电磁频谱环境下作战，复杂性主要体现在多样性、密集型、大规模、高动态和高对抗。我们解决智能频谱决策或自主频谱决策，从作战角度来说，主要解决战前快速的规划，战时自我协同，还有和敌方对抗，美国DARPA系统、GEMSIS系统以及频谱挑战赛，用智能进行频谱管控的研究。主要利用人机混合的智能决策方法进行预先决策和临机决策。

我们团队在博弈方面做了更多的工作，优化方面正在展开研究。

提出局部互利的博弈模型，在座专家里可能有来自部队的，其实可以把部队的场景转化成民用场景，考虑到战场环境下，信息传输是受限的，同时对性能要求较高，我们提出利用局部信息交互实现通信可达域的最优，进一步分散博弈对抗的力量。

超图博弈模型，考虑到未来集群作战的特点与民用领域用户群之间的干扰问题，提出超图博弈模型。

美国国家科学院和工程院某院士认为我们提出的博弈是多智能体决策接入代表工作之一；加拿大工程某院士认为我们从群体新的视角研究动态频谱优化问题。

这部分主要是围绕两个项目展开实际研发，一个是工信部国防共性基础重点项目，基于通用数据链的协同电子战智能频谱管控技术，未来战场是一个频率异构的系统，怎么样通过这样一个智能频谱管控，把所有的用频装备协同在一起作战。还有一个是军队“十三五”预研项目，面向无人机的智能频谱管控，无人机作战首先要解决频率问题。

总结，电磁频谱无论对军用还是民用都是一个战略资源，在移动互联网、物联网、天地一体化信息网络驱动下，未来无线网络会向速率更高、接入更多、覆盖更广的方向发展，但对频谱资源提出更多的挑战。为了应对这三大挑战，我们需要在频谱方面展开三个方面变革，这三方面的变革也体现了互联网+、人工智能+，以及频谱转型，也希望有更多的专家加入到频谱领域的研究，让我们一起前行，欢迎大家到南航去指导我们的工作，谢谢！

主持人：感谢吴教授的发言。刚才在演讲中吴教授把现在的屏蔽资源从国家战略层面作为一种稀缺的资源，不管是国防还是民用下一步发展面临的挑战，还是现在无线电领域面临的各种各样的问题，以及敌对势力面临的威胁分析得很透彻，同时提出了下一步频谱资源的策略，就是像独占式的管理向动态共享式的管理，以及固定单点式的监测向网格式的监测，还有人工的频谱决策向自主的频谱决策方面转换的三个趋势。同时提出了相关的关键技术，以及对这些技术的，吴教授团队的一个研究和想法。所以说非常透彻，我们再一次感谢吴教授的精彩演讲！

下午这个无线通信版块的的主题报告就到此结束，感谢三位专家为我们带来的精彩演讲，也感谢今天在场的各位代表和听众的坚持与关注，再次感谢！

接下来这个主题是有请北京邮电大学黄韬教授来主持，大家欢迎！

（第二部分主持人北京邮电大学黄韬教授。）

主持人：谢谢。下面这个版块的第一个内容是车联网，最近大家都非常关注这一块，车联网这一块，我们认为是网络应用发展里面非常非常重要，而且非常具有潜力和价值的一个领域。因此今天我们非常有幸地请到了国内在车联网领域一个重量级的嘉宾，重庆邮电大学的副校长刘宴兵教授为我们作精彩报告，刘校长也是首批学科领军人才，他今天带来的题目是车联网与安全，将从车联网的技术等等方面对大家进行一个精彩的分享。

我们现在欢迎刘校长为我们作精彩报告。

刘宴兵：各位专家、各位同仁，大家下午好！

今天非常高兴参加这样一个论坛，前面各位专家的报告深受启发。接下来我花一点时间和大家交流一下车联网及安全技术，主要从以下几个方面给大家进行一个交流和汇报。

一，是车联网。车联网主要是针对我们目前交通效率问题、交通安全问题，特别是我们针对传统的自主安全系统能力受限，需要提高安全的预测精确度为前提，同时通过人、车、路、网、后台的实时的互联感知、资源互联互通，最大化的智能交通系统的综合感知和安全管控能力。最终是为了提供安全、节能、环保和智能、高效的交通方式和多样化的智能服务模式。

车联网被业界寄予厚望，车联网它可以使我们通过共享，使交通的资源分配更加高效。车联网还寄予厚望，它可以提升我们运输的效率，降低物流的成本。大家知道我们现在很多的物流，很多的交通工具，去的时候是满满的，但是回程的时候，这种“散、乱、弱”的线下资源，也是目前我们可以逐步通过互联网来改善这个现状。同时车联网能够有效地利用我们大数据，解决目前我们中国大城市的交通拥堵的问题。同时车联网还可以更好地运用云计算、大数据来实时地总结我们的交通数据，进行我们的交通的位置的判断，所以目前我们很多的企业都投入财力和物力开展了相关的研究，而且得到一些很好的技术产品。

同时这个车联网为我们下一步的无人驾驶，智能+车联网是未来国际特别是中国重视的一个领域。大家知道2017年欧洲所有的汽车厂商都要求为无人驾驶的相关的功能要加上强制性的，美国是预计在2020年全面的无人驾驶汽车上路上高速。

另外一个，我们车联网为我们解决交通管理上的动态化、平台化，还有自动化、智能化，为我们真正“四化”的思维提供了非常好的思虑。其实物联网在一个国家部署要成功的话，非常重要的一个标志，我个人认为首先就是车联网。车联网是物联网和智能汽车两大领域的交集，而且车联网它可以通过整合数据采集、数据整合、信息处理平台和商业信息，它更容易落地，从而推动我们的智慧交通产业的蓬勃发展。比如智能化可以通过可判断、可感知、可控制的手段缓解我们交通的压力。

同时，我们车联网它依托我们的相关通信和计算机互联网的核心关键技术，依托我们的互联网、移动通信网等搭建的车内网、车际网和车载物联网解决我们真正交通当中的一些关键的难题。比如空气污染、能耗大、停车难等这样一些问题。

综合起来，我们车联网应该说离不开三个方面，一个是技术突破，第二个是工业发展和技术支持。车联网和传感器技术与信息整合，短距离通信技术，包括语音识别技术等等综合而成，通过我们的政策支持，形成相关应用的推广模式。

现在这个车联网从学术界到工业界，以及政府的高度重视。从政府部门，包括我们的行业公司，包括我们的标准化组织、行内公司都投入巨资，开展相关的研发。从国外的情况看，在1996年日本就启动了VICS的计划，美国是在1999年启动DSRC，欧洲是在2000年启动ITS体系，重要的就是谷歌的GoogleFleet实验车，还有戴姆勒的自动驾驶卡车获准公路测试，我们中国相关方面都介入了车联网的相关研究。

车联网的体系架构，涉及到感知层、传送层和应用层。感知层通过全面的感知，根据组网方式分为VAN等等。在车联网当中，有一个非常重要的协议栈，就是WAVE协议，在2009年就正式成为标准，这个WAVE协议是一套协议的集合，包括802.11P及1609.X，它支持两大类的应用，它是一个双协议栈，一个是安全应用APP，一个是非安全的APP。大家知道我们车辆的高速移动性及安全性的应用有严格的要求，而我们传统的协议难以满足，所以需要开发新的协议。同时802.11P当中放弃了认证的过程，把认证问题留给了我们的上层，这个1609.2协议。

大家知道这两天在放映一部电影叫《速度与激情8》，这个里面就涉及到两个黑客的技术，一个就是天眼，一个就是我们的僵尸的车队。大家可以分析美国的电影，美国的电影包括《谍中谍》它里面涉及到很多都是我们高科技的，而且是未来都可以实现的科技，美国的电影主要是未来会涉及到的一些科技，应该说这方面做得还是很不错的。而我们中国的技术主要是用历史的思维，而美国是面向未来战略的思维。像我们中国拍的电影，一般像《大秦帝国》等等，是基于历史的，而美国的是针对未来需要的这样一个考量。

从这个电影的案例当中可以看出，比如说我们2010年BBC报道美国德克萨斯汽车销售的雇员通过网络恶意操纵汽车，2013年美国的研究人员就用电脑控制福特、丰田汽车的方向盘、刹车等。2014年包括我们国内的团队分别对特斯拉的汽车进行破解并且进行控制，2015年宝马公司被曝被黑客操纵，可以说这个汽车网络的信息攻击就在我们身边。车联网当中的网络安全、信息安全和功能安全是我们当前研究的热点。

大家可以看看有这样一些攻击场景，比如第一个干扰，就是我们在国防当中干扰机可以故意在场上干扰信号，阻断附近的V2V、V21，和车与信息的服务平台，车与车厂的通信，切断整个网络，造成事故的发生。

第二个是信息伪造，就是车车通信时，通过非法车辆信息伪造身份，发送错误的信息，欺骗周围的车辆。比如说我们的车，车队，涉及到车与车的通信，比如说涉及到信息后台的，比如车载软件的更新、信息的更新。还有涉及到车与车厂，比如开锁的通信等等，这些高可靠的认证机制都有可能被攻破。

另外一个，比如车辆威胁，就是我们的攻击者攻击信息服务平台，盗取贴近车辆的信息，定位跟踪车辆，这个车主的隐私受到威胁，大家知道车在哪个地方，一般我们人在哪个地方。我们去查询旅馆也好，以及一些隐私也好，酒店也好，都可能面临一些隐私的威胁。

根据我们车联网说有这样一个三个体系，同样我们车联网的平台也可以通过这样三个层次来构建，就是从我们车载的终端和无线网络和应用服务三个层面来保证我们车联网的安全性和可靠性。但是有一点，我们在车联网当中，前面有很多专家提到，它涉及到的通信场景比较复杂，不像我们现在的手机也好，计算机也好，它面对网络的时候，相对来说接入的时候，它的身份是比较单一的。但是车联网使得汽车不再是一个孤立的交通工具的个体，而是移动互联网当中能够频繁地与外界进行复杂的信息交互，具备强感知能力和处理能力的网络智能的一个移动节点，一个移动通信节点，它不仅是信息的产生器、接收器，同时还可能是我们转发信息的路由器，这个当中就涉及到我们多通信场景。包括车与车通信，车与基础设施，包括和我们的基站，包括我们的后台基础设施和基础设施之间的通信，包括我们路车设备，和车和可信中心，车与车厂，它的场景就非常的复杂。所以说包括我们现在的研究团队，也主要是针对车联网多通信场景下的相关的安全研究展开的。

根据多通信场景下的这个车联网的安全的需求，特别是结合到我们任何的恶意攻击，或者病毒，都有可能造成我们车联网大规模的感染和瘫痪，增加事故的可能性，所以我们针对车联网这种多通信场景，从安全类的应用到非安全类的应用两个方面来展开。

第三点，给各位汇报的，就是我们相关涉及到的安全的关键技术，这几个关键词，就是感知、认证、隐私、融合和隔离。第一个，就是我们的感知。感知我们主要是从以数据为中心的主动安全感知与防护，结合到我们车联网的主动安全技术，从车间流量分析，车流的感知分析，和车载的软件行为分析和威胁感知，和适应性防控的车辆这几个方面展开相关的研究。右边这个图，就是我们相关的这样一些工作流程。

另外一个方面，就是主动安全异常节点的这个预测感知和控制。针对可能随时发生的异常节点，要付出更大的代价发布虚假信息这样一个出发点，所以我们基于传统的安全防御的算法，就是车辆临时行为的分析，从而达到主动感知和防护的目的，和进行威胁阻断的控制。

第二个方面，就是认证。在车联网当中的认证架构一定是通过软硬件结合，要实现快速可靠的认证。其中在车联网架构的每层都需要认证，应用层间的认证、传输层的跨网认证等等，这些认证给目前的认证算法的高效、快速、可靠提出了更高的要求。

比如说我们需要从安全感知层和认证的执行控制层，和认证决策的应用层，全新地构建它的体系架构。从而从身份认证和信任的行为，不同的通信场景，提供差异性的认证安全服务。

这是我们车与后台，就需要强安全的方案，比如车与车厂，比如说车的钥匙掉了，开车开到南京，我们不可能飞回自己家里面去把备用钥匙拿回来。这个时候就要请求车厂，通过遥控把我们的车打开，这个时候这个认证必须是强认证的。怎么实现强认证？这就需要我们现在相关的认证车流要提高等级和可靠性。

另外一个，车与车的通信场景，反而又需要轻量的快速认证方案。目前我们这个IEEE1609.2是车联网安全标准，但是目前仍在迭代的改进当中，它提供的数据铅笔算法，计算开销比较大，时间比较长。所以说我们现在通过这种PKI的机制，事实上将带来高开销，尚不能满足车联网实时认证的这样一个要求。比如说我们要短距离通信，它的消息，车之间要在100毫秒到300毫秒之间，需要高验证密度，需要轻量级快速的认证。

第三个，就是我们的隐私。大家知道我们车联网当中这个节点具有高动态性和高中心性，而我们特殊的位置有不可确定性，所以目前我们的隐私保护里面有位置模糊、混淆技术和时空匿名和虚假信息，这张图里面把相关的算法做了一个比较。特别大家知道在车联网隐私当中，涉及到我们位置信息的泄露，暴露我们车主的行踪和行为习惯，这就要求我们要有匿名性和关联性，防止被追踪。

大家知道车联网的隐私保护当中，就通过车辆节点，通过请求隐私保护算法和控制平台接受并转发车辆信息服务的请求，中间加隐私保护的这样一个请求响应，来达到相关的隐私请求的服务提供。

另外一个隐私保护技术，就是基于静默区与集合请求的位置隐私保护。我们在寻找加油站或者寻找旅馆请求的时候，车联网服务不知道是谁发出的请求，叫做静默区与集合请求的位置隐私保护。

最后一个是融合，大家知道多源异构数据融合安全隐患。这个中间有不同车型间数据格式转换的融合，还有一个是不同网络间数据格式转换。不同车型，大家知道我们有沃尔沃，有大众等等，这中间涉及到车型间数据格式转换的融合。不同网络之间的数据转换，也存在着一个融合安全。

针对不同车型间的数据格式的转换安全，主要是通过建立第三方转换加密思路，从而通过转换加密过后，再传输给目标车辆。这两张图就是它的一个过程图。另外一个，第二个方面，针对不同网络间的数据转换安全，不同网络之间，我们说有3G、4G、5G，还有我们的无线宽带。在这个过程当中，同一车在应用，接受来自不同网络的数据格式不同，需要将这些应用转换成可识别的统一格式。但是在数据转换后容易被窃取和篡改，这个时候我们可以通过设计格式的转换中间键，转换过后采取加密的方式传输到车载终端或者后台平台。

第五就是隔离。大家知道我们车载当中有很多的娱乐的车载网络，比如我们的移动通信、音箱、影视等等，这个娱乐车载网络也可以通过蜂窝网络攻击互联系统，从而进入到我们的CAN总线，实现远程攻击。大家知道车内的娱乐系统，通过娱乐系统转进去攻击了我们汽车的，包括我们防爆这个系统。在隔离当中，目前有很多的隔离，包括有控制隔离、系统隔离、网络隔离和数据隔离。控制隔离，比如说我们在车之间加隔离区，这个是我们以前在传统网络当中也经常遇到这样的思想，包括数据隔离，包括我们和54所相关联合作做数据隔离的。其中在控制隔离当中，安全隔离主要是在车域网和车载应用模块之间设立一个隔离区，使车域网之间的数据为只读模式，避免通过车载运用控制车域网达到安全隔离的目的。

第四个跟大家交流的就是我们车联网方面的一些相关研究，简单汇报一下。目前我们团队主要是和信通院、长安集团合作的一个项目当中承载的车联网大数据平台与车载终端关键技术研究与应用。从理论方面，我们目前主要是从基于安全的双线性身份的认证协议，根据我们前面讲的轻量级和不同认证的需求，提供一些强调准确性的信任计算方法。 第二个就是一种为车辆提供隐私保护的假名更换方案。还有就是车联网环境下面基于属性的访问，控制车流的方案。

刚才是三个理论方面的研究，从应用角度来说，我们和长安汽车合作，项目是基于天嵌E9开发板进行安全模块开发，从多角度对车载终端提供相应的安全保护。这个是相关的嵌入式加密的一些效果图和访问结构一些控制的情况，由于时间关系，我就不详细给大家汇报了。包括一些入侵防护的方案。

车联网研究是当前一个研究的热点，也希望在座的相关企业和产业，以及我们的学界踊跃地加入这样一个研究、研发和应用的队伍。目前美国、加拿大等在该领域研究是最为活跃，这个是我们检索的相关重要会议和重要的期刊以及重要的人物当前的一些情况。

以上是一些粗浅的汇报和交流，敬请各位批评指正。谢谢大家！

主持人：听完刘校长的报告，有两个感触，一个是车联网越来越不安全了，感觉很恐怖。第二个观点，感觉是刘校长团队做的工作太重要了，我们希望未来这个实验室的团队能够为产业界带来更好的东西。

再次感谢刘校长精彩演讲！

下面一位报告的专家是来自加拿大卡尔顿大学的F.Richard Yu教授，于老师是在国际学术界无线通信网络领域非常资深的专家。他今天带来的题目是《软件定义的网络、计算和存储》，这个我们看到未来网络里面大量的都在研究软件定义的网络，今天他会跟我们分享更进一步的原创性的一些东西。

下面有请于飞教授为我们作精彩报告。

F.Richard Yu：谢谢黄韬教授。各位领导、各位专家、各位同仁，下午好！今天我向大家汇报的内容就是《软件定义的网络、存储和计算》。这是我大概的主要内容，第一部分就是介绍一下我们为什么做这项工作；第二个是我们做这项工作的主要内容；第三项就是对未来的一些展望。

首先介绍我今天作的讲座内容，就是基于下面主要的两篇文章，还有我们后续研究的一些成果。从作者可以看到，这个是我和黄韬教授和刘院士做的工作，如果大家对这个课题比较感兴趣的话，可以关注一下这本书，今年年底大概能出版。

第一个部分，是我们想把我们提出的软件定义的网络存储和计算新的模型应用在绿色的无线通信里面。第二个是我们先写的一篇文章，但是它由于排版的要求是后出版了。第二篇文章是我们详细地介绍了整个的提出软件定义存储和计算的这么一个模型的整体框架，这个已经在杂志上可以搜索了，但是还没有卷号。

首先讲一下我们为什么做这项工作，因为现在大家听SDN可能比较多一些，SDN近几年发展很迅猛，但是它也有好处也有坏处，待会儿我会讲到。第二部分就是存储这部分也是有很大的进展。第三部分是计算这部分，包括云计算、物计算，还有各个公司提出来的边缘计算，在近年来也是有很多很多的研究和开发进入这个领域。所以我们从ICT这个角度来说，ICT是一个比较通用的词汇，在这个ICT领域，我们感觉这里面的三个领域，就是网络、存储和计算是最重要的方面，所以我们想把这三个部分都融合起来。

首先介绍一下SDN，大家听完几个报告以后可能会觉得这是一个很好的东西，好处我就不重复了，我这里主要说一下不好之处。SDN如果从整个架构来说，比如说控制面和数据面分离，这个东西并不是一个比较新鲜的感觉。在很多很多年以前，包括我在北邮上硕士的时候都是有这个概念，比如说最早最早的电信网中的7号限令，当时就提出来是控制面和数据面分离，那是给电话网里面用的，电话网里面用的时候，当时的概念就是数据面和控制面分离。在后来跟SDN的概念都是非常相似，所以历史总是重复，现在我们又回到控制面和数据面分离的架构下面。

但是今天我说的不是架构方面的缺点，主要的缺点就是它只关注数据的传输部分，它不关注其他的方面。比如说对新型的应用来说，好比说AR和VR这种应用来说，你光把数据传过去是没用的，你光传过去对AR和VR不能解决数据问题，你还要进行大量的计算。所以计算功能在SDN里面基本上是忽略的，忽略有它的好处和坏处，今天我们重点讲坏处。

另外是ICN，跟SDN很不一样的，但是SDN也不能说是没有一定的好处，一定的好处是什么东西呢？它就尤其对这个内容是重点保护了一下。比如说它叫Introduction，就是说在网络之间要存储数据，这在SDN里面没有这个概念，但是在ICN里面就发挥到极致。比如说你看一个视频，我也看一个视频，你觉得很好，就会存储在网络里面，等我看的时候，我就不用从网络里面拿了，在终端的节点就可以拿了。比如说思科就比较高兴，他是做路由器的，都是做云计算，对他来说就没有什么作用了，他只是存储器，只需要转发一下就可以了。如果出现这种ICN这种概念的话，对他公司来说就有一定的利益可争。这方面也是我们比较关注的一个方面，也是我们近些年比较关注的一个技术，叫ICN的技术。

ICN弥补了原来IP的劣势，原来IP可以说跟ITM竞争的时候是占了上风，这是我当年在北邮上学的时候，也是回忆起来一个很有特点的。我当时学未来网络，我的老师告诉我所有的未来网络都是ITM的天下，什么都是ITM的，但是没过几年发现ITM就完蛋了。后来我就很不解，为什么当年老师告诉我什么都是ITM的，为什么IP就突然冒出来了？后来一个老师告诉我说你知道为什么IP会赢吗？他说IP有两大优势，第一个是S，第二个还是S。第一个S是非常简单的结构，可以看到左边是一个细腰的模型，左边的这个是非常简单的模型，而重量级的信息都是在底层和上层，这是一个比较复杂的系统。后面那个S是什么东西呢？他说你得猜去，后来我猜不着，他就告诉我了，后面那个S就是愚蠢，愚蠢是什么东西呢？它没有任何智能。所以说整个IP这个结构，现在我们提SDN，提各种各样新的网络架构的话，都是为了克服原始的愚蠢架构，IP是一种新的尝试。

第三方面就是我刚才说的计算部分，也是这些年发展非常迅猛，包括云计算，云计算现在大家用得比较多。有了云计算以后，有些公司就非常不高兴，包括思科这种传统网络大的公司，因为有了云计算之后，大部分都是用的阿里云或者是腾讯云等等，对于路由器这部分公司就没有市场了，没有市场之后，他说你不就是云计算吗？我这么多路由器里面加上云也是可以的，于是思科就提出物计算。传统的电信公司，说我也加点儿CPU，他们提出来把基站部分也要加进计算功能。所以我一块加上以后，就是这几部分都是在计算领域近些年发展比较迅猛的一些东西。

这个云计算、物计算和几个架构用这张图可以清晰地表现出来。真正用的时候，云可能比较远，大的数据中心可能用在云，包括各级的路由器都可以布置这些计算的功能。这个主要是在边缘部分，主要在基站，后来有人提出你的手机或者其他的车联网，车的部分也有很多的计算功能，也可以变成一个计算的部分。

刚才是简单的介绍。我们为什么要做整个三方面的融合呢？做三方面的融合，也就是这么一个Motivation，对VR和AR的用户来说，我只关心我这个用户体验怎么样，对一般的用户来说，他不管是从什么技术来的，我只关心以我用户的角度我看这段视频是不是好，是不是流畅？还有AR和VR的体验是不是比较真实。所以对用户角度来说，对三方面来说都是一种资源的方式。从这个资源的方式来说的话，应该是统一的管理，肯定要比分线的管理要好。因为各个方面如果分线管理的话，你不知道我，我也不知道你，大家就有互相冲突，互相打架的时候，所以我们提出来统一的管理。所以我们提出来软件存储、计算和网络。

另外一个，每一年都预测新的技术，将来会产生一个巨大的影响。其中2016年提出一个软件定义仪器这么一个概念，跟我们所提的软件定义网络、存储和计算一样，只不过我们是把它单独提出来。虽然这个曲线在往下走，但是我相信是将来一个重要的发展趋势。

下面就简单介绍一下我们提出的软件定义的存储、计算和网络这个框架，这个是我们在我们的文章里面系统地阐述了这个模型。在这个模型里面，可以看到和SDN非常相似，然后也融入了ICN的概念，比如说中间的控制面，上面的管理面和底下这个数据传输面。在中间的控制面我们加进了三个东西，然后下面对无线资源的管理有三个部分，所以说也是比较顺理成章地就把它从SDN的这种架构扩展成我们所谓的这个STNCC的概念。所以跟现在的SDN也是基本上能够兼容的一种架构，也是有三个平面，有存储平面、数据平面和管理平面。

另外一个角度来说，如果是考虑到多个网络的情况，或者是我们说的网络虚拟化的情况，因为刚才经常说网络的片化，就是什么东西了？虚拟化。虚拟化就是从整个物理资源可以虚拟成多个不同的网络。在这种虚拟化的情况下，我们必须加一个虚拟调度的情况，上面来统一控制统一管理。在这张图里面我们有两个简单的网络，一种是IOT的网络，我们做的工业互联网也是基于这种架构来设计的，不是说单独一张网络。同样一张网络，我们可以虚拟成各种不同的网络，包括刘校长讲的车联网，可以建一个虚拟的车联网，这个就相当于网络虚拟化的概念。左边的这张是IOT的网络，或者是工业互联网，右边是一张车联网的网络，都是在这个框架上可以实现的一个特殊的网络。

在这个框架下，我们目前接着继续做了一些研究，这里面有很多优化问题，也有很多资源控制的问题。要想解决这些问题，我们就提出了各种各样的想法，每一个都要进行量化，都要变成数学的方式来进行解决。这是整个一个比较通用的框架，可以用在各种各样的网络里面，从学术研究角度来说，这里面会有各种各样的问题，比如说每一个网络都要进行控制。好比说资源的怎么调度，或者各种数据怎么处理，还有安全怎么处理，还有绿色这部分怎么进行处理。

其中在这里面我介绍两个我们进行的工作，一种是结合网络虚拟化和软件定义的存储、计算和网络这个模型，下面有一些什么问题。这个问题我们就是想最大化虚拟运营商的这个收益函数。这个虚拟运营商就是我们在网络虚拟化里面提出的一种概念，其中我们在这个里面可以分成两级的模型，另外一个是三级的模型。在这个里面有一个问题，就是怎么最大化这个网络虚拟运营商的效益函数。这个问题不是很好解，比较大的问题，从优化的角度来说它不是很好解。在我们这个方法里面我们把它转化成非函数，然后来解这个问题。

另外是我们最近的一些研究进展，叫Intelligent SD—NCC，跟上一届相比感受比较深的，就是把智能化加进来。比如原来提出的互联网+，这次提出的未来网络，这里面我们做了很多的工作。我们用了真正的NI的算法，叫阿法狗的算法，大家知道谷歌下围棋已经赢了好几次了，真正的算法叫阿法狗的算法，就是叫深度的加强学习。而我们可能说是世界上第一次把这个深度的加强学习这个算法用在我们整个的未来网络这个里面，而已经比较成功的应用了。这个文章还没有发表出来，最近在5月份的时候，ICC有一篇文章，陆续还有其他的文章出来。在这个领域，我们已经基本上成功地把阿法狗的人工智能的算法成功地应用在我们这个里面了。

为什么在20年前，就是IBM提出来深蓝已经在国际象棋上打败人类，为什么谷歌在围棋上打败人类产生这么大的效果呢？这是说明在深度学习里面有很多突破性的进展。比如说把普通的神经网络用叫卷积神经网络，第二部分是可以记录下原来的经验，第三部分就是进一步扩展，有了这三部分基础以后，我们可以利用它来解决很复杂的问题。我们就解决未来网络里面很复杂的调度问题，这是我们首次把人工智能的算法用在未来网络里面。

简单向大家汇报一下我们的研究工作，我们提出这么一个框架，然后在这个框架里面，我们有很多新颖的一些算法问题。将来在这个框架里面会有很多很多的问题，希望能得到同仁大家的关注，然后互相学习，互相交流。

好，谢谢大家！

主持人：感谢于老师精彩的演讲，下面有请到的是加拿大Guelph大学机器人与智能实验室主任Simon X.Yang教授。杨教授是我们南京未来网络论坛多次的嘉宾。上一届杨老师来跟我们分享的是智能机器人，他是在整个机器学习，包括人工智能控制方面非常资深的专家。于老师谈到今年这个大会上很多人谈到智能的问题，今天有幸请到杨老师跟我们分享另外一个不一样的领域，今天他分享的领域是利用人工智能，受生物启发方面做一些新的创新和研究。这个领域方面的一些东西可能成为我们做网络一些交叉启发的东西。

Simon X.Yang：感谢主持人的介绍，能在这里介绍基于网络的智能应用非常高兴。

关于智能网络部分前面专家讲得非常多，智能系统最核心的特点是让传统的网络更加聪明、更加自主，更少的人工干预。

现在人对健康越来越重视，对残疾人的照顾，以及一些医疗争端，因为资源有效，做终端比较简单，把数据采集之后，让专家远程通过智能的方法来自动处理。所以网络主要是把终端采集到的信息送到专家那里的云端处理系统进行数据处理，最后把相应的决策和决定传到末端。整个结果使得做新的系统更加方便、更加有效和更加可靠。

今天主要介绍几个方面的内容，因为时间关系，我主要讲一下我们研究的思路，具体细节讲得少一些。

智能方法，大家都比较熟悉，我就不介绍了，像神经网络，以及于教授讲到的深度学习等等，模糊系统（基于人的智慧优化）等等。

智能环境，是照顾老年人、残疾人或需要照顾的人，这个系统里面包括一个智能的环境——机器人，包括四大部分，需要什么内容，一系列智能环境和监控设施，使得机器人能够跟人进行各种交流，包括做逻辑推理、学习、模仿学习，以及不同的判断。

机器人本身有两部分：一部分是在底层能够自主地做一些事情，如照顾老年人，端茶送水之类的，反过来需要远处的专家操控时，可以达到操控的目的。这里核心部分是网络，网络要有可靠性。比如老年人或残疾人在家里时，他们的需求怎样通过监控来进行判断，有些命令是人告诉机器人，有些是机器人判断老人摔倒还是要去捡东西，要对这个场景进行判断，这里包括学习、智能控制、网络的数据传输以及智能处理。

方法有五大部分，比如需求，怎样把环境建的智能一些。一个是移动的，一个是固定的，如果在家里，会加装一些摄象头、传感器，这是固定的；移动机器人可以帮助老年人端茶送水等，传感器智能的交互。

人机交互有两类，老年人、残疾人给机器人传达指令很清楚，反过来机器人觉得老人一些行为不正常的时候，比如摔倒或者突然并发，机器人可以根据其理解作出预测，把结果送到远程，让医生、护士进行判断，作出决策，是不是要派人去进行帮助。还有和人的交互，最后是系统的集成。

这些方法是模块化设计，包含四大部分：对环境的设计；人机交互；社交，跟人能够和谐共处，不要跟人有一些矛盾，要有安全性；整个系统的集成，软件部分、硬件部分，加上网络。

基于人的一些要求进行学习，是一种学习的方式，包括模式思维。

远程控制，机器人做本职的事情，比如送水，扶起摔倒的老人，反过来还可以进行远程监控的操作。

我们做了一个有趣的研究，基于网络的电子鼻，应用到医疗里面，有两部分：一部分是伤口的创伤，比如战争时，有些伤口有臭味以后，这是什么病菌引起的，我们跟第三军医大、中山大学合作做了这方面的工作。方法是采集电子鼻的信息做进一步分析，数据送到云端处理，然后专家比对。采集信息容易，但是分析比较难，所谓的分析是软件放到里面不大亿，所以我们通过网络进行实现。

框图，红线表现电子信号，黑线表现味道。这里有两个应用，第一个是伤口创伤，如味道。第二个是口臭，有些人有口臭，但不是嘴巴臭，而是身体某些部位有疾病，怎样把他的疾病进行快速初步地诊断，最后做进一步检查，这样比较省事。有时候有些诊断需要到大医院，比较麻烦，如果有简单的电子鼻，在远程诊断之后，把信息传到云端进行智能处理，就可以达到简单、方便、快速的效果。

培训部分，里面有气体的浓缩。大家知道狗的鼻子很灵敏，人的鼻子也很灵敏，比起电子鼻还要灵敏一些，人能够闻到口臭，但是电子鼻有时候对一些不明显的口臭闻不到，所以我们里面有空气压缩的部分，通过文件检索搜索他的信息，最后对其进行处理。

传感器阵列（用于医用），里面有一些传感器，把气体搜集以后进行浓缩，浓缩之后就可以检测到，最后把信息传递出去。

这么多电子鼻，怎样能够少用，因为用得越少，价格越便宜，而且更可靠。研究各种感染的细菌，我们跟医院合作，收集了一些案例。每一个不同细菌感染的臭气不一样，我们能够通过电子鼻去比对实验数据的结果，最后达到识别是哪一种细菌感染，这样可以达到快速诊断处理的目的。

人的面部表情很复杂，三维图像扫描跟人的一些基因缺陷都有关系，比如文献检索1400个小孩中有1个小孩有各种基因缺陷。怎么样通过面部表情找到基因缺陷，最后进行更进一步诊断，看他有哪些疾病，以可以避免。目前有一些初步结果，把人的脸进行三维重建，找到一些特征，通过深度学习找到一些特征，传统很难做到，用深度学习的方法可以找到他的特征，能够找到基因缺陷，进行进一步诊断、治疗的处理。

今天我报告就讲到这里，谢谢大家！

主持人：下面我们有请到的一位嘉宾是中国工程院院刊总编张月红教授，张教授是我非常非常尊敬的一位前辈，一位老师。张教授在从事我们国家学术出版将近40年的过程中，非常非常的严谨，而且取得了很高的国际的知名度。她是我们中国第三届政府奖的获得者，而且也是全球学术与专业出版会董事会委员，这也是亚洲首位代表。张老师其实在这些年的过程当中，我一直感觉真的是为中国学术出版事业包括学术道德的建立做了很多的工作，尤其在高水平论文的发表也有很多的体会，我们今天非常有幸请到张老师来跟我们分享，进行交流。

下面我们有请张老师！

张月红：谢谢组委会给我这个机会，我每次到这个网络、计算机大会，我特别紧张，因为我知道这个领域应该是我们在科研领域，应该说走在最前沿的，当然我这么说别的领域会不高兴。因为我女儿跟我说过这样一句话，她说上哈佛可以一百个里面选一个，但是能进谷歌是一千里面进一个，因为这个领域的变化，你要非常的前卫。所以我不敢说什么，我在你们面前都是有点真的是毕恭毕敬。但是我们做期刊的，总是可以，比如说现在我自己应该是工程院这个刊的总编，实际上这个刊也是原来浙江大学学报英文版ABC这个C版跟工程院合作办的刊。我从期刊的角度，因为大家都讲了很多的技术，我就在这儿打打酱油。

我就从这几个方面讲，我们在发表论文方面应该注意哪些问题，还有我们要关注一些热点，我们希望我们双赢。

的确，胡适说过这样一句话，一切创造，他认为都是从模仿来的。他说凡是富裕创造的人必敏于创造。我想胡适是从文人出身的，但是我说我们现在谁提的这个未来网络这个说法？这个词从哪里来的？跟崔老师讨论了一下。而且我也知道，在计算机领域，网络的确是我们百年不遇的这么一个时代。中国的文明灿烂最早发光于春秋战国，那个时候也是一个科技突破，铁工具的诞生，而且知识大量的释出的一个时代。就是欧洲的兴衰也是科技突破，印刷术的传入，大家都知道印刷术是中国发明的，但是真正传入是从蒙古传到了欧洲，助长了它的宗教革命。现在这个网络再次把这个重新定义，网络大量的传播，面对这种百年不遇的，我不懂技术，但是我觉得我们何其幸运，面临一个新的挑战，大家都没有走过。而且我也在问，网络技术我们中国是不是走在前面了？我们崔老师说得很斩钉截铁，当然第一是美国，下面就是我们中国了。有了这样的自信，我想我们在座的年轻人也应该有这个自信。

我还欣赏季羡林的一句话，他说欧洲的文明最大的看点就是对于力的崇拜。所以我就在想这个力，季羡林说他除了身体的力，还有智慧的力，说得明白一点，就是欧美各国也是崇拜他的是强者。所以我们如果在网络技术方面，刚才我听了几个报告，其实我挺欣赏刚才余老师讲的报告，我就有一种感觉，这个话国内的科学家听了非常不高兴，但是我听了很多国际报告，我总觉得他们在做学问方面非常的细，讲的它那个技术真的是一环扣一环的。再一个我听国内的报告很多都是高大上，最后我也不知道真正的内容。最近我先生正在美国做一个课题，因为我是出版嘛，他说现在美国特别是生物医学这一块，对我们的文章在封杀，不是光封杀，他在给你回归检查，因为他说很多的数据不可信，没法儿重复。他们认为我们发了那么多的文章，为什么退稿率那么高呢？他们怀疑我们的数据是不是美化了，所以他们现在在反馈查我们的文章。我在想我们要对自己的研究，每篇文章要经得起推敲，要经得起时代的考验，这个话是不是有点大？其实我有时候发现写中文和写英文有点区别的，我写英文觉得每句话都很实，但是写中文的话就发现好多话有点大了。我觉得要是这样就说不通了，是不是我们的写作习惯也养成了我们这样一种写作的空话呢？我还不太明白，我正在研究。

但是我们要关注现代12个技术热点，包括互联网、云等等，包括还有3D打印，因为这12个是热点。包括你们今天的网络技术，我就说未来网络这个题很大，未来网络的重点在哪里？关键在哪里？我听下来，我好像觉得一个是安全，还有一个是节点，还有一个是怎么样构架，更偏向于应用。

这个话我就不讲了，网络的发明，大家都知道是这个人，他是1983年发明了WWW，这是我们作为期刊在研究，为什么剽窃这么畅行，大家归结出来因为网络，因为网络太容易拷贝了，所以网络从1984年到现在越来越反剽窃，越来越反造假。所以把原因归结，它不是唯一的原因，但是我认为它起码是一个原因之一。这是我们的期刊，我们有三个刊，那个蓝色的是我们的原刊，2005年又创了一个B刊，在座的如果有你的女朋友或者你的夫人是做生物医学的，这个刊现在应该到1.6了，那个C刊现在的影响力今年预期能到0.6，因为我们从2010年把它分出来，跟工程院合作。我们这个刊说起来，我刚才在崔老师面前我都有点不敢自信，因为大家谁去投大学学报呢？我说我们比清华大学的学报还要好，我想不是吹，我们今年就获得了英国伦敦的叫卓越出版奖，这个我真的是不知道，现在我都不知道致谢谁，谁提名我们了，谁把我们入围了，而且我们进的是16个奖项当中的学术奖项，三个奖入围的，这是我们当时入围的情况，我们得的是提名，正式奖给了OECD，我觉得是公平的。

我们这个刊的主编是卢锡城，我们今年的第一期就发了人工智能，这个是2016、2017出版的几个热点，而且今天在座的主持黄韬老师，他们三人客座主编，由于一个未来网络软件，这个关注度也是蛮高的，他们几乎每篇文章都已经被引用了。我们2017年的第一期真是彻夜地改，人工智能2.0，这是工程院逼着我们一定要在那个点要出来，因为现在是热点。的确如此，我当时还有点儿抱怨，这么急，我们干吗啊？学问要这么做吗？但是真的出来以后我就感觉值了，现在这是下载率最高的一辑。你们这个领域是现在根本就离不开这个AI，就是现在都要讲到人工智能这一块。所以我就知道工程院还是站得高，他就逼我们一定要在那一天，把我们的编辑弄得24小时都睡不了，把那个专辑赶出来。虽然一些专家也有点抱怨，但是出来以后他们还是很欣慰的。所以在座的学者们，你们如果愿意组织一个专辑，不要小看这个期刊，它的作用，它是按照国际化的平台去做的。这就是我们人工智能。

而且我们现在为了我们海内外的，因为现在中国的研究人员现在NO.1，不是说我们的水平NO.1，是人口，做学问的现在绝对超过美国。200多万的华人在海外，他第一时间愿意看母语还是看英语？虽然我们现在办了英文版，但是我们加了中文的摘要。你的方法是什么，你的应用是什么，还有你最后给我们关键的一些关键词语，这样的话大家第一时间能搜索到它，就可以看到它。现在中国的投稿是这样的情况，我们这些红旗飘飘的都是投稿量大的地方，中国绝对在其中，但是这个橘黄色的又是高高的退稿率高的地方。刚才我不说了吗？我们的生物医学，现在不仅仅是查你是不是在造假，而且还在查你原来已经发明的那些文章，他们都在追踪哪些作假了，因为数据牵涉到用不了。现在为什么中国的文章一去了，他们首先把那个头发竖得直直的，先去查啊？因为现在我们这么大的压力，2009年我们就变成第一大投稿国了，这么大的量，这么大的人口，所以我们也有我们的优，也有我们的劣，因为这么多学生要毕业，都要投，退稿率自然高了。

Science的编辑就说我们自己在干什么？我们首先要有这个学科的背景，我才能做这个期刊。每天来投稿的文章我们都要处理，然后我们要决定什么样的能发表，什么样的要退稿，然后我们还要去参加这个学术会议，要了解变化是什么。就像我今天就试探崔老师，愿意跟我们来合作吗？我刚才老拿崔老师开玩笑，因为我们已经变成一个朋友了。

再一个就是《科学》说他们每天这么多的投稿，他们的退稿率这么高。而且你在投之前要问问自己是不能能在这个领域产生重大的影响力，不要拷贝别人的东西，不要重复别人的东西。还有让科学家感不感兴趣，再一个是是不是颠覆了传统的想法和知识，再一个就是你这个假设能不能可重新。这是《科学》的要求，它退稿的要求自然也是我们刚才说的那么几点。而且美国的稿子只占40%，60%还是美国以外的，但是近水楼台先得月，它毕竟发表美国的文章有40%。

这是我帮《科学》审的一篇稿，它特别强调你这个是不是非常非常优先的，如果不是优先的，几个勾一打就基本上没戏了，它的审稿单就这么简单。这是我们期刊的审稿单，有三部分，首先是你为我们打打分，还有表达、技术等等，创新这个我们非常在乎。如果这几个点你不到5以上，可能就有点不OK了。

第二部分就是文章的结构，整个文章有的人不太会组织，待会儿我会给你举一个例子，清华的一篇文章，我们今天拿清华来对比，是我们会拿到清华的一些文章。像这篇稿子就是来自清华的，我们现在这个库将近快3万人了，所以你不要担心你找不到审稿人，我们不会发生让作者去推荐审稿人，然后后面的GM我们都送，不可能。像这篇稿子我们就送到美国的IBM、德国的诺基亚去审了。这篇稿来自清华，他就说了这篇文章最可看的，就是他带着批判性的眼光，有着批判性的思考方式，虽然这个审稿人给了很多，洋洋洒洒地给他六七页，但是最后一点基本上就是不能直接接受，一定要做重大修改。但是他们非常欣赏他带了批判性的思维方式来讨论问题。

我们总结一下计算机退稿问题，然后你可以到我们的网站去看，因为名字已经隐去了，不存在隐私问题。第二个是讨论弱，如果你这个讨论不能突出你的工作，你这个讨论就是失败的，刚才就说清华非常具有批判性，带有一种评判性的，我女儿跟我说这么一句话，在哈佛几年没有学别的，就学到批判。如果你不做批判，你今天就过去了，你就下面听老师批判你吧。第三，就是作者不知道复审给你一次机会，他都没看到最关键的东西，可能实验还有补充数据，他可能认为数据已经够了。所以千万记住复审是给你一次机会，这个就是复审回来，洋洋洒洒又写了几页，你到底改的是什么？

第四点，就是整体组织差，特别是技术缺陷、语法错误、文献不新，这些都是属于这方面的能力差一些。这是刚才组织差的一些例子。

还有就是抄得太多，缺乏版权意识，有的人说你可以去拷贝，但是不等于是抄袭。再一个是跑了和尚跑不了庙，他以为投到顶尖期刊上没接受，再到清华，没接受，再到浙大，但是他没想到他投了三刊都是同一个审稿人。因为我们是国际审稿，你逃不掉的，所以千万不要有那种侥幸心理。

再一个就是我自己也知道写作的困难，这本书真的是投大了，我从来没有肝不正常过，但是写完这本书我三个肝的指数就不正常了。第一个前言就是让英国一个非常厉害的老师，我这些年一直在跟他学很多道德管控，他的各方面水平都很高，所以他一下把我的前言都批得没剩几个黑字了。你别觉得说教授们都很风光，好像写文章都是信手拈来，不是这么回事。而且我这本书已经被英国的两个杂志作为书评，我都全然不知道，所以说我们英文版能到国际上被人家提名，可能跟我们做了很多的工作有关系。

而且我刚才说了，我第一个做的那个研究，拿了一个英国的基金，做完以后信誓旦旦的27页投出去了，而且还把最精华的东西投到科学，但是他们说你不在最优先。这个最厉害的是给我在指导，他就问了我三个问题，他说你到底这篇文章，你试图发现什么？对于你获取的资料如何去组织？你的研究结果在本领域和别人的工作有什么不同的指导意义？你的数学是不是我给你请一些西方的数学家来给你做具体的分析，你能不能在这个领域有颠覆性的看法。这三点很重要，因为我痛苦地想了它，后来我先做了一个PPT，结果我这个经验就告诉大家，在你写文章的时候，在你的课题里面让写文章的人写一个PPT。我以为我那个肯定会发，结果没有发，为什么呢？数学模型不对。

还有一个，就是说这个时候我那个国外的报告，美国的报告就请我去研究，因为他们知道了，听到了我这个研究，所以没办法，静下心来做PPT，做了PPT以后我的思路也清了，后来发了好几篇文章。

现在诚信很重要，三个科学家就有一个承认他作过假，还有剽窃等等。所以我们不光发文章，还要注意诚信。大家如果对诚信还有点不明白的话，经常去一下美国诚信办公室，它每个礼拜都有一些案例。还有一个如果觉得看中文更方便，可以到我的网站上，因为我这本书里面含了各个学科关于剽窃的问题，我们这个都做了一些研究，大家也可以访问我的网站。比如说计算机的会议论文能不能再发期刊，到我的网站上去看。

最后，所有的研究都要去公开一下你的身份，现在就如此，你投到国外的期刊上一定让你去注册，早一点去注册，包括清华，我们自然科学基金都应该去注册，因为这个人家在国外已经快六七年了，你说这个人是不是作假了，他的学位是假的，他的什么是假的，只要ORCID注册了以后，你敢不敢讲假话？这是我自己的ORCID。

最后我也做了一个《中国文化万花筒》，在座的各位想看的可以关注一下，出去吹吹牛，北京是怎么来的，我这个书还不错，G20的时候被文汇报发现了，还被老外写了前言，还给登了。

最后比如说我经常分不清东南西北，但是我背背这个儿歌就知道了，广西和广东就知道了。最后谢谢大家！

主持人：谢谢张老师，每次听您的报告，都觉得非常受启发和鼓舞。张老师今天时间有限，有很多学术方面的一些经验，在PPT里面她也放在网站上，大家可以进一步去关注。

我们下面要请到的演讲嘉宾是来自清华大学的崔勇教授，崔老师是我们在网络领域非常优秀的青年专家，是我们的国家基金委的优青，教育部的新四季人才、长江学者，在这个领域是非常非常有造诣的专家。

他今天带来的题目是《网络在低时延方面的研究》，所以这个报告是非常值得期待的一个报告。

好，让我们有请崔老师上台给我们演讲。

崔勇：很高兴能有机会和大家一起在这儿交流一下，也是特别感谢胡老师和黄韬老师对我的邀请。其实在座的大家可能已经坚持了两天了，是不是坚持到第二天的下午，能够坚持到第二天下午的同志们，一定是最优秀，最积极主动的同志们。

其实我说刚才的这个报告，张老师的报告，我觉得那个报告是非常高大上的报告，告诉我们说究竟如何做研究。其实我想我在这里说的，也只能是说能够把刚才张老师说的各种理论的东西，我尝试着稍微做一点点应用，这个应用的背景就是现在云计算当中低时延网络当中如何去应用。

首先我自己有一些不成熟的想法来回顾一下，究竟网络是如何发展的，我自己的解说网络1.0的时代是我们以前TCP、IP或者是WWW的各种应用，互联互通，打造基础平台。2.0是大规模、海量用户接入网络，从1995年开始就说究竟我们IPV4不够了，我们要大规模发展网络了，这个怎么办呢？IPV6是一个重要的契机。再下一步又是什么呢？于是大家知道现在每天都拿着手机，无论是干什么都在拿着手机，对吧？所以手机究竟解决什么问题呢？实际上解决了泛载接入，随时随地的接入网络这样的问题。

如果说这是3.0的时代，4.0在哪里呢？我的理解，究竟带宽够不够大呢？我们国家现在有宽带中国一系列大的项目，与此同时，我们的运营商也不仅仅限于以前的中国联通、中国电信、中国移动这样的运营商，而像亚马逊等等也变成一个新兴的运营商了。

如果说这是互联网发展过去的一个历史，虽然不一定对。但是我们自然会想，究竟互联网向何处再进一步发展呢？这个问题其实一直在困扰着我自己。大家一直在说家里面的宽带要不要升级，要不要改造？其实想想光域网上100G光传输都已经了接入网上已经有了802.11和5G等等。趋势是更大带宽，更低的价格，包括华为的老总任正非前段时间也说华为已经进入无人区，进入深水区了。可是我们华为现在不能跟着思科干了，不能跟着NTAT去干了，我们要去创新，要去引领。网络的时延他也认为是一个问题，为什么会是一个问题呢？不仅仅是网络的规模扩大导致跳水不断增加，最后跳数增大的时候，时延会不会也增大呢？我想这只是一个表面的问题。更关键的是我们现在大量地使用云计算，有了云计算以后，我们很多的业务都会依赖于云端的基础架构，导致一来一回，这个延时自然会让我们变得更为敏感了。更不要说现在的云存储、大规模的视频直播，甚至是AR、VR这样的东西，让我们对网络的延时有了更进一步真切的感受。比如说我要戴个头盔的AR，你要是一转身一转头，你忽然间发现周围的场景根本没有变化，过了100毫秒终于周围的场景转过去了，你还会觉得这是一个真实的世界吗？你一定马上马上就会晕头转向的，马上就受不了了，是不是？所以说在AR的场景当中，不再说要求延时小于100毫秒，而是要求延时小于20毫秒。先把一个包存储下来，然后再转发，这些问题都是我们硬件处理问题，当然这些东西往往取决于芯片的处理技术，或者是如果中国到美国，这个光传输的速度，也是要研究的问题。

我理解更重要的延时出现在哪儿呢？更重要的延时出现在排队的队列延时上，也就是无论我们数据中心内部，还是数据中心之间，还是我们拿着手机去上网的时候，在我们家庭路由器的出口，还是上一节的汇聚路由器上，如果当你产生了排队的现象，这时候这个延时会变得忽然间大好几个数量级。换句话说，我们是不是有可能从网络架构的角度，来去改进这种排队的系统，让它尽量避免队列延时呢？此外像我们刚才说的这种云计算，有的这么多。你包括在手机上做一个输入，语音的输入，让它去识别一下。把你的语音先上载到云端，然后会再进行输入，你忽然觉得每天都延时好讨厌。

究竟这个卸载是让我们省事儿了，确实省了我们手机的CPU，或者是手机的存储。但是引入了延时，还是优化了延时呢？搞不清楚了，所以我们从这个角度来研究上层的应用又是如何去优化延时的。数据中心我们都知道，现在大家无论采用什么样的应用，数据中心如果它有延时，自然会影响到我们终端应用，影响到我们应用业务了。而数据中心延时这几年一直是我们研究的重中之重，包括从2008年开始这方面的文章是一批接着一批了。但是这有若干个问题我就不说了，但是核心问题还是说大量的测量表明，我们数据中心网络里面的这种拥塞产生的队列的排队，导致我们每一个人都是感觉民不聊生，痛苦的不得了，这种研究是不是改变了这个状态呢？我发现虽然这上面有一批的文章，但是这些研究并没有突破基本的问题，我们依然在采取固定的拓扑结构，像右边这一串依然是固定的拓扑结构。可能有的朋友会说研究这个有没有必要呢？我说你不要考虑这个问题了，刚才张老师说了每一个人都要研究现实的问题，现实的问题在哪儿呢？数据中心不是没事儿待在那些花花钱就结束了，而是要传输我们的流量。而流量的传输究竟有什么特点呢？我们发现流量的传输是非常不均衡的，一会儿这两个节点要传，一会儿那两个节点要传。

而这个不均衡的特性就导致我们不断地产生拥塞的热点，而这种拥塞的热点自然会造成排队的传输时间太长。我们再看看还有什么特点？它还是非常动态的。换句话说，一会儿这两个节点产生了热点，一会儿那两个节点产生热点。所以导致结果我们看到，我们数据中心的拓扑结构是对称的，无法解决这种不对称的流量产生的热点。而进一步，它也是固定的有线拓扑无法解决动态的流量的需求。我们要发现问题的本质是什么，本质是什么呢？本质就是我们固定的有线的对称拓扑，根本上就没有办法解决这种非对称的动态的流量的变化。如果有了这种本质的问题，我们自然就会去想如何能够解决它呢？至少这种无限的灵活性就会给我们解决这个本质问题提供一个可行的道路了。

当然这几年在国际最顶级的会议上出现了一批采用无线传输来解决这个问题的方案，数据衷心的这种最核心的带宽一般都达到百G了，你万兆带宽虽然它是灵活的，但是究竟是不是能够解决大用处呢？而且再进一步，无线信号容易别中间的设备所阻断。所以甚至有的人会想出干脆在天花板上铺上镜子，让我们的无线信号发射到天花板上再反射回来。我们在座的很多都是技术人员，他们说天花板上都是空调的各种各样架构，你根本无法动那个东西。

我们是不是有可能能够颠覆传统的架构，来去解决数据中心网络这种延时排队的问题呢？所以这时候我们就想说，究竟在这么封闭的空间当中，我们假设了那么多那么多无线信号，那么信号相互之间又产生冲突，怎么办呢？我们是不是可以设计一些空分复用，来减少无线干扰呢？我们和几个学生一拍脑袋说我们是不是可以把数据中心的机架不要一排一排地排列，我们按照一圈一圈的排列。于是有了一圈一圈的排列之后，下面是一个机架的俯瞰图。如果这两个机架在同一圈上，我们就可以让无线经过多次反射之后传输，当然这是一个非常脑洞大开的设想。但是不管怎么说，这样一个脑洞大开的设想，就解决了我们无线传输的相互之间信号冲突的问题。通过我们把每一个机架上的，大家都知道机架上有一个大玻璃门，我们把这个玻璃门变成一个反射屏，同一圈的机架就可以通过多次反射进行传输。

再一个，这么高的机架，你不要在机架顶端再采用一个无线信号，上面至少是百G了，所以机架顶端的无线信号只有百兆。每一个服务器都通过无线传输，通过这个高度仍然可以反射。我们的反射不要采用这个圆弧来反射，因为这个圆弧反射，实际上真正生产的时候，每一圈的圆弧的弧度是不同的，非常困难。所以我们把它变成平面化的反射，变成每一个平面板与平面板之间的反射，这样就避免了不一致的圆弧。

有了这样一个思路之后，说同一圈或者相邻圈的，我们都可以采用无线来反射了，这样有大量的无线反射，可以降低我们的带宽，或者是降低我们的时延了，不再采用传统的路由器和交换机在这儿。

但是我们还是有一些问题，比如说跨圈的传输好像非常困难，对吧？所以跨圈的传输怎么办呢？我们就采用一个骨架结构的设计，把不同圈的服务器连接在一起。通过这样的设计，我们就彻底颠覆了传统的数据中心网络的设计了，传统的数据中心网络，都是说我有限的链路是唯一的，或者包括什么国外的人在脑洞大开的情况下说既然有有线的链路，再加一点无线的吧。所以我想这个研究的思路，我觉得确实是按照刚才张老师说的，我们究竟是什么问题，数据中心网络实在是它的核心问题，你通过有线根本不能解决，那怎么办呢？于是我再采用无线，完全打破了传统的有线设计。

当然数据中心如果你在这么密闭的空间里面，加上几百个几千个天线，很显然相互之间的干扰是个问题。于是我们说在每一个反射镜面上，再采用吸收光波，吸收无线电波的材料把它吸收过来，只有在反射路径上，我们把这个反射材料再去除掉，这样就保证我们不会有那么多的干扰。像这个里面我们虽然采用定向天线，但是这个反射板也有20多度的夹角，我们再加进来吸收光波的材料，吸收无线电波的材料，这样就避免干扰。

通过大量的无线反射，实际上在我们上层链路上看出来，都相当于你一跳的传输，避免了多跳的这种拥塞或者是多跳的延时。这些成果也发表在NSAI，也是网络领域最顶级的期刊上。

围绕这些工作，我们后面还在开展一些其他的工作，就不说了。包括MIT一个教授也认为我们这是一个脑洞大开的一个代表性工作。包括微软的这位云计算部门主管认为我们这个工作让他对未来的无线网络的发展有了一个新的思路。

我们以前都把我们的数据存在哪儿呢？存在一些千奇百怪的过时的地方，现在都是把数据存在云端，自然我们需要把手机或者是我们的笔记本跟云端同步。同步这件事究竟重不重要呢？这个其实我们也是想，我们不管是做什么样的研究选题的时候，非常重要的一点。我们看到这些公司都纷纷抢占这个滩头，为什么他们抢占这个滩头呢？因为他们是在抢占我们大数据时代的互联网入口，也就是互联网的数据入口。所以包括像谷歌Bropbox，就是要代替微软的这套软件，所以谷歌Bropbox已经建立在云存储、云同步这个平台上了。我们会发现这个技术会变得将来最基础的应用，所以这时候我们会想，如何去提升它的传输效率呢？经常我们发现用这个软件照一张照片，手机上传了半天还没有解决，这个问题我们想把它解决一下。当我们想解决的时候，我们发现坏了，这是一个闭源的软件。这个时候解决这个问题非常困难，我们做一些背景的测量，比如说我们发现跟Bropbox相比，Seafile能够发现更多的冗余，可以传更少的数据。可是Seafile需要的时间反倒是变得更长了，这件事太不理解了，是吧？太奇怪了。所以究竟为什么呢？后来我们再仔细一想，其实这个道理很简单，你发现更多的冗余，这件事你是需要占用CPU时间的，天下没有免费的午餐，你花更多的CPU时间，发现了更多的冗余。但是如果你传输速度特别快，你一下过去，你还管它是不是冗余的数据呢。这个告诉我们将来一定不考虑传输的快不快了，特别是跟上层应用相结合的时候，你一定要考虑存储、计算和传输，我们要不要去协同优化呢？这恰巧也是刚才我们的嘉宾要讨论的问题。

当然我们还发现一些其他的问题，包括一个已经同步的20兆大文件，已经把它同步到了云端，结果你说前面我稍微加上一个2兆的小头，这个时候你想它这个传输同步协议就算设计得差一点儿，这时候你最多同步新产生的流量大概两三兆。可是我们发现，像Bropbox，虽然这些东西已经做得非常好了，但是当我们插入一个2兆的新的内容之后，它传输的流量达到了20多兆，整整差了一个数量级。这是为什么呢？当然我们后面进一步的有一些发现，比如说它把一个文件在真正传输之前要先进行分块，每4兆一块，每4兆一块，当你插入一个新的东西之后，它会把所有的打乱重新分块，所有之前的块它都已经顾不上了，反正我重新分块了。所以导致的结果就是我新的块跟你曾经已经同步好的块，已经失去了一个对应关系，失去了对应关系之后，导致的结果就是我只好把新的块，所有的块都要重新再传一遍，这时候你自然费力不讨好了。

围绕这样的问题，我们设计了自己的解决方案，就是快速的同步系统，快速同步系统最后设计完了之后，我们在亚马逊上，在Bropbox上都有一些测量实验。我们发现我们能够达到最好的数据量的同步减少80%，也就是减少80%的数据开销，同步时间也能减少到50%以上。所以这一工作当时也是在移动计算领域最顶级的会议上，引起了大家比较大的看法。

当然现在除了一个云之外，我们还考虑说数据中心的延时确实是非常不稳定的，一会儿大，一会儿小，怎么办呢？有没有可能我们把多个云协同起来呢？比如说我要同步信息的时候，发现这个云现在这一刹那比较慢了，赶紧我把数据同步到另一个比较快的云上呢？这也是我们正在讨论的一个工作。

其实非常重要的一点，是不是我们的工作能够与时俱进？举一个例子，我们都知道现在虽然把数据放在云上，但是我们回想我们在大学的时候学到的一个文件传输协议，那个传输协议叫什么？大家是不是还记得要FDP协议。可是现在的云同步协议，有没有用FDP呢？没有，非常简单，一个都没有。你要说得不客气点儿说，FDP已经死掉了，可是我们的文件真的都放在云上。是不是？所以这说明什么呢？说明我们曾经的东西好像非常类似，但是当这一件事真正发生的时候，已经绝对不再是我们曾经的那个ATM，曾经的FDP了，而是我们现在基于新型的传输协议，同样这样新型的传输协议究竟是不是应当做标准呢？当时我们做了之后ITF对这件事还非常重视，还专门请我们去做那个会议的唯一的一个报告，大家轰轰烈烈讨论了两个小时，说看来这个东西还是非常有价值的。当然除了像云存储这样的东西之外，其实我们应该更多地看一看像AR、VR这样的虚拟现实的东西，一些公司已经推出自己的东西了。可是在这里面竞争的不仅仅是我们传统的设备厂商，而是像微软这些传统的互联网企业，同样他们也推出了他们的VR的东西，对不对？所以我们看到究竟VR向哪儿发展呢？VR向哪儿发展？不光说我要高清，我要把我的延时降得足够的低，我的针数不断的增高。我有一个学生做了一个创业，比如说你一定要买超级显卡，超级CPU，才能把游戏弄起来，然后他做的创业是什么？我的桌子不要方头方脑的桌子，我手一按就改成什么美式田园风的家具，你看说好漂亮，现在我就可以开始付款了。但是你所有的一切都是连着绳子的，你走着走着看的时候就会发现被绳子绊倒了。这个绳子怎么能去掉呢？而且这样的绳子是非常反人类的一个工作，过去五年我们IT界最核心的变化是什么呢？我可以说是云计算，我们现在家里面PC机基本上都不开机了，你家里面玩一个VR一下，需要一个强大的PC机，这不是一个反人类的东西吗？

你能不能放到一个强大的云端来做这件事呢？不可以，很不幸，为什么呢？因为你的延时放在这儿呢。你的延时能达到20毫秒吗？这是一个传输大数据的延时。所以这件事确实搞不定了。所以围绕这样的延时，微软最近发表一篇文章，说究竟我们是不是能够把所有渲染的工作都放在云端上手机缓存下来呢？他们做了一个实验，说10分钟还是5分钟的一个小小的游戏，我需要先预先缓存起来好几个G的东西，这时候你说我今天还没想出来究竟要玩哪一个游戏呢，这时候网上有100个游戏，我先缓存下来几个T的东西放在手机上，再看看一会儿我玩哪个游戏吧，这个东西很显然不现实。MIT想出来一个超级好的办法，说我不要预先的缓存，怎么办呢？我只要把家里面四面八方的都装好60G赫兹的无线设备，这时候就可以达到传输速度了。60G赫兹你手随便往上一走，数据就挡住了，传输不过来了。所以你要加上反射镜，把绳子去掉，就可以保证VR了，这个延时就降低了。

我们最近正在做的一个研究，手机做一些简短的渲染，在云端做一些复杂的渲染，把延时特别小的东西放在手机上做渲染。于是我们很多渲染的大计算的业务都向云端下载了，同时手机这边可以做一些延时非常小的小规模的东西。当然在这里面如何减小背景的传输带宽，并提高传输效率呢？我们设计了基于全景图的新型编码方式，即便是你编码编出来之后，传输传过来了，可是你解码能不能在20毫秒内解码呢？这件事也是非常困难的。所以我们就设计了一些解码的方式。手就把天线位置挡住传不过来，所以家里面要假设放射性，于是把绳子去掉就可以延迟如何出现，究竟家里面能不能四面八方装好也非常困难。

我们最近正在尝试做一个工作，是不是能不能把动的长远前景静的场景连接，在云端做更复杂的渲染，延迟要求特别高的，特别延迟特别小的这些东西放在手机上渲染，于是这样我们就可以将VR很多的大量渲染大计算的向云端卸载了，同时人体能够做一些延迟非常小，20毫秒小规模的东西，当然在这里面如何减少背景传输带宽，我们基于新型的编码方式，编码过来了，能不能在20秒解码，最后这个东西不是我们自己清华大学做一个游戏，清华大学做不了游戏，我们只是做传输VR平台，将来使用这个平台，可以把VR放到云端，我们初步做一点点小的探讨，发现在AC网络下，现在设备都已经蛮大街都是，我们采用一般的手机可以达到每秒60针，所以这时候我们延时已经对手机完全够用了，这个工作还在进展，如果有兴趣可以进一步探讨，具体工作其实不重要的，关键还是像刚才张老师所说的，我们研究如何向下一步发展，核心就是延迟问题。

延迟的问题无论我们是不是通过改变结构，网络最核心有一些变化呢，就像前段时间讨论的时候大家都说，核心是什么呢？是排队产生的延迟，所以带宽不要钱，现在是不是能够做无附用的网络，我们无附用自然延迟就小了，但是如果你再进一步考虑到上层应用，他还有上层应用的需求，无论是计算还是存储，我们是不是能够跟带宽网络联合在一起，能够降低延迟或者提高用户满意率，这是我的报告，感谢大家！

主持人：谢谢崔老师未来网络时延的问题，而且是满满的干货，最脑洞大开的一些内容，再次感谢崔老师。下面我们还有两个报告都是我们的电信运营商他们对于网络创新方面的思考，一个是电信的大数据平台负责人李亚峰，李总电信之前在携程集团组建了携程大数据，用大数据来塑造携程整个业务，今天带来题目是大数据驱动电信智慧运营，我们欢迎李总给我们做报告。

李亚锋：各位专家、各位来宾，下午好，这两天都在基础网络，还有前面时延，都是跟基础网络相关，作为运营商基础网络是非常重要，但是如果说大家只做这个东西，慢慢可能变成一个管道。而且以后买带宽买流量，而且带宽流量价值在逐年往下面走。作为运营商来讲的话必须要转型，这里面就是说我们作为电信来讲，基础运营商上面大家上网和某种行为，可以留一下数据，数据是很重要的资产，这个资产盘活不管是电信，还是移动、联通，未来这是非常广泛的道路，今天下午分享的是大数据驱动智慧运营。这是我们董事长提出来智慧运营化，今天通过大数据角度讲一下。

首先讲一下电信大数据生态建设，还有智慧运营战略，还有一些案例分析。大数据来讲，其实可能很多公司今天不是大数据分化，实际上绝大多数公司，实际上你要做好大数据要建设一个生态，不是有几个做数据建模就可以了。其实生态我理解三大块，一个是数据，一个是平台，一个是应用。三者之间的关系数据是土壤，没有数据你做什么都是巧妇难为无米之吹，用户数据现在基本上都没有得到妥善的利用，就是很多时候都是躺在那里，整个电信大数据整个平台相当于，现在我们提大中产建设，就像作战一样，航母支持各种无人机在那，有非常强大的中台支持小分队发展。这个平台上面有应用，应用会产生数据会回到这个平台。

第二点我们讲一下电信智慧运营战略。其实智慧运营核心就是企业中台，而中台成为智慧运营大脑和中枢，董事长提出来DIKW体系，数据智慧有一个进化的过程，数据首先是有原始定位的，信息要梳理，从信息就要提炼知识，知识转变成一种智慧，这个是比较理想的。左边那个上面看的话，运营商来讲其实因为这两天可能都是CT，就是在被的会场也听到IT和CT的融合，从大数据角度来讲，IC和CT的融合，左边是大数据平台，右边是一个系统，就是我们（英文）系统，大数据平台其实分为两大块，一个是基础平台，一个是开放平台，所以一些分布式系统，上面开放平台主要是做一些应用开放，还有服务开放，调动都逐步管理。我们面向企业和内部部门，还有一些数据开发者。

基础平台相对来说大家都差不多，主要的技术平台实现是一些通用的安全、技术管理等，开放平台这块目前来讲国内可能就阿里做的稍微好一点，阿里通过阿里云对外开放，我们可能跟他地标，思想差不多，提供一站式服务，然后用户在上面可以注册一个帐号就可以干活了。这是一个未来理想的状况。这里讲的是怎么样我们讲智慧化，能怎么样智慧体现出来，左边是一个大数据平台，右边是一个生产系统，大数据平台会通过机器学习，甚至包括一些BA，注入生态系统改善，提高用户体验，提高我们的效率，那么这个生产系统反过来执行发挥一些数据，我们再重新优化平台。上面是支撑智慧运用理念，有一点比较那个，就是数据重要性现在大家越来越重视，就是号称数据是未来工业的血液，把血液要流动起来，这个是我们智慧运营几个方向，流量及用户体验、数据服务、客服中心、个性化、精细化、智能化、开放化，这四化真的要做还不容易。

最后谈一下运营案例，应用方面做了一些探索，现在电信31个省所有业务数据，包括网络的数据，我们现在都会聚到集团统一大数据平台，在这个平台上做了一些数据应用方面的探索。做了几个例子，一个是节假日大数据，还有身份识别，身份识别就是说这个可能运营商比较大的优势，因为现在BAT，你不在淘宝或者不在阿里上带宽，或者淘宝买东西，网营不知道干什么，你去了什么地方干了什么事是知道，如果把虚拟行为一键关联起来，身份识别出来价值是非常巨大，这个事情做起来难度比较大，但是价值也是非常巨大。

第二个就是经济营销，识别出来有什么特征可以进行营销，还有位置服务，运营商有基站数据，不需要依靠GPS，但这个精度是差一点，好处不用装APP，这里面也可以发展很多一些工作，实际上现在语音、通信这一块没有以前那么多，但是正因为现在打电话少，所以电话可以发现一些问。这是我们春节大数据，这个都是真实的数据分析出来的，包括一些春节期间的喜欢去什么景区，喜欢用什么APP，年龄段。第二个身份识别，这个好像异网用户，有联通和移动，这个主要不是挖竞争对手，这个是识别出来你是移动的用户用电信宽带能够识别出来进行营销，可以转化成电信的用户。身份识别现在像P2P贷款公司，一个人拿着一张身份证到不同的P2P平台去借钱，现在互联网金融不是特别严，而且很多东西举证起来特别困难，这个人拿一个身份证到不同的上面，这个是比较容易识别出来，换一个号码或者换一个身份证是不是能识别，这一点风控也得加强。我们身份识别主要识别八大类型的帐号，一个是证件，QQ号，还有终端很多很多，基本上大家想到都有。这个做好是可以成为运营商一个杀手锏。我们初步识别出1.5亿用户，而且识别出100多个身份特征，固网帐号从识别带帐号信息等等。精准营销所有做数据大数据公司都在做，理论其实差不多，因为我们发现要分群，要人群定位，然后除了标签精准营销。

要重点讲的是一页，我们跟别人有什么不一样，目前很多公司做法就是拼命分类，分行业，标签弄了几万个标签甚至十几万个标签，这个分层设计可以尽量最大强度的利用，这是我们的基础架构。这是我们已经识别出来的标签，跟电信业务相关的，这里讲一下很多人在做精准营销，其实不一定知道整个精准营销体系怎么构建起来，首先有业务需求，业务分析也要建模，那个建模跟算法建模不太一样，也需要建模，建模好了以后得出一些结论或者建议，把这个推送到生态系统，生态系统通过渠道到了用户，用户执行结果进行评分反馈，今后又形成新的需求，这才是真正的比较合理的一个准备并网。

位置服务这里面列了两个场景，像这是迪斯尼拍的照片，还有商圈的选址，店到底开在哪里比较好，这个跟人流都有关系。进入位置服务可以做很多事情，目的地广告的促销，位置营销，位置营销已经上线了，跟国家旅游局，全国50个物业景区已经合作了，推送一些服务、广告，走到故宫那里了，要推一个什么故宫平台或者服务，或者流量照片提醒你，要不要用一个加油包，然后还有一些紧急救援、实际上可以做的东西非常多，大众点评是一个很典型的位置服务。位置数据主要是语音、短信，即使不发短信、不发电话也会更新，基站会及时更新，后面数据量不说了，还是比较大的。目前讲就是说，位置服务其实还在金融行业也能用，比如说易支付风控，我经常在南京，然后我在上海消费买了好几个东西消卡，人在另外一个城市，这个消费发生在不在本地，很有可能你的卡被别人盗刷，还有就是关于一些告警，易支付会告诉你交易有风险，这个也发生比较频繁，通过位置服务也减少打扰。

最后一个是社交网络，社交网络现在非常火，不管是舆情还是脸书，社交网络其实大有可为，但是还没有得到应有的重视，未来这块空间会非常大。因为是一个强关系的数据，我给你打了电话，不管怎么解释都跟你有关系的。这个时长、频率又大了什么电话，可以把中间社交网络给罗列出来，用户基数也比较多，防骚扰电话等等效果还是不错。社交网络主要是列了几个应用方向，用户来分层，还有消息怎么样传播之间的关系。最后讲讲骚扰电话，因为政策原因没有批准上线，我们跟360、腾讯、百度他们做了PK，我们数据、效果明显比他们好很多，不是百度和360、腾讯做的不好，很多人说是骚扰电话要放到黑名单，他没有数据确实很难弄，我们可以诈骗前面有很多行为，我们通过行为不正常分析出来你可能就是诈骗金融，可以给用户进行提醒，这是我们做出来模型效果，应该说还是不错，准确率97%，百度只有92%。好，我就讲到这里，谢谢大家！

主持人：谢谢李总。我们下面今天学术版块最后一个报告有请中国电信北京研究院网络研究与运营支持部SDN技术研发中心主任孙主任给我们做报告。

孙琼：各位同仁大家好，刚刚听了很多教授的一些非常高深高精尖的演讲，我们这次给大家讨论的题材是相对偏产品一些，运营商做的事情更加贴近于目前实际要用的东西，所以今天带给大家讨论的话题是随选网络。随选网络我们真的要推出面向前端市场、前端客户一些最主要的一个产品，在这块我们北研也做了大量工作。跟大家分享三块内容。目前随选网络从产品市场角度有一些我们看到的一些业界趋势；第二个目前随选VPN设计，以及我们一些方案；最后我们会谈一下我们目前所做的一些进展和实践案例。

首先看一下什么是随选网络，我们随选网络主要面向是一个政企VPN业务，传统的VPN业务是左边这个，左边业务流程主要分成三大块，第一个就是业务并购；第二个是受理；第三个是报竣；目前对于政企大客户没有直观的界面，用户需要到营业厅或者客户经理受理这样的业务，在申请业务之后，目前用户需要经过一系列的大量的系统，比如说像服开系统，用户信息、用户有没有资格，接下来到资源系统去查看电路能不能开通，最后还有一个资源确认以后，从服开系统形成一个公单给网管系统，网管系统下发的网络配置，配置下完之后还需要报竣，报竣以后需要运营商人员到现场去勘测去测量，看看我实际业务开出来VPN达到要求才可以真正才是最后业务的使用和现场的计费。这是目前现有的VPN使用的流程，这个流程非常漫长，20天能开完都非常幸运，有40多个人工确认的环节，所以不可能做到时时在线的开通。

针对这样的现状我们在CTNet2025之后，我们就确定了随选网络特征，网络可视、资源随选、用户自服务。接下来我们会把所有资源系统，目前很多系统形成新的网络系统，新一代网络运营系统里面来做资源核查，给不同的用户开不同的用户，都是由这到运营系统来实现。所以通过运营系统要实现自动化的流程，用户通过分分钟实现端到端，再实现在线测量和在线一个确认，所以整套流程是要实现可视资源随选的自服务。这个是我们一个愿景图。

接下来我们理解随选产品的形态，对于运营商来说，我们随选网络其实面向政企客户，运营商在我们自己现有的网络里面，怎么样去开这个随选网络。所谓的随选是有多层面的随选，我们网络首先有像163互联网接入网络，另外还有一些云资源池，可以在不同的网络之间进行随选，采用SDN技术来实现业务敏捷发放，可以走不同的路径，实现自主开通和低成本。我们运营商一个优势，我们可以利用现有的一个资源察看每个不同的情况，然后提供个性化的服务。能够一站式为云提供专线服务，如果这个云主机、带宽，我们网络有可以增加调整带宽，这是我们真正意义上云网联动。

接下来看国外运营商他们是怎么做的，全球随选网络业务市场也刚刚兴起，从国外随选网络SD—WAN，在2020年会达到60美元市场规模，并且每年会保持很高的一个符合增长率，这样一个大的市场随着用户越来越多企业上运营，有越来越多带宽需求和多分支移动办公，有用户现实绑定起来，要快速的建设，灵活的转化业务需求。下面我们更细一步来分析一下，我们整个SDWAN的市场，VPN的市场，我们在第三方咨询报告可以看到，就是中国VPN市场份额逐年在递增，而且递增比例是比较高的。在2016年已经达到90亿这样一个市场规模，我们可以看一下上面这张图，蓝色部分表示专业的市场，黄色是国内三大运营商的市场，基本上目前国内三大运营商VPN加起来总量和专业VPN服务提供商VPN的市场一个总量基本相当的、对半的，所以运营商在VPN市场上并没有绝对的一个垄断。

同时我们也可以看到运营商在VPN市场上其实市场份额逐年在递减，所以其实也可以看到市场，应该来说应用SDN技术来对VPN业务升级换代是有迫切的需求，这个实实在在是如果不引入是会导致我们客户的流失。同时我们在进一步分析一下，我们当前VPN产品到底是哪些客户在用，哪些客户一些特点是什么样？所以我们可以看到企业分支机构，在使用VPN比例非常高。第一个图说明有83%多分支机构的企业，都已经使用VPN的产品，而且主要分布在中小企业，像IT、零售、贸易也是一些中小企业，IPVPN已经有很高的市场渗透率，另外国际VPN需求也是非常旺盛，哪些客户针对的情况，如果客户有多分支机构，部分分支机构是在海外，部分分支机构是在国内，这种比例也在VPN比例当中占到比较高的份额，现在看到数据是60%。然后另外也可以看到，目前大概有60%的用户是更换过VPN的用户商，所以看用户忠诚度比较高，在VPN是比较激烈的市场争夺空间。

我们也是在做这个产品之前，对我们一些客户进行大量的调研，到线网实际考察客户，走访不少客户去问实际需求，问下来总结下来客户主要有这五点需求。第一个是价格，就是中小企业其实他对于价格还是比较关注的，有是他们资金链不是太雄厚。第二个敏捷的开通，就像很多分支机构门店，他们开一个门店经常是非常快，可能几天把新的门店开开，或者有一些中小微企业搬迁速度很快，他新开一个企业或者关闭一个企业倒闭了都非常快，就几个月的时间。如果你专线花一个时间开通对他来说很难接受。现在企业入云需求已经非常明显，比如说有一些像我们走访的广州的欧时力企业，服装公司要通过入云方式去传一些设计的图纸，另外国际加速，有很多国际的过分支机构，有一些分支机构在国外，有些分支机构在国内做跨国企业，他们在国外方有一些加速的需求，如果通过普通互联网访问的话速度是非常慢，然后另外还有混合组网的需求，主要是这五大类的需求。另外我们也看到不同类型的客户，他们对于不同VPN的产品也有不同的诉求，其实大企业党政军还有金融类的，他们通常有比较高的安全性，他们对QS要求、质量都有比较高的要求，但是中小微的企业他们对于低成本、快速敏捷、国际访问要求都比较高，所以真的确实需要有别于现有的VPN的产品推出，才能满足这些客户的需求。

再看一下国外运营商随选业务场景，目前梳理下来，随选网络跟大家的考虑也是比较一致的，像NTT主要三个方面，一个是自服务门户。第二个混合路径选择；第三个是云王接通，NTN也是差不多的，大家围绕的都是云网协同专线灵活自助以及企业自服务和中国电信之前提出的思路是非常一致的。所以总结来看刚才提到的四点，一个要给客户提供自服务的门户；第二个VPN业务要快速敏捷发放；第三个实现云网协同；第四个VPN要叠加增值应用，可以提升用户的大幅度升值。

下面看一下随选业务的建议，根据刚才所提到的市场的一个定位，我们建议接下来在我们的网络里面结合MPLS VPN形成高中低三档不同的产品，这也是根据我们不同的用户的需求所推导出来的，针对政企然后金融类，党政军金融类杠杆客户，我们还是应该推崇是高质量保障的产品，那针对最小中小微企业以及园区企业，可以提出没有互联网，但是又非常快的金融产品，这种产品低档产品可以作为互联网专职提供，当中大型企业和多分支中型企业可以提供混合选择一个中型的产品，形成高中低档完善的产品的布局。Overlay产品三个主要销售场景。一个是传统英特尔专线增值功能；第二个是入云维护专线做到云网协同，做云产品捆绑会把VPN产品给过去，同时不受区域限制；第三个低价低带宽的专线产品，同时要提供自助服务，跟现有的产品有所区隔。

Overlay产品的形态，我们主要会有两种形态，一种形态就是放在用户侧小盒子，给用户实践的盒子，用户下单了之后通过快递的方式电信就会给用户快递过去一个CPE，用户通过扫描就可以自助激活，激活以后就可以完成业务实时开通和受理，这个是一个硬件的盒子；另外一个是VCPE的方式，这个模式一般应用在园区，园区一个出口可以统一放一个相对大一些的给多个园区的租户共享的X86的服务器，这样来实现这样用户这个层面就更简单，不需要任何配置，完全是零配置。从随选VPN系统整体架构考虑，主要是包含这么几个层面，最主要是要给用户自服务的界面，我们还要有编排器、控制器，还有底层的网络设备。在编排器要实现网络资源统一的管理，以及和周边系统的接口，其实在编排层是运营商来整合整体网络能力这样一个层，在控制器，控制器主要是采用，主要实现的是VPN网络资源的监控和设备认知的管理。最下面就是设备层，设备层包括CPE和VCPE，要把流量引入到高质量当中去，在这几个架构当中，我们目前电信自主研发包括编排器，还有（英文），在这块我们要统一形成对业务网络资源一个统一管理，下面控制器主要采用和厂家合作的方式，我们希望和产业链合作，规范功能，在下面CPE也是多厂家，形成多产业链共同繁荣的生态。

在这里面主要用到关键技术，其实VPN大家都在用还是有很多技术难点需要克服，在这里我们主要采用的方案，一个是采用EVPN把二三层支持；第二个通过VXLAN数据通道；另外还有智能导入的网关，这就是主要用到的关键技术。从系统角度还有一些高可用的设计，这是商用的系统，包括控制器故障、CPE保障、系统集群、安全家里都有比较完整的设计。

最后跟大家分享一下目前我们研发的一个进展，目前我们这整套方案已经实现和华为等多个厂家合资，包括在自研控制器和CPE方面的内容，接下来电信统一来组织这个随选网络业务一个试点，从客户自服务这块以及编排器会采用统一模式进行不同的试点，试点方案包括多点VPN场景，还有园区云王协同场景；还有端到端云网协同都会作为三个主要的场景。

下面这个我们目前在江苏和江苏电信一块合作已经落地部署的天翼床头园，已经可以为企业提供一站式全流程的云网协同，用户可以在登入这个之后，需要开通哪个公位上的VPN，同时可以和云，可以申请相应的云资源，包括虚拟机、主机、内存等等。主要是通过VXLAN来实现VPN的开通。我们认为随选网络是实现网络可视、用户自服务等应用的产品，后续我们自研统一的编排器，也需要和更多的厂家来推动南向接口的规范，也需要和厂家推动VPN技术的互通。我今天分享的内容就这些，谢谢大家！

主持人：谢谢孙主任，也感谢各位参会的代表，各位专家。我们下午学术分论坛到此结束，我们明年在聚，谢谢大家！