2019.5.23 分论坛6 网络人工智能（下午）

会议主题：网络人工智能

会议时间：2019年5月23日 13：30

会议地点：悠谷一期4楼430会议室

吴启晖：各位专家，各位领导，各位老师，同学们大家好，欢迎大家参加未来网络大会，分论坛叫网络人工智能，我是南京航空航天大学吴启晖，也是分论坛的主办单位之一。这次论坛由中国人工智能学会发起的，发起有两个目的，第一个推进未来网络和人工智能融合发展，共同探讨未来网络和人工智能变革发展。第二个纪念著名科学家，数学大师，人工智能先驱首届国家最高科学技术奖获得者中国科学院院士，中国科学院数学与系统研究院研究员，还有中国人工智能学会理事长吴文俊诞辰100周年。研讨会传承吴文俊先生的思想，这次论坛非常荣幸邀请到国内外权威专家：

北京邮电大学 马华东教授

新加坡科技设计大学 Tony Q.S.Quek教授

北京邮电大学 冯志勇教授

北京大学 宋令阳教授

北京有点大学 高阳教授

东南大学 金石教授

南京航空航天大学 吴启晖教授

这次论坛主要包括两个部分，一个是特邀报告，请各位专家做报告，第二圆桌论坛，各位专家一起探讨未来网络与人工智能合作发展与变革机遇。我们也希望在这次活动中推进人工智能发展。这次论坛第一个就由丁国如老师来主持。感谢大家到来，欢迎我们下一个开始。

丁国如：谢谢吴院长，也感谢各位来宾。我们第一位演讲嘉宾来自于北京邮电大学的马华东教授。

马华东：谢谢，非常高兴主办方邀请来给大家汇报一下我们最近关于物联网+人工智能研究这方面新的。我们知道物联网最近是一个热点10年了，在物联网最关键，最核心还是它的感知网络，感知网络同时经过深刻的变化，我们知道大概来讲物联网我认为现在目前分成三个阶段，第一个阶段就是以感知系统就是无线传感网再加IFID，实现了感知化，感知信息主要是标量信息，标量信息到了2005以后ITO和国家就提出感知，万物互联为牵引提出了第二代传感网，突出特点就是对多媒体的感知，因为只有对多媒体的感知才能实现更透彻的感知。我们把1.0到2.0做了一个比较，无论是感知节点设备以及能力还有数据类型，还有传输带宽这方面有一个本质的变化，这是我们第二代传感网。我们团队在第二代传感网方面做了一系列工作。

到这个阶段又经过十年多的发展，目前面临什么问题呢？我们总结目前从物联网四个层面来看，首先从感知层面，第一个就是感知手段泛在化，物联网手段是一种泛在化的存在。同时智慧城市之类为代表物联网的应用，要求我们感知能力强、成本低、透彻感知，我们现在感知能力有限，并且感知环境降低感知能力，还有多种感知手段缺乏配合。再一个发展趋势不光做感知，最好网络还能做认知，所以原来定位到后来动作识别、身份识别，需求越来越强，面临挑战就是如何解决这种泛在低质感知手段与高质量智慧城市感知需求的矛盾。

第二个组网方面，物联网一个特点就是组网方式动态化，物联网很多节点是动态部署，网络变化也是一个识别性比较强的，在这种情况下，我们对城市感知就希望对城市感知这样一个网络做一个整体能够掌控动态演化规律，实现按许部署、在线优化，及时预测、发现和填补感知盲目。物联网都是一个单位建设的，互通性差，数据共享难，整体规划和优化也不易。面对第二个挑战如何解决智能化组网的需求与感知网络分隔低效的之间的矛盾。

第三个层面就是从信息处理层面，我们总结就是数据涌现持续化，现在通过物联网感知的数据源源不断的大规模的涌现出来，这种数据就是说大数据一个非常重要的来源。举个例子来说，比如说各种各样的监控网络，有美国的包括我们国家很多国家走向有很多摄像头，信息不断的，另外IPO报告，2020年每个人产生数据通过你的穿戴设备可以产生每秒钟1.7个兆的数据。所以针对这些数据不断有一些持续涌现的数据，需要一个大规模的有线数据新的处理架构，形成一种在线处理的机制和方法。现在就是我们普遍流行的云计算不太适合，深度学习这些算法也不太审核，对于实时性处理要求不太适合。因此第三个挑战就是如何来解决这种感知大数据，高计算复杂度与需求之间的矛盾。

第四个层面网络服务层面，物联网网络服务有一个特点就是碎片化，表现为虽然一定范围非常广，共性服务缺乏，如果能够探索一些比较好的共性服务模式可以推动物联网还是有很大的帮助。这也是解决了在智慧城市这样一个背景里面解决服务整合问题。同时还要解决从大数据和隐私保护以及服务效率等等问题在这个平台里面。我们知道在互联网里面也通过发生这个问题，通过楼所、电子商务其他应用互联网的服务逐渐形成共性服务的模式。在物联网是否也存在这样一个共性服务平台我们认为还是有可能的。第四个挑战就是如何解决共性物联网服务模式与个性化服务需求的矛盾。

针对这四个方面问题，人工智能提供了一个前所未有的机会，这个机会也是共识性的，都认为物联网和人工智能结合起来是未来一个发展趋势。我们最近几年研究物联网怎么和人工智能结合起来，最后在城市物联网系统里面进行应用，当然这些应用也是从四个方面。

第三个方面汇报一下我们进行一些探索，首先从智能感知层面我们做了两个方面的工作。一个方面工作针对传统的感知网固定部署的模式，成本高、系统维护难、服务不灵活，我们研究新的模式叫群智感知模式，把移动终端的感知能力用到物联网里面，以人为中心的感知，发挥全体的智慧，简单来说把群体智能和物联网的移动感知能力结合起来形成一种移动群知感知。上面推出一个详细定义，普通用户使用移动感知设备作为基本感知单元，有意识无意识结合，实现感知任务。把移动终端弱的行为加上群体这种智能形成这种智能的感知任务。

举一个例子来说，比如说我们在北京做的一个PM2.5细粒监测系统。做这个系统之前要经过大量的数据训练，这个数据训练至少有5万多张照片，这个动员了很多学校学生来参与收集这些数据，然后我们进行训练，包括天气的数据。最后这样一个系统我们得出来的指数比一般的手持式设备精度要更高一些。另外在理论研究方面，群智感知质量时空度量模型以及数据机会时效转发方法，个性化用户参与激励和隐私保护，也取得了一定的成果。

另外一个就是智能感知，从MIT他们团队研究通过wifi，到最近手势动作的试点，现在要做身份的感知和类型的感知，这是国际上和国内现在比较热的一个点，我们团队和别人做的稍微不一样，我们针对未来，我们研究毫米波环境重构与动作识别，这一块最近几年发了比较好的论文在国际这个比较好的会议上。第二个方面从智能组网这个方面，这个网络是一个动态的，动态现在实际上我们说基于人类现在设备来做感知，这样的话就是我们对网络的物联网和人类移动规律相关系，我们基本思路就是能不能把人类在城市的移动模型建立起来。通过这个智能算法进行这个路径的规划以及在线学习的网络净化设计。这方面做的工作主要是对群知网络中人类移动模型进行了建模，这是通过大量实验数据，我们得出来相关的结论。然后在这个基础上我们可以计算感知的质量，然后我们对这个优化部署提供一些指导。同时我们还研究的新的方法，在座有一些做生物算法的，生物算法我们研究日本生物学家提出的变形虫的模型，我们提出了这种优化算法用在物联网路径规划里面，这方面成果除了在物联网上应用现在有很多学者用我们方法做其他方面的应用。这个领域应该说还是有很多研究的，这是我列了一个表，在物联网当中用一些生物算法在各个层面做物联问的应用。

第三个方面智能计算，我们需要一些新的架构，新的架构是什么？就是把云计算+边缘计算+智能，有一个问题就是智能怎么在这个云边端架构里面合理分布的问题，调度的问题，第二个就是本身研究适合出云边端这种计算架构轻量级的算法，对边缘有效的算法，但是有些是放在云端的，这是两个方面的途径。这方面工作我们做的时间比较长，因为我们团队一直在做围绕着大规模设计监控在做工作，把机器学习类脑算法结合起来一直是我们做了很长时间工作，最后和企业合作方面做了很多的应用。

第四个方面就是智能服务，智能服务我们判断就是未来物联网共性服务就是搜索，搜索模式怎么实现？最近几年我们提出了一个叫做渐进式搜索这种搜索模式，这种搜索模式还是来源于人的认知过程的理解，人的认知过程刚好是毛主席在《实践论》描述的，受《实践论》启发我们提出渐渐搜索模式，融合多模态感知信息，实现逐步求精物体搜索。这样缩小搜索空间，物联网搜索空间是很大的计算要求比较高，所以在计算复杂性时效性方面提出一种综合搜索模式，这种搜索模式在国际上比较认可，起码有两个比较重要的奖我们拿到。

还有就是实验系统，我们一直在做实验系统，在这方面整合起来，和一些企业进行推广。

第四个方面我谈谈对将来发展一个展望。实际上就是说，现在关注在AI2.0，我稍微学习了一下，提出了八个具体研究方向，前五个基本上还是有一点需求驱动的和具体有背景密切相关的。后面六七就是在人工智能比较基础的理论，机器学习、类脑智能，第八量子智能是比较前瞻性一些。八个层面上实现了和物联网都可以结合，比如在大数据智能与感知智能，感知大数据，跨媒体智能我们现在强调多媒体的感知，跨媒体的理解。第三个群体智能，我们刚才讲群智感知。还有混合增强智能，包括一些机器控制和耦合控制的，这和物联网密切相关的，还有自主智能，像无人机，自动驾驶，无人车这些都是属于这个范畴的，所以也是和物联网密切相关的。量子智能是未来。

最后我就是简单说一下，在人工智能这个浪潮下，物联网实际上存在着很多挑战和机会，刚才讲了一些热点，包括群知感知，还有那些无人感知，感知大数据计算、物联网搜索、安全与隐私保护，典型的物联网应用。总的来说传感层面从一个互联层面和共性服务层面都有很多工作要做，现在智能化会催生一些新兴颠覆性的技术和应用，在催生这些技术和应用本身来推动物联网进一步发展。谢谢。

丁国如：谢谢马院长的报告。下面有请第二位嘉宾来自新加坡科技社会大学的Tony Q.S.Quek教授。

Tony Q.S.Quek：尊敬的专家，各位老师，各位同学，我的中文不会很好，我尽量用中文讲。我先抱歉一下，我的PPT我会做的比较学术一点，不像刚才之前马老师比较宏观，看到不同的方向。我只是有几个重要的点我想要强调一下。

我个人认为尤其在无线通信这个领域可能前期这几年最主要我觉得对于我来讲还没有到人工智能，我们在想说网络和通信怎么样增强智能，增强智能过程中是不是能把6G服务变的更好，这就像IBM，IBM网站叫（英文），所以我们最主要团队在讲AI的时候我们不是像计算机讲的（英文）。

我分成四个方向，方向比较多，第一个方向可能比较模糊的就是分布式，其实我们看一下现在最主要做人工智能或者做（英文）都是集中式，需要把数据集中在一个（英文），大量的数据和大量的GPU预算，将来很多服务是靠近用户，你的互联网，就是你要实时给（英文），这是我们要考量我们的比如我们（英文）或者我们计算能力在分布式的时候你怎么样有效的设计你的（英文），或者（英文）。因为当你分布式的时候你就有很多所谓的（英文），就是说你每个地方不可能跑很多深度学习的GPU，就是能源是一个问题，你不可能像集中式一样。所以当你做分布式的时候，分布式不是这样容易做，所以尤其在通信和网络里面，我们现在很多方式还没有（英文），我们数据如果没有标签，或者数据是有（英文），我的分布式的（英文）要怎么定（英文）。然后所谓的（英文）比如像边缘计算或者将来你的摄像头，你把AI摄像头怎么实施（英文），边缘摄像头（英文）跟你的（英文）之间怎么交互，怎么（英文）。因为我们现在很多（英文）还没有（英文），两个（英文）之间要交互，什么样的信息在网络里面，所以这是一个我觉得比较重要的方向。

第二个是方向是（英文），你的（英文），什么时候应该学习，什么时候应（英文），比如说IOT，比如5G，6G问题就是大量介入，我应该怎么用，这是第二个方向。

第三个是叫做（英文），如果你看现在很多深度学习方式基本上你标签你用（英文），当你做优化（英文），就是你要优化的那个（英文），我们已经假定了，比如我们用（英文），我们在用（英文）我们已经有一个模型的假设，就是说当你这样做的时候你面临最大问题，在数学里面叫做（英文），所以为什么当你做（英文）的时候你要用在不同场景的时候，遇到最大的问题就是说不是每个场景都会好，在数学里面现在有一个比较新的方向叫做（英文），就是说从数据里面我怎么样学什么应该学会，这将是我们很重要的将来方向，因为很多数据我们不知道能采集什么（英文）。在数学这个领域开始有一些工具，这也是我觉得在无线，尤其在6G我们的（英文）会有很多种。

第四个就是（英文），也就是6G网络智慧，这里最大的是（英文），因为当将来的网络有不同的服务和不同的（英文），这是我们所谓的（英文），怎么样（英文），是不是我们网络切片的概念，从上层可以推到下层，这个我们代价是说要交互的信息会很大，网络非常复杂，这个时候我们智慧是不是要分布式，我们控制是不是要（英文），所以我觉得这是一个AI比较能或者（英文）可以应用的方向。我只分享两个工作，（英文）这是谷歌2017年在一个会议上所提议的，基本概念就是说数据将来是在边缘比如手机或者你的谷歌或者是你的天猫精灵很多数据是在你的手机上面。这个时候你因为安全或者隐私不想把数据集中在云端，你不想上传，你要怎么做？我让边缘计算可以做（英文），可是数据是保持在（英文）或者（英文）上面，然后我只上传（英文），所以（英文），然后每个用户跑一个（英文），只是上传到边缘上面或者到你的（英文），到边缘上面你再做一些，比如说你做一个（英文），整个框架是说整个模型可以说在上层我可以想要做SBM，（英文）不管你（英文）。整个深度学习或者整个（英文），你要（英文）PW，然后现在你很多终端，每个终端数据在我身上，我就拷一个（英文）。上传到C可以是边缘计算，你做一个很简单的拼接，谷歌架构是这样的，谷歌架构是说我不是有线是无线，然后他再上传，因为数据有（英文），所以大家平均了之后上传每个（英文），可以证明说这等于你的（英文）在集中是完全一样的效果。所以可以把（英文）分布式，比如说在区域一个里面有一个wifi，每个终端的（英文）有限，所以（英文），根据大家的（英文）我再来（英文），大概就是这个概念。

如果你在用无线wifi，所以是有干扰的，而且你要选，如果像会议室里面100终端，我是不是选100个终端，我要选几个，选谁，因为每个平台不一样，每个维度不一样。很快不讲数学的模型只想说我们大概想要解决问题是说，想要把这个架构弄成网络，我们的IP是在大型的网络里面有不同位置，我用数据来，每个AP里面有U1，U1是跑（英文），数据在身上上传这个（英文），在这个架构你怎么选，怎么选不同的，因为我用wifi（英文）是不够，我要选（英文），需要多快的时间。我现在在做比较简单的（英文），比如说有N个K，K可能是很大，我随机选，我选到最好的N个然后来传到我的边缘计算，计算这个（英文）。

所以我的联邦学习应该怎么算呢？当你U1被选上，我们（英文）我看到它的SINR（英文）。最主要的要初步的一些工作就是说你的U1，你的AP（英文），如果这个（英文）非常近很小的话，基本上你可以用（英文），即使有100个，我就选最好几个，让我的（英文）修炼非常快。如果我的（英文）很大，（英文），非常简单，分成几处，每个处里面有很多用户，然后我来（英文）。这是比较初步的（英文）一些感念。

第二个想要分享就是Random Access，我不知道中文叫什么。第一个是Preamble，每个用户要传的时候选一个上传，上面做一个非常简单的分类，有人传孩子没有人传。所以是一个很简单信号处理问题所以叫做Coventional，如果有两个用户同时传他们收到信号也是同时大于（英文）。基本上我们说是不是用（英文）基本非常基本的（英文），这个问题其实从我大学开始念电机的时候就开始看到这个问题，那个时候还没有这个，所以你可以用（英文），因为（英文）很多数据你可以做（英文），你可以根据用户一个两个碰撞，然后（英文），之后因为他们的碰撞之后你想要知道他们的距离就是（英文）。我也可以根据大量数据来分类说可能这个用户是（英文），就是他们之间的距离。知道过他的距离之后我可以做比较好的（英文），（英文）最难的是说我不知道是谁传的时候我没办法做（英文），如果能知道他的距离在哪里我还可以弄（英文），还可以做（英文）。我们大概用这个方法来解一个很旧的问题。这样我可以很简单说如果有碰撞的时候我就叫它不需要（英文）。

另外一个可以增加我的（英文），根据你的AP，如果两个人传我必须要知道（英文），距离哪里，根据距离他才知道我是（英文）然后最主要你会发现用我们（英文）在这个架构里面你会发现（英文）会比较小。其实在网络里面尤其在（英文），或者网络里面会面临一个问题干扰，很多AP我可以用（英文）。

我的报告就是比较短，然后就到此为止，谢谢。

丁国如：感谢Tony Q.S.Quek教授。第三位演讲嘉宾来自北京邮电大学冯志勇老师。

冯志勇：谢谢丁老师的介绍，很高兴今天能够跟大家交流。今天跟大家交流内容是面向感知通信计算一体化，无线车联网与智能交通技术。车联网也是5G里面一个很重要的内容，我放在交通视角下看一下车联网的情况。我今天汇报主要有三部分内容。

先看一下研究背景，这是世界智能交通，上个世纪50年代从关注无线传感器，像各种雷达，逐步的车的智能性是在提高的，这一块跟我们移动通信发展时间没有对上，但是思路是一样的，交通代际没有明确概念，但是逐步在增加。车的无人驾驶一个级别的，智能交通系统并没有一个明确级别，这个上面重要一些里程碑，上个世纪90年代开始，智能交通国际上有一个非常重要的大会智能交通世界大会，中国有一个智能交通学会。目前智能交通发展到什么阶段呢？我们看最后一个阶段就是目前的，各个国家全球智能交通发展总结起来三化，网联化、协同化、自动化。这个是美国一个动态，国际一个大的形势，美国智能交通部门规划是大力发展网联汽车+自动驾驶，美国自动驾驶发展非常快，网联汽车美国发展也是这个在全球是领先的，最早像车联网的标准DSRC是美国提出来的，美国思路就是重点发展网联汽车+自动驾驶，推动自动驾驶车辆技术升级。我们现在也重点发展V2X，车联网和智能一体化的整合，通信和智能交通整合在一起。

这是欧盟的，欧盟重视智慧城市与智能交通融合路径，道路有无人驾驶车，有有人驾驶车的时候，这个城市智能性怎么体现，包括道路怎么建，欧洲那边提出来说是不是给无人驾驶车有一个单独车道，从基础设施上看怎么支持智能交通。我们国家也是在这一块也有20多年，关于智能交通，大概2000年开始，从“十五”开始规划了很多智能交通大的规划，也有大的科技支撑项目，不管是科技部还是在基金会，我们国家在智能交通里面关于电动车这一块发展尤其比较有特色的，发展也比较快，并且在去年的时候也是完全世界首例车路协同跨模组、跨终端、跨整车的测试。中国有很多智能交通测试环境测试场，内场外场测试场，这是我们中国的情况。现在科技部在规划“十四五”交通系统，从交通定位到自主式交通系统，从系统角度来看这个交通下一步怎么做。这是中国一个情况。

刚才是智能交通发展大背景，我们刚才提到智能交通像自动化、网联化、协同化发展。我重点讲车联网相关的，车联网无线解决是在路上的事，关于车路协同的，车和路以及路车之间怎么协同。车路协同我们比方说未来5G的时候我们会有路边单元，就是我们所谓基站用于计算和交通的功能，每一个车上都有这么一个模块，目前用的技术刚才我提到美国最早提出DSRC，在蜂窝网又开始做（英文），目前状态现有主要是基于一些独立的模式选一种或者基于单一交通路口协调的。将来下一步车路全局系统实现交通主动控制。交通他追求目标跟我们通信是不一样，不能路边单元跟车通信，他的目标最主要满足车的安全性和高效，同样时间路上能通行更多车。我们做车联网跟咱们国内很多做通信交流过，发现我们通信得站在交通视角来看我们车联网应该怎么做，从交通角度来看主要就是一个目标，优化或者什么最大化，主要解决就是三个问题一个是安全问题，就是不要撞车，第二就是效率，我这个路上能通行多少辆车，缓解交通紧张的问题。再一个节能环保，这是交通最关注的。所有这些技术都得围绕这个去优化进行服务。

看一下自动驾驶，目前我们可以听到很多案例，比如说特斯拉，各个公司都在做自动驾驶，现在自动驾驶比如说无人驾驶目前主要是单车无人驾驶，我们现在国内也有很多这种测试场上有，现在主要是单车能力单车传感器做的足够强，自己决定怎么走，现在遇到一些问题，单车是有限的，安全和效率都受到挑战，未来发展一定是基于车路协同，多车群体智能的系统。下一步从单车到多车的智能，这个是刚才我讲到就是无人驾驶在过去发展很快，单车的这个无人驾驶，他的问题一个交通最关注就是安全，但车安全性是有问题的，跟常规车辆相比较无人驾驶事故要高，大概搞一个数量级，这是我们说的单车智能的问题。我们说未来一定发展是从单车智能基于车联网我们说群体智能，我要做车车协同，车路协同，不是单个车有智能就够了，这是我们说的一个发展趋势，从单车到多车。这个时候从单车到多车车联网就是一个必不可少的手段，通过车联网实现多车的智能。车联网刚才我们提到车联网实际上大家可能基本概念就知道车到车，车到路，车到人多种手段。主要标准一个是美国基于（英文）成熟的早，ITE比较晚，也是这几年才发展起来，我们国家现在重点推基于蜂窝的V2X，也就是增强LTE-V和后来5G的。目的我们能看到V2X，R15用的是增强性的V2X这是标准化的一个进展。这是我们国内关于车联网的现状，国内现在有好几个组织都在做这一块，一个是做通信有一个车联网的组织还有交通口，交通口还分很多部门，涉及人和部门比较多。

前面介绍背景为什么要车联网就是实现单车到多车智能。我们看一下目前挑战是什么，目前车联网遇到哪些挑战？我们说智能交通角度来讲，从感知的能力来看，目前单车感知是有问题的，前面刚才我们说单车感知有问题为会有问题呢？单车智能有什么问题呢？一个是单车感知范围受限的你在路上走的时候你会有很多视觉的盲区，一个因为你看不到，还有目前单车传感器只能看到一个周边，也就是感知视野受限的。这是一个感知靠单车受限地方。还有感知精度也是受限的，不是有很强计算能力不考虑其他约束，车受功率约束，还受各种计算能力约束，单车的精度也会受限，这是单车感知面临的问题。

关于车联网现在状况是什么？车联网刚才说发展比较快，（英文）前途非常光明，对低时延、高可靠有先天优势，现在也存在问题，我们现在车联网方式一个是广播模式，车多就拥塞了根本做不到低时延，还有车和车组网都是动态的，目前也没有好的解决方案。还有就是面向高可靠低时延安全信息传输面临难题。再有就在车上传感器和通信是分开的模块，这样的话效率就会比较低，这是目前通信面临一些难题。

因此未来要发展将来车的智能化一定是把通信传感和计算组成一体化种方式，把他们联合起来去融合，然后才能实现真正车的智能，未来车联网技术应该是感知通信深度融合，并借助云计算与边缘计算的协同，实现群体的智能。马老师提出来群智，多车感知就是群智感知的概念，做到群体智能需要把通信智能和感知一体化。这是一个刚才提到一个大背景。目前我们看一下这里面我们现在正在做几块研究，一个大框架，车联网涉及哪些内容，关于我们新一代带宽无线移动通信与车联智能网联。这是车际网。还有一块车内网，里面有各种传感器，有V2X，所以车内网设计多源信息认知计算与智能驾驶。还有一个不可忽略就是云端部分，车云网方向，做群智协同认知的时候有些决策还有信息融合应该放在群端还是云端，这个都是需要去研究的整个跟车联网一个结构几大部分内容。目前我的研究重点卷关注在无线侧，就是车际网和车内的方向。我们说车联网应该跟做交通，跟做汽车的人我们密切合作，真正做到这种深入到垂直行业才能做下去，从学科角度来讲也是跨学科的，这是我们研究方向。

汇报以下研究点，一个关键技术感知通信深度融合，车上传感器要跟通信做到一块去，我们把雷达和通信的频率我们怎么共存，你用我不用，就是认知有动态能力，现在再往下做应该怎么做？现在正在做雷达一体，现在联合怎么设计，下一步我们这个叫什么？我在这暂时起个名字智能无线电。其实将来应用场景面向无人车、无人机，还有组成一个网这种多节点之间的智能化，从单节点智能到多节点智能的时候会用到，现在我们雷达探索，同时定位都是用（英文），我们把这个（英文）整在一起，就是一个（英文）主要可以把这几件事情都做了，这也是目前在军事当中非常热的一个方向，军队里做的更多，把更多跟（英文）做在一起，然后再设计组网协同工作的事情。这里面跟我们密切相关要研究内容基于电磁场和信息融合的模型，我们无人机、无人车都是一个无人体，这个怎么组网，还有前端，以及融合之后智能信号处理，这是关于感知通信融合目前我们正在做的。用于比方说交通环境，通过感知深度融合可以实现驾驶员视角超视觉感知，把多个车的传感器通过通信融合在一起以后，就可以看到远处交通的状况而不是光我这个车周边，通过这个方式可以实现超视觉感知。目前我们正在做就是把车载毫米波雷达和毫米波通信做到一起。毫米波雷达从雷达来讲多车的话在路上跑很多车都有雷达的，其中有一个问题就是不可忽视就是雷达之间的干扰，现在做雷达的人这一块做的并不多，把通信放上去可以帮助雷达组网，那么我们说车在雷达面临的问题，一方面我们说车在雷达之间是独立的不合作的，但是你在路上跑，雷达都失效。我们有了通信以后就可以帮助做雷达协调。这是我们仅仅可以超视觉感知，还能够实现把雷达组网。

一体化从理论上讲应该有很多可以做的，我们做雷达通信一体的基础理论这个跟我们通信信息论是相关的，这有一个结果，这个就是把雷达探测性能，我们一说通信追求就是（英文）最大化，容量最大化，容量最大化和探索放到一起去比较，到底这两个性能怎么制约的，也就是我刚才说的，比如说我们正在设计，多天线，有的波速做探测有的做通信，雷达会干扰通信，这有一个曲线，2016年发在信号处理一篇文章，就给出来这个探索性能和容量一个约束关系，这是我们从理论上要解决的问题，所以雷达通讯一体化不仅是一个技术首先要取得理论突破。

第二智能组网，智能组网首先研究面向车路协同V2X架构这部分文章还是很多的，进展也非常快，包括现在像边缘计算，这个进度都非常快。下一步可能再做就是说一方面动态组网，也就是说每个车来了以后都可以随时入网，随时离开。再一个从5G来讲怎么实现高可靠低时延。能不能实现精准指向性传输，在路上跑车的时候你的所有信息不是要告诉所有车的，只需要你离的最近车就够了，所以这时候信息传输应该是指向性的，所以要做V2X精准传输，而不是面向现在的广播，这是我们要做的精准信息传输。再有刚才讲到车路协同这一块更多交通的人在做车路协同很多是功能的分布，比如说我们说路边边缘计算，边缘计算应该怎么跟车结合，最后给这个车发命令或者给提示的到底是谁，怎么去做。还有路上态势实时变化的，关于态势的推演，还有拓扑的变化都会影响我的车组网。在车图协同里面还有很多需要做的。这一块5G当中并没有太多设计，在以后后5G应该重点关注车路协同智能组网的机制，这一块不光有通信感知还会有计算的事情在里面，这是我们说的智能组网重点关注车路协同还有车群协同。这一块欧洲设计特别多，把车一个接一个的，按编队效率来做车车之间的协同，车车协同也是一块。因为所有车之间都是无线连接的，所以需要做这种突破，一个就是车之间感知通信一体，感知通信深度融合车群可信交互，这个是关于组网里面。

最后一点计算，就不展开讲了，这一块我们没有太开展研究，也是要跟Tony Q.S.Quek和马老师学的，比如说感知与信息智能融合方法还有交通态势时空演变，怎么预测那个人会不会走到你车前，所有交通态势的情况还有面向安全嘉实多车协同，以及刚才提到终端、边缘和云到底这个怎么做的，怎么做协同决策，决策应该放在谁呢？基本一个概念跟安全相关，短时间的，时间力度比较小是在无线侧边缘侧。所以我们说关于计算这一块，无人驾驶中你的本地计算、边缘计算云计算会各司其职相辅相成，以通信为连接到时候来做这样一个事情。通过通信与计算融合手段将规模化无人驾驶车辆相互赋能增效，突破单车感知瓶颈，这是关于机能的内容。

这是我们实验室正在做的一个系统，把通信毫米波一套毫米波硬件把雷达和通信的事情都做了，现在是非常初步的很简陋的一个模型，只是把雷达功能加上去了，跟通信分波速在做，这有一个界面，时间关系就不走了。

我的汇报就这些内容，谢谢大家。

丁国如：感谢冯老师精彩报告，下一位演讲者来自北京大学的宋令阳教授。

宋令阳：大家好，非常高兴今天有机会跟大家就我们最近做的一些工作进行交流。尽管我的题目写的比较大但是我们还是尽管就是说来讲的比较具体一点，这个是关于UAV的研究。

因为今天时间有限所以说我可能就快一点讲，因为未来移动通信不管做（英文）也好还是做通信也好，在未来的话为了支持物联网支持一个应用来产生的，我们大部分应用还是做（英文），2G和3G是语言，4G是（英文）像微信，5G应该基于物联网的通信。有一些新的需求，但是我们今天重点可能不是在这里。然后我们的这些（英文）大家觉得都已经比较清楚的，一个应用的场景的话其实以前刚才讲过了，有可能有智能家庭或者有车联网，每个应用场景其实都很大。我们今天主要讲关于UAV简单的应用。在介绍之前其实我们在UAV应用很多，但是在通信领域的话可以作为（英文），这个是在我长的（英文）里面是有的，今天讲的就是说在做UAV主要做感知，因为正常来说很多UAV上面其实有很多带很多传感器，传感器可以做（英文），（英文）数据的话也是可以传到我们机上。

在做感知和传输的时候还做等等的话，有几点跟地面通信不一样的地方，第一个地方主要就是说从先导和干扰模型来看的话，无人机距离比较高，这样的话上面有一个公式可能会讲一下，距离比较高，低的地方会有很多（英文），下面会有阴影干扰。先看一下无人机简单分类，正常来说我们无人机分为两种，一个是固定还有一个（英文），如果在（英文）像美军做的（英文），飞行的距离比较长，并且高度可以到平流层。今天做感知主要还是在（英文）一个无人机，待机时间比较短，主要做的（英文）。叫做（英文）无人机，现在经常说的就叫做（英文），其实有几个比较重要的元素，然后有一个（英文），下面可以带（英文），还有一些其他的传感器。在通信这边的话分为两部分，第一部分在UAS，后面还有一个就是（英文）主要就是说来传输重要机器性能。后面可能会给几个例子，主要问题其实在通信还是感知的话其实主要就是一个先导建模的问题，大家可以看到在右上角，主要就是跟高度和环境相关的，而高度环境的话高度那边主要体现出有一个（英文）角，就是一个（英文），环境有一个αβ，如果我们在做建模的话里面可能就要考验这个，这个就是简单性能分析，如果无人机飞的很高，随着高度增加性能变化，再高有路径很长这样的话性能就会下降。

我们后面无人机有一个特点，其实是在未来IOT里面有很多事情是可以做的我不觉得通信是很重要的一件事情。我觉得最重要就是（英文）和（英文）的事情。因为（英文）里面有两个比较的参数，可以定义成两个时间段的一个阶段可以了，还有一个加速度，一个简单的定义，无人机该怎么飞。第二个螺旋无人机（英文）是主要问题，我们要考虑参数的话漆面K1K2都是一个（英文），然后（英文）前面定义的速度和加速，我们进行优化就可以了。

下面我们有很多的研究，给大家举几个例子，我们做（英文），三部分结合优化的话做（英文）。第一件事情我们在做，先看系统模型，比较简单的讲的有点具体，最简单的模型我们有一个接入点，有一个无人机传输数据回到基站，无人机下面有几个红点执行我有几个（英文），就是需要进行采集，所以说在这个里面分为两部分，如果我们提出一个（英文）也就是说我们无人机需要（英文），还需要一个（英文），如何来设计这件事情。优化点就是完成时间需要一个传输的时间还有一个飘浮的时间。所以说，我们因为在IOT里面的话最重要的问题就是（英文）一个时间的传感器叫做网络生命周期，所以说我们主要就是为了来优化我们（英文），（英文）分为几部分，一个做通信（英文），然后（英文）悬停，还有一个加速度的（英文），前面介绍过取决于一个速度和一个加速度。后面我们做了一些优化，上面（英文）有一些等等的（英文），这个是优化一个目标，包括无人机要飞行的高度，数据传输速率等等这些目标，把这些问题做一个化解就可以了，无人机在传输速率比较低的情况下，随着速率增高我的能量数据是在增高的，但是最后速率越高情况下，飞行数据比较快能量消耗都花在了飞行时间所以就下来了这是一个简单的分析。

我们后面的话，前面简单介绍了一下一个无人机来做采集，在真正场景下都是有很多无人机来做的，其实我们原来跟学生说的，如果在一个足球场上，一个无人机盯着（英文）很有意思，这个是一个分布式的（英文），然后的话分布式的（英文）的一个设计。其实（英文）没什么用，基本上很难实现，（英文）可以。这是一个简单的（英文），在这种情况下，我们定义成叫（英文），我们每个（英文），可以自己决定我不要基站决定，因为下面有很多（英文），很多信息不一定能传到我们基站去。基本道理差不多这样。

首先我们做的一个（英文），分几个（英文），最后一些无人机可以做（英文），后面其实没有时间再做另外的。后面一个就是（英文）就比较复杂，所以说在这里面我们到后面问题就很简单就是一个（英文），我们可以假设无人机要飞就是（英文），下面该怎么飞等等等等，其实都蛮好定义。这个组网难的问题是一个（英文）的，如果（英文）比较多的情况下复杂度是非常非常高。还有一个（英文）等等等等，就是我们把三维压到了二维做一个化解。首先先证明我们算法是OK的然后（英文）是OK的。

下面简单跟大家说一下，因为我们时间有限，做一下无人机（英文）。因为我们之前做了很多用无人机做（英文），最后会放我们的一个视频。（英文）是一个比较大的问题，比较不好的消息其实就是北京天气做的越来越好，不然我们工作也没法做。其实一般（英文）其实就是说我们一般用（英文）来做，这个跟我们环境系的人来说过这件事情，有很多很多东西了，PM2.5是最严重的因为能吸到身体里面去。这个是当时我们今年在台湾讲了，我们当时在250的时候早上北京就是这样其实还是很差的。这个（英文）我们环境系的话在北京搭了很多站，一个站很贵的，他们觉得我们做的很重要但是他们觉得我们测的很不准，一个站四五百万很贵，北京25个站，2D的，这个东西是随着高度变的。我们说要做一个3D的（英文），我们做的是一个（英文）刚才刚说是我们整体系统架构跟物联网架构是一样的，用（英文），在地面很多传感器做（英文）。分几层有一个（英文），我们在地面用的传感器其实就是我们自己搭的一个简单的传感器北京大学，其实就是说，因为在这种（英文）的话，每个点大家可以想像都是不一样的，人一走的话归程就在变，这是他们环境系蛮想做的一件事。

天空当然就是用无人机来做，地面用传感器来做。这个在表示层，如果在天空来做我们当时是这么想的，我们还是刚才大家看到其实我们可以测量一个屋子，分成很多（英文），这里面很多点，无人机飞到每个点就可以了，正常来测就可以那样测了，我们用的方法，因为无人机可以自主飞行，我们就把中间分成几个点，采集到中间一段数据的话，知道哪些重要的点比较重要，我们光测这几个点就可以让无人机自己飞（英文）。然后就是说我们后面还有其他其他一些方法，就是说他的主要问题就是说一会可能会放一下，我们（英文）其实就是一个（英文），包括风速（英文）等等。

（视频）

我们现在正在做室内的，室内是最复杂的。不同的就是说上面有一个神经网，下面有一个物理模型，跟传统（英文）等等不同的地方，我需要考虑温度等等等等这样一些调才行，然后效果比较好，否则传统的话用上面数据效果不太好。这个我们是在2016年（英文）获得的（英文），当然很多队来PK。其实我们学生也不容易的，这么严峻冒着生命危险去工作。在地面网络的话我们可以做一些其他的问题，包括（英文）因为我们地面采集了很多数据的话，我是不是有数据就可以做预测，也就是说未来有多大，还有其他点有多大，你传感器网络的话还有其他问题是不是有一些可以ON有一些可以OFF这样可以节能。我们最后在做的就是说有没有可能我们用无人机拍摄跟下面（英文）进行一个结合，我们变成一个数据集叫做（英文），这个就比较传统的，我们用拍摄上面有八个（英文），然后用这些（英文）做（英文），这是今年的。下面如果说效果不好的话开启地面的（英文），如果OK的话就行，就是这样。这是我们一些（英文），这是下面获的一个奖，谢谢大家。

丁国如：感谢宋老师精彩报告。我们下一位演讲者来自南京大学高阳教授。

高阳：非常荣幸今天到我们搞网络的专场。我今天想跟大家交流是我的一个学术研究方向强化学习，跟大家交流一下在未来人工智能里面的作用。看一个非常简单就是我个人的介绍。这是我个人一些情况。也谈到就是我们在2017年吴文俊人工智能自然科学二等奖，这一次于老师让我代表奖励办来做一下选择。

下面正式一个报告。主要从以下几个方面，时间关系我会比较快速过一下。首先看一下强化学习产业和创业，介绍一下公司，（英文）大家最熟悉的，我们在2007年在欧洲（英文）会上跟他们有交流，当时觉得他们做的跟我们没有什么差异，到2014年被谷歌收购。除此之外（英文）还有另外一家美国公司叫OSARO，两个大学教授创业的。苹果收购一个英国公司，以前苹果语言接口很难用的，收购了之后提高了85%，这个公司是强化学习技术跟语音结合起来是非常好的。在日本有两家公司，丰田投资另外一家这是日本市值最高的公司，主要也是用在自动驾驶以及AI制造业上面一些应用。在去年6月份微软收购的（英文），这个公司收购没有对外透露，包括在微软的一个战略定位也没有对外公布。我们举几个例子，医疗上的问题，医生对治病就是一个决策的过程，根据症状然后根据反馈做决策，因此是跟学习模型是非常吻合的，在这里面怎么把学习技术引入到医疗当中，国内外做了很多探索。在驾驶上就不说了，包括在智能机器人包括工业机器人也用的非常多。自然语言上这几年基本上我们从深度学习过渡到强化学习结合到自然语言去，我这样举一个例子多轮问答，知道吴教授电话吗？他说我知道啊，能告诉我号码吗？我能啊。就是说我们人自然语言上的问话是一种任务，是带有目的性的，想要知道这个问题求解，而不是一个简单做PK，这是一个非常有趣的问题。

在金融上还有物联网应用就更多了，1月份的时候阿里巴巴出了一个橙皮书，强化学习对整个平台支撑度，现在推荐都是采用学习技术推荐的，推荐教科书上做的一些方式。这是（英文）在收购之前有一个白皮书，在制造上整个行业里面可应用的范围，包括在产业自动化上，这里面就是一个对一个优化问题，优化问题特别是在大规模场景里面时候优化已经变成一个分布式优化，第二个控制问题第三个监测和维护，工业场景里面都是重设备的，对于设备这样一个维护是非常重要的，而传统包括我们开车开车到4S店让你5000公里去一次或者一年去一次，当你什么核心元器件需要保养，这就需要各种传感器的数据做一些预测性的维护，这是整个制造业升级是非常重要的。所以我们说从国际上来看强化学习和深度强化学习成为投资界最为追捧的人工智能技术之一。

刚才我提到我们在做研究，在早期跟学术研究上没有很大差距，为什么突然在产业上出现一个，我们也在跟国内外同行交流，有一点是非常重要的，也就是关于强化学习开源开放平台的问题。，过去十几年记忆学习技术得到一个长足发展，统计学习技术包括视觉上很多人像做人脸视觉场景这样依赖于有这样一个数据集，再有像（英文）这样一个开源框架出来，我们说把整个研究门槛降低，把产业应用门槛给降低，这样在产业上不需要那么多做科研人。这一点我们说在强化学习里面更为重视，之前做强化学习少的原因，因为强化学习是一个在线学习的技术，但你做推广化功能应用就很难。美国人像ALE环境开放出来，把所有游戏已经开放出来，以这个引擎作为这个技术测试平台。

再往后开放了（英文），这样我们人在玩游戏的时候第一人称视角看到的场景，这样的话天然的释放视觉和强化学习结合这样一个应用平台。如果是一个多维度的，军事上我们战争不可能天天发生，不可能从天天发生战争当中获得数据，进行模型的训练，怎么样发展学习技术呢？基本上就发展了一个（英文）。刚才谈到车，我们在座有企业界或者产业界的，我作为一个高校里面能不能做一些车的技术呢？可以用平台模拟器，可以做成本身技术的研究，在学校科研上做人才培养，技术前沿研究，才可以到工业界、产业界上去用他。后面还有一些其他就不多说，所以我们说到目前为止强化技术突然爆发之后是美国人在之前做了大量一些前期的工作，把这些平台以前都封闭像游戏场景，用这样开放游戏平台测试强化技术，这个平台打开来之后的话就使这个研究门槛就降低了，就让我们更多学生，更多研究者能够进去，当我们产业界用这个技术的话，我们人才队伍，人才供给，就会降低，所以这个产业才会兴旺。

这个词实际上在我们做AI领域我们实际上不太愿意讲的，（英文）团队一直在（英文）说他们要做通用人工智能，这个词我们做传统AI的人很忌讳的，因为这些概念早在五六年（英文）都已经讨论过了。现在在商业背景里面（英文）提出来通用人工智能就等于深度学习加强化学习，我们看这两个技术简单发展历程。深度学习大家这几年已经非常热了。这是最早的集成，到后来发展生五成网络，核心问题从数据上早就知道这个多成网络可以无线性逼近，问题计算不可解，没有BP反常算法，现在还有过程一些（英文）问题，更多还是一个计算问题，不是一个模型的问题。但是这个事情在2006年的时候就开始得到了一个突破，2006年开始采用（英文）训练的方法，到2008年提出（英文），一直到2012年最早这个东西不算干什么用，就在这个（英文）来做比赛，这个比赛一下就觉得第一。这个就是取得比较大的突破。这几个代表性，一个是做图象的CNN，你简单来讲CNN就是我们图象处理用最基本方式。RNN对时间序列数据进行梳理，再到DBN做的无监督训练，再到SAE，以及近两年更热的GAN。这些技术我们说本身并没有发展到非常完善的程度，有很多的问题仍然需要进一步的解决。

我们再从另外角度看强化学习历程，最早五六十年代都已经有强化学习早期算法在里面。强化学习跟统计学习最大不一样在哪呢？统计学习我们说是一个基于试教的学习，强化学习是一个试措的学习通过环境得到奖赏，得到一个求解认知方式。这个跟本质上团体学习有非常大的不一样。这里面最大问题就是说强化学习在工业上的应用或者在真正我们在用到实际当中里面，我们说原本模型简化太简单了，用（英文）进行建模，实际当中问题往往都是高维独，这个思路在2000年之前大家都这样做，只不过你用什么样的方式，用决策数还是用神经网络，无非就是这样一个东西。而这个东西现在来看大家不会用别的，只会用一个深度网络。我们看一下（英文）动态规划到1992年的（英文）提出来基本上代表这个算法本身来讲成熟了，就可以作为一个学科在发展了。但是到2000年之后的话我们才开始发现有更多一些（英文），从1999年，2009年就把一些（英文）问题结合起来，得出来一些相关算法。深度学习结合在什么时候？（英文）第一个人提出来，2013、2014年的时候发表（英文）文章，到2016年的（英文）提出来。三年时间用神经网络跟（英文）结合将近有十几年时间，大家一直在黑暗当中摸索，不知道能走向何方。这是一个简单的一个架构就不去多说了。现在基本上谈深度强化学习都以DQN模式，大家做一些贡献性的改变，我的学生也在做，所以觉得很无趣，所有地方科学性的东西都被别人做了。

这是另外一条基于策略的不多谈了。这样简单讲一下（英文）简单变化，2014、2015年文章就算科学技术再怎么反对他，工业界就是好用，所以我们也就是转过来用所谓叫（英文）理论问题。本身Alpha Go技术就是分线下学习和在线对应，线下学习通过一个监督学习，然后去学一个方法，再通过强化学习调这个网络，这里面一共有三个神经网络，每个网络有一个学习方法训练一下，最后拿这个网络训练在线下。最早不用一个视觉，不用视觉感知，用48个局部特征，这块棋有多少个，来做一个线性回归，这样做完之后，预测准确率接近60%，本身60%不足够，所以必须再用强化性的方法去调。大概是这样，调完之后就可以达到80%。这个就不去再谈细节了。Alpha GoZero有一个根本性的改变，我总结了一下第一个完全抛弃人类棋谱，不再需要监督信息，第二不需要人工特征，第三就是几个网络也不需要，只要一个神经网络，整个网络结构是基于一个深度的残差网络，而不是基于CN网络。大概就这样一个变化，所以这种模型比刚才架构要优惠的多。

最后跟大家介绍一下未来技术是什么，尤其在最近美国人又在对中国，我们还在想我们还是一定要再去跨越，第一个技术我们叫做迁移强化学习，也就是说我们经常会想我们从小被老师教育学东西举一反三，到底怎么样机器举一反三，或者训练一个Alpha Go无人驾驶它会吗？这里面我们就会讲什么样的任务能够迁移，迁移什么样的东西，如何实现迁移，人学会骑自行车，那自然而然就会学骑摩托车。这里面有一系列的方法在开始尝试，现在都还没有真正从理念上，技术体现上做一个完整架构。第二个多智能体学习，像无人机的协同，交通路口信号灯要采用集中式的控制，协同问题除了谈的通讯上的问题、网络上的问题，更大问题在哪？是在技术上的。为什么讲技术上呢？我举一个简单例子，在分布式一定会跟（英文）结合起来，（英文）大家知道计算是一个（英文）的问题，现在三个人要算纳税均衡，达到上百上千里面去做没有办法做这是一个很大的困难。这件事情图里面谈到国际上基本上采用（英文）作为测试场景，我们也在弄，但是总的来讲大家关注点会有点差异。目前来讲的话基本上大于3的冷扑机器是吓不过人的总的还是计算上会有问题。今年指南我们也在提可能会给科技部提人工智能经济平台。这个事情本身回到科研上来讲又是一个多层一体强化学习的问题，有一些新的方法出现。大家都会说高老师谈的问题是不是在游戏场景里面吗？我下面会说几个。

这些案例我就不方便透露是什么企业，什么出来的，但基本上大家可以看到强化学习在工业界应用面已经呈现出一种爆发的态势，这个不是一个电路板的布线，这是光纤，这个就是一个非常复杂分化的问题，以前靠工程师经验去调，现在有没有方法，在传播上或者算法上能够直接做自动部件。第二跟通讯网络有关的，各位做网络同事比我清楚。我们不管是小区网络还是什么过一段时间告诉我上行带宽多少，用一段时间网络速度就下来了，怎么把QS静态位置到一个动态位置，怎么去做，跟业务流程怎么调这个东西，这个东西不是一个静态东西，而是做一个在线（英文）配置。

在5G里面，5G计算上怎么样做这样一个算法的调度，任务的调度等等这些都需要技术引入进来。军事上就用的更多了，军事对抗，电子干扰等等这些，实际上就是一个军事的博弈，你怎么拆除对方的战术战略，怎么采用更好方式制约你。

所以我最后总结一下，通用人工智能是什么？尽管近两年AI比较热，我们作为传统做AI的人，AI目前仍然有很多挑战，我们基本上看在AR复杂场景上是不能使能的，多人决策环境，像足球队，几个机器人来协作，还有大量货币行为，再有像分布式优化场景里面，当然可以觉得在技术上感觉学习技术或者多成技术可以用到这些场景来，但是没有一个好的体系来做支撑，这是未来要发展AI的技术。

最后我们说尽管我们到目前基本上可以认可深度学习也可以解决很多的现在一些场景的问题，但是我们说到目前为止只能解决人的感知和人质的问题。但是人的创造性的问题，在目前基本上解决不掉的，这是我们认为未来人工智能要有大的发展一定会有新的理念的出现。这是我的报告，谢谢大家。

丁国如：非常感谢高阳教授精彩报告。下一位报告老师来自东南大学的金石教授。

金石：非常感谢组委会给我这个机会来给大家报告我在智能通信中的一些最新研究进展。我今天报告题目主要是内容分成两个部分，一个是智能通信还有基于信息超材料无线通信，这两个都会和智能结合起来。我们介绍一下研究背景，大家都知道5G如火如荼去展开，研究非常热。其他也不用多谈5G以后大家都在讨论讨论6G。里面有一个很重要大家都离不开和AI结合这个是基本一个趋势。我提两个问题，我们移动通信因为我是做传输的，我们有两个问题，第一个能不能突破传统移动通信传输方法这样一个限制，这个图其实我们自己做通信的同学或者老师大家都很熟悉，是一个分块流程，得到这样一个基本架构，也用了很多年，我们从2G到5G这样一个流程，这样一个分化的结构是不是说未来能不能得到突破，能不能进行打破，把一些模块进行融合。能不能在传输方法上面进行突破。

另外方面我们移动通信这样一个硬件的架构，我们能不能得到一些突破这是两个方面，这里我们给出了一个经典发射机的图，这样一个结构有没有可能在新的这样一个人工智能材料出现以后得到一些新的发展，我们在这两个方面都进行了突破，这现在是我们很关心一个问题。

首先讲一下智能通信，我主要做物理层我谈的是AI能不能在物理层传输上面带来一些视野或者一些新的方法。大家知道AI很热各个层面上开始使用AI，这里我主要谈的就是RTT传输那一块。这些细节不谈了大家都很熟悉了。传输上面应用这是近年来我做的一些总结，深度学习AI更广泛，无线传输中已经得到了非常多的应用，左边这些实际上都是国际上面开展的各方面研究，实际上已经深入到从2017年开始深入到物理层传输上面去。讲几个例子。基于压缩图象恢复技术的毫米波束空间，这里面有一个带宽，能够提高更高传输速率，会出现一种新的硬件架构，频段高，出现所谓的混合，（英文）架构，模拟和数字混合这个架构，出现了，这种架构下面会造成一个等效性非常难以估计，而且整个的模型建模带来很困难，我们这里有一个基本问题，我们发现实际上在这个空间上面有系数性和群聚性，我这个信道转到时间和角度延迟的时候，实际上是从少数的路径里面来的。中间这张图路径又聚合在一起，又成了一个稀疏的分布，毫米波新的估计方法并没有关注到群聚特性，我们看一下做信道估计的时候把整个角度我们用了一些信道图象的方法做我们以前老的问题，怎么去做呢？我们采用图象里面图象恢复的方法，把这种方法直接诺到我们这样一个物理层信道估计历年来做，时间问题就不讲这个细节。按照这样一个步骤去做，我们整个每一个地方每一个方向上面，象素恢复出来以后我们就完成了这个信道这样一个估计，看起来像一个图象，其他空白地方没有能量的，这是一个基本思想。我们会得到一些结果，这个结果实际上都可以比传统我们通信里面用的，不看作图象我们有很大争议，那个蓝色线都是我们的效果，上面是传统方法。我们把信道参数看作一个图象处理的事情，把图象处理方法用过来可以提高我们信道估计性能。

这个工作基础上面我们进一步引入了这样一个模型驱动深度学习提升毫米波信道估计性能，我们还是这样一个刚才一样的模型，我们对噪声学习，对信道特殊学习预先没有办法准确建模的，在这样一个架构上面进一步引入消息传递的算法，这是一个传递一个经典算法，这个算法，里面带一个降噪器引入深度学习这样一个DNCN这样一个结构，这个结构通过我们（英文）学习把很多的噪声特性学起来，学起来以后嵌入我们这样一个算法过程里面，这个算法过程里面再在神经网络上展开，展开成右上交，每一次迭代展开神经网络，多层结合在一起就形成基于模型支持深度学习驱动这样一个信道估计网络，在这个网络上面我们得到了一些新的性能提升。也就是说我用这样一个降噪器知识，再嵌入到信道估计里面，最后得到性能大幅度提升。这里面实际上来源于图象处理里面基本手段，我们用到通信可以处理以前我们在通信里面很难处理的问题这样一个工作。

因为我们用类似想法做了一个MIIMO监测器，我就跳过去了。再讲一个例子，我们基于深度学习CSI反馈重建是我们基本问题，如何在用户这边，我们手机侧把CSI有效反馈到（英文）进去，以前做法采用（英文），把信道勾出来以后反馈到基站去，在5G以后遇到一个问题，计算天线以后整个这样一个信道估计包括信道搜索都变的非常复杂，我们提出一个新的方法还是基于我们对信道图象化处理，我们在想每一个信道这样一个图象，我们能不能用图象原理对信道进行压缩，然后传回到（英文），把（英文）恢复出来这就是我们一个基本想法。通过这样一个想法，我们构建了一个所谓基于深度学习CSI反馈思想，我们在手机那边把CSI勾出来，我们在那边做一个编码器，压出这个码字传入（英文），有一个解码器，CSI恢复出来这就是一个基本想法和我们通信做是不一样的。中间这样一个编码器通过深度学习积累出来再配置到（英文），这是这样一个基本思路。基本思路以后我们先后设计了CSI（英文）和CSINet，这个是比较完整一个结构，左边是我们信道图象进去，进去以后经过这个编码器以后会压成一个码字，通过中间红线反馈到（英文），那边通过我们网络实现一个深度连接之后，把整个CSI图象恢复出来，这就是一个基本思路，这个思路我们做了一些仿真，做了一些验证，可以发现比现有很多方法得到提升，不同压缩比，不同场景下面我们能得到很多更好性能提升。这个就是一个基本的结果，最右边是一个信道重建的结果。这样一个方法能够把这个CSI反馈问题进行一个很好的解决。

在这个基础上面我们又进一步考虑时域相关性，我们引入视频压缩这个技术，把我们整个信道变化进行一个视频变化，构成一个（英文）架构。这样一个工作最近还在继续深入，包括统一压缩架构，手机上怎么实现，这些都在做。这个CSI反馈也是我们AI和通信传输基本结合一个点，里面有很多工作可以深入去挖掘。这个基础上面，我们实际上这个结果就不讲了。

我们还去进一步想我们无线通信，你这样一个训练出来网络能不能在我们无线通信进行实现吗？我们搭建了基于（英文）系统验证平台，这个验证平台里面实现两种功能，做了两个事，接收端信道估计检测用一个（英文）做主要这样一个实现功能的，在我们开发多合服务器平台上进行实现。我们在这个基础上面，进一步融入我们自己设计基于专家支持神经网络辅助OFDM进行一个验证，发射，发射还是跟我们传统4G是一样的，只是接收这边，到FFT以后去掉CP以后把数据送入FCD网络，送入我们自己设计网络里面。这个和以前不一样，这里面我们尝试把神经网络带进去，看看这个神经网络训练过以后这些功能能不能全部实现，我们做这样一个工作。这个工作我们放在5G平台上去做右边是我们发射机，左边是我们接收机，左边这一块是一个服务器，这个服务器上面我们把神经网络用在C语言以及其他汇编语言进行一个实现，这个实现技术方面我们进行了测量，这是我们一个训练，我们训练这个网络，把整个配置放在这上面。我们能够发现这就是我们得到一些测试结果，MSI是我们传统方法，我们自己设计网络也好能够发现BER特性包括对环境适应性都得到了提升。我们也能够发现神经网络接收结也是在可承受范围之内的。我们这里也做了所谓视频传送，我们左边有一段视频发过来，通过空口接收下来以后我们就能够视频很完整解出来，可以在不同环境下面，神经网络训练过以后可以适应不同的环境，都能够工作，也就是说基于神经网络接收机，我们在通信上面可以完全实现的。

一个方面能够看到基于AI辅助所谓这样一个物理层实现的，是完全可能，还有硬件架构突破，怎么用人工电磁材料，我们在自然界中这些材料都是一个微观原子，仔细去看每个排列是无序的，我们可以产生一种人工电磁的材料，可以产生人工原子每个单位排列顺序可以进行重新组合，这样组合就能够实现用来操控电磁波实现一些新的功能，我从一个光一样打进来再从原路返回，从人工原子超材料可以实现的，这种特性以前是在所谓的天线里面使用，无线通信能不能实现呢？这就是我们做的事。我们这里面这就是所谓一块数字编码超表面，每一个小的单位都可以进行数字控制，可以控制实现0或者1，电磁波打上去以后反射过以后会产生一个相移，这样一个概念发现一个电磁波反射出来方向都会不同，右边那个图就是说一排是0一排是1可以按两个方向辐射，如果是一个棋盘格可以往四个方向辐射，告诉我们你的天线都可以用一些数字信号进行控制，从而实现意想不到这样一个辐射的特性，利用这个特性就能够产生方向图能够产生这样一个特性，这个特性我们这里给了一些例子，不同的（英文）产生（英文）能够产生不同这样一个天线辐射。这里面是一些细节就不去讲了怎么实现。

我们用这种特性能够实现一种新型收发机的结构，这边由于一个反射式的表面，我们反射是紫色的。我们通过可编程反射系数在时间上进行变化就能够把信息想调信息就直接调上去能够实现一种所谓新型收发机的结构。传统是左边的我们设计这种发射机由两部分构成，中间有一个板子，通过这样一个反射把我们的信息，比方说我们实现一幅图象，我们调出来，在信息表面上就可以进行一个调制。这种结构下面我们做了很多验证，FSK（英文）我们都做了这样一个实现，就是一个实物图，左边像天线板子一样就是超材料电线板，左边把一个视频变成1010的序列，再送到板子上以后，接收那边就能够收出来。这就是这样一个基本的结构图，接收端还是跟传统一样，这是FSK基本结构。QPSK怎么实现的，还是跟标准一样加上（英文）。这个基础上面我们能够实现这样一个所谓SISO，通过新型发射机发出来，调出来以后完整把视频解出来，我们能做基本法把那块板子一分为二。我们发现这种通过新型电子材料结合能够把天线把射频也进行一个结合，发现未来通信形态呈现一个新的形态，完全数字化以后可以带来给多想象空间，我们想一下如果把射频结构和AI结合起来能够更加灵活适应我们的环境开发出很多新的功能来这就是一个基本未来信息超材料方面应用场景。

展望未来，我们是不是在我们通信里面能不能结合无线通信特点，能够设计出2G到5G专家知识又融合我们AI强大能力设计出新型智能通信系统这是我们努力方向。第二个整个新型材料结合起来会不会有新一代信息系统的结构包括我们整个传输方案以及方法，这是我们另外的一个有可能研究方向。展望未来我们无线通信要和这么多方向结合起来，才有更多生命力。我们初步做的这些工作也验证这些领域和我们无线传输结合起来以后有巨大空间的。谢谢大家。

丁国如：下面是我们今天专题报告最后一位演讲嘉宾，南京航空航天大学吴启晖教授。

吴启晖：今天我就汇报一下我们团队另外一个非常想做的一个工作，所以说我们对背景、科学问题很好梳理，我们研究成果还是有限的，我们把前期一些研究给大家汇报一下。

我这个汇报大规模无人机集群智能自组网，宋老师无人机研究也比较深入，而且他那个主要是面向单个无人机的，我们未来大规模无人机群还是无论在军用还是民用都会有一个现实的需求。我主要是汇报四个方面。先是研究意义。我们可以看出，现在我们无人机用在哪些领域，一个是精准的农业，除了大江通用无人机以外，在专业无人机领域把军用抛出掉，农业无人机市场份额最大的，这个无人机还包括气象无人机等等，我们看看未来这个农业无人机也要集群化。第二个协同侦察主要是军事领域，还有一个就是抢险救灾，森林大火等等，用无人机去航拍比卫星要来的快，还有无人机也可以做应急通信等等。还有中间那张图就是快递物流，未来无人机用于快递物流还是一个非常广阔的领域，其实无人机还有一个对社会快递物流方面对社会也有不好影响的地方，那是在边境运送毒品。无人机运送毒品有优势，事先规划好了以后很难探索，以人携带毒品容易被发现，过海关的时候容易被检查出来，无人机现在为什么很难呢？难就难在现在是螺旋都是超材料，雷达打上去不反射电磁波，真正反射电磁波就是中间机心那一块，中间目标比我们人眼看到的目标雷达探索更小。

还有你就算抓到无人机你也不知道谁放的，这个边境影响还很大。还有饱和式攻击，未来作战就是无人系统，比如说无人机、无人机车、无人艇这些。我们看看无人机集群以后我们看看无人机会在自主化、智能化方面分成几个层级。第一个就是远程控制再往下自主航线的规划，我们南航520很多无人机组成520图案，那个都是事先把航线都规划好，然后现在考虑集群的协同。最后一个到第十是系统协同全自主，无人机这边怎么协同怎么自主是一个很核心的任务。协同自主基础我们觉得是智能自主，自主网主网形态从目前来看主要有三种，第一种就是预先配置，预先配置就是事先规划好，刚才说的运送毒品就是预先规划好。中间底下是一个实时集中控制，无人机之间并不进行通信，就像我们现在移动通信网络，手机和手机之间并不通信。还有一个就是集群自主网。我们可以看几种自主网的形态，自主网并不是新的内容，这种老早就开始研究了，现在自主网原来是传统的自主网还有车联网也是研究一个自主网的形态还有无线传感网，是用在无人机集群上，有几个指标，空间立体性，我们可以看到无人机比其他的话空间立体性要强很多，节点自主性，还有一个节点的移动性，而且是快速移动，因为我们有时候做认知，人家说我们一秒钟能够飞出去几十米，那你如果传感，感知时间是一秒钟可能都不是在一个环境感知数据。还有环境动态性或者说任务的动态性还有资源稀缺性。

一个挑战之一就是网络环境态势多域立体感知，无人机面向任务，面向任务的外部的网络外部环境感知是比较缺乏的，我们现在网络整个形态要根据外在环境变化，这是一个。第二个方面还有网络的内在的环境感知，内在环境感知右下面那个图，未来的无人机群可能是很大，我们现在很多成千上万鸟群就是这样，院士就说了这个鸟有时候智慧比人还要聪明，集群的时候鸟并不会互相碰撞，但是人还是出现踩踏的事情，通过认知协同自己的行为。这是一个内在环境，同时我们还有一个态势语义，这个态势到底表达了什么含义，这个方面研究也相对比较欠缺一点，还有我们说的推理预测，从人工智能角度来说有三个层次，一个是数据归纳，第二个是知识演义的推理，第三个直觉顿悟。

挑战之二就是大规模网络动态接入中资源决策优化。我们看一看无人机，无人机和我们现在传统的电信网络或者移动网络不一样，不是手机和基站这种模式，里面分很多的处，无人机里面还会分成，除了逻辑结构分成空间结构上还会分成，接入相对比我们系统要复杂的多，同时还是一个耦合关系。还有一个就是信息，很多信息是不完全，不准确，进行决策优化。这个里面我们研究通信基本上协议是一个静态协议，基本上是不变的，但是在无人机不同阶段，比如说起飞阶段，飞行阶段，完成任务阶段完成协议都不一样，所以这些协议要进行决策优化。还有挑战之三就是四维时空网络路由连接，现在网络路由研究多半是平面的网络，未来可能是一个立体这样一个网络，你怎么进行寻找这个路由还有无人机节点是高速移动的还有一个很突出的特点，这个路由不仅仅是我们通信领域的事，右边这个图那个是一个障碍物，障碍物想实现这个通信，可能无人机可以很快绕过障碍物，这个路由和航际路由结合起来，这方面研究的时候才真正感受到我们感知、认知、决策和控制也是密切关系的。以前我们通信领域控制是很简单一个事情，但是其实到无人机特别我到南京航空航天大学以后发现无人机导弹这些结合了以后控制也是一个非常重要的问题。这个路由不仅仅是通信领域的路由，还包括和航际这样一个结合。

针对于这样一个三个方面技术挑战，我们国内研究很多正在起步，基础激励性研究还是比较缺乏的。研究内容和科学问题，刚才说了一个是这种多域态势感知还有动态网络接入还有四维时空路由，可以看出里面包括频谱、节点位置、联通关系、网络拓扑等，多域立体网络态势，在无人机要求里面可能对快速要求更高，还有网络接入组网资源调配，这个接入里面会考虑飞行速度等等，科学问题二就是网络资源快速稳健的决策，一个要快，第二要稳健，还有网络路由，这里面有路由表，最终除了四维时空以外，稳健以外还要低功耗，因为无人机的巡航时间是非常重要一个指标。研究的内容主要是准备从这几个方面研究，一个是抓住空间的立体性，环境的动态性还有节点的移动性，进行主网激励这方面的研究。然后从事具体一个感知，感知对于接入和路由进行智能化信息输入，同时接入和路由形成一个网络体系，最终主要是利用群体智能提高大规模无人机群自主协同这样一个水平。

这个内容一个是怎么实现组网，具体内容群知动态系统模型还有无人机的联盟这样一个激励，刚才Tony Q.S.Quek老师说的，可能和联盟不太一样，含义都是一样。还有网络风险控制，因为无人机出去以后，一个会遇到机械等等这些问题，会有风险问题，还有作战的时候可能无人机出去一千架，可能会损失四五百架，怎么预测风险这个问题。这个是我们前期有一些研究，一个是在认知动态系统这方面做一些研究，还有联盟就是我们这个联盟是激励，主要是指无人机的组网还有小规模认知风险这样一个控制。第二个就是群智感知，主要是网络离散状态的获取、全局形势推理、还有网络演化趋势的预测等等。我们前期主要是做了一些非法无人机信源感知还有联通关系推理还有评估演化预测。第三个是群智决策。这个里面包括一些快速资源决策，稳健资源决策，还有自主学习（英文）这样一个框架。后面一个是群智的路由，包括联盟主干选举统一路由数量等等。还有动态速能调整。

最后一个半实物仿真验证系统，整个集群规模控制在200架，这个200架目前还是想网络的这样一个，实物不少于16架，协同多视觉，多角色。这个里面无人机实物接入，无人机仿真。这是研究基础，我们南航目前在无人机领域总共有6大类35中机型，我们很多无人机有直翼，旋翼。这个是我们全校，我们也参与了一个异型异构，这是一个比较大的项目，这个里面我们可以看出需要进行大场景高精度观测，还有多视觉，频次的观测还有立体化这样一个观测。我们团队正在做无人机自主网络，还有一个我们做这个网络我们有南京溧水还有安徽三界实验场景。我们还在做无人机查找黑广播，这个目前和41所还有国家评估中心一起在推进这个，以那个为基础我们也拿了国家重大仪器项目，我们想研究第一台会飞评估认知。这是我们做3D评估探索，同时右边那个是一个架构，无人机和融合一个架构。

这个是我们总结情况。也欢迎大家能够关注我们的网站，谢谢大家。

丁国如：非常感谢吴启晖教授精彩报告，我们第一环节专家报告环节主要专家报告已经结束，我们稍候进入第二个环节圆桌会议。让我隆重介绍一下圆桌会议另外一名嘉宾，这位嘉宾是四川大学徐泽水教授。

吴启晖：刚才听了很多演讲嘉宾的报告，感受还是挺深的。我们这个讨论今天这个主题主要是人工智能和未来网络，我就想请教一下各位嘉宾，未来网络比如说人工智能对未来网络安全会有什么样的影响，还有就是对传统方法会带来什么影响。请马老师给我们讲解讲解。

马华东：非常感谢，感谢，实际上这个（英文）选的非常好，未来网络大会不和人工智能一起讨论讨论好像前沿发展没有接上去。实际上在网络利用人工智能我觉得是一个自然事情。人工智能高阳他们专门搞人工智能的，实际上从我这个角度搞物联网搞了十几年，还有多媒体，这个是我的主阵地，但是多媒体里面用人工智能用机器学习一直在用，网络用人工智能是这些年开始用，因为人工智能本身就是叫辅能工具，是一个基础性的方法，所以说在我们用是很自然的。当我们这个网络特别是我物联网遇到瓶颈的时候，我们尝试用新的手段解决问题。人工智能本身因为最近这个发展比较快，突破的一些瓶颈的提升，把不可能变成可能了，这样一个背景下现在结合我们网络去用肯定可以对我们网络，网络本身问题带来新的解决思路，这些解决思路可能是比较简单的，但是我认为可能是有些就是一些量变，但是量变说不定会引起质变，引起质变就会发生颠覆性的变化，像我们下棋一样，突然有一天下过人，下过人了以后那就不一样了，机器能力就发生了本质的变化，我想物联网包括整个大的网络，我们原来可能遇到瓶颈问题如果和人工智能结合，遇到一些烦琐问题，后面说不定可能对我们网络下一代网络会产生颠覆，这是我个人的一些看法，觉得必须结合，结合到什么程度，那就得看你的具体什么场景，因为人工智能有很多方法，刚才我讲人工智能2.0实际上提出八个方向，有些是通用技术，有些是专用场景，当然除了这八个方向还有没有纳入进来，实际上是泛人工智能方法是很广的，选择合适的方法是一个很好的事情。我就讲讲这么多，谢谢。

吴启晖：马老师说人工智能最核心是在于赋能，增强你原来的很多的能力，而且也是感觉到在我们通信领域，昨天我还学了一个词叫不时髦、没特色，如果无线通信或者无线网络不研究一下人工智能就是不时髦后面也没有特色，所以这个其实从另外一方面人工智能深入到各个行业包括我们通信行业网络行业。在研究人工智能的时候我们会想，特别是车联网，现在华为对车联网也非常关注，这个车联网非常关注我们就说这个人工智能如果不听我们的怎么办或者是这样会不会造成一些安全性的问题，我们请冯老师。

冯志勇：这个问题有点难回答，首先从这几年，我是做无线的，从我感受讲一下无线通信跟人工智能结合，我最早做的时候有两个博士，让他们去研究比如说车联网当中做计算机视觉，解决视频处理这样一个过程，后来做了一年多，我意识到就是说问题在哪呢？如果我做比方说完全面向人工智能领域计算机视觉这一块，用人家人工智能强化学习深度化学习解决问题的时候，我永远做不过高老师和徐老师，你不是这个领域的人永远不可能从这个年龄很难成为这个领域专家。因为刚才我们吴老师说了你不做人工智能就不时髦，是从说法了，但是从做法上不和人工智能是错过了一个时代。怎么结合？后来我又重新思考，站在自己本位上你是做什么，这个时候怎么跟智能结合，我想到就是用人工智能方法解决未来网络解决不了的问题，不是把这个算法挪过来替代算法，提高一点性能，而且说有哪些问题解决不了，我现在做雷达信号一体化处理的时候，空中所有这些东西认为没有噪声都是信号只不过你没有能力去处理，原来我们计算能力不够，智能性不够，这个发展就像我们器械发展一样，后来因为能力强，移动通信发展大块得益于集成电路的出现，大规模才能了有CDMA，现在无线通信也到了这么一个场景，比如说空中通信把自己信号取出来现在能力强了，不止自己的信号还有别人的信号。这就是怎么结合一定是出于这种方法，如果遇到问题的时候，这个工具人工智能算法或者什么，有问题我再请教吴老师、徐老师做学科交叉这是思路，还有吴老师刚才出的题目，人工智能对无人驾驶这种影响，因为现在我也在参与国家“十四五”交通领域规划，我作为网络通信专家在里面，讲的第一个就是安全性，其实国家站的层次更高，去年年初的时候几大部委联合，无人驾驶能不能从国家战略上怎么做，因为涉及安全性，一方面有这种交通本身的安全，还有信息的安全和国家安全，其中一个就是说特斯拉要进中国要建厂要做车，这有无人驾驶，无人驾驶的话你要对不对他开放，允许不允许他在中国做也涉及到国家的安全。我们在讨论的时候其中一个也就是说在可控情况下，尤其对交通安全，对信息安全或者对国家安全，比如说最主要国家安全就是高精度图这种信息的泄露，这种时候一定在可控范围内做这种事情。

这个实际上跟立法结合，因为涉及责任，涉及你追责的问题，包括现在远程医疗，远程医疗只能是远程诊断，但是做手术这方面还不敢用智能或者5G实现，一旦出现问题医患纠纷这个问题算谁的，就说不清楚了，应该是跟法律层面，跟人文层面同步发展，现在交通领域里面无人驾驶这一块目前可控范围内可以，也就是目前最不现实是辅助的，辅助提高安全性效率这种方式，技术达到一定水平的时候再往下发展。谢谢。

吴启晖：冯老师我觉得又有三个新的收获，一个研究人工智能，要把人工智能和我们原来从事专业紧密结合起来，泛泛研究智能，人工智能也分为人工智能机理本身和应用，我们这些领域更侧重是应用。第二个就是人工智能发展如果为了安全应该在可控的范围，不可控有一个经典例子，波音737，这个软件最后控的不让你飞行员控他，最后出了危险，所以还是要在可控的范围。刚才高阳说了通用人工智能，但是通用效率会很低，高老师你怎么看这个问题？

高阳：吴老师不按常规出牌，跟我预约的不是这个话题。我先把我想法补充一下，冯老师刚才说的很清楚人工智能应用到一个世纪场景的时候，如果说怎么去真正如果说是一个可控的话这个技术是用的怎么理解这个事情呢？换句话来讲我们人是这个地球上最有生命，我们沙发桌子都是人制造的，但是看这个不会觉得对人有威胁，我们人造的车我们驾驶它，控制它会按照人意愿去行驶，但是什么时候你会觉得你失控呢？你会发现人控制不了它的时候，现在计算机按照这个体系架构所有程序是我们人编写的，所以我们人是可以清晰的确定他的行为是预期的，所以在这种情况下是一个可控的。但是一旦我们把程序写错了或者有某种意义智能，让它觉得人跟不可控的时候才会觉得是对我们人类有威胁的，这涉及到人对自身一个认识，就是人怎么理解人本身和理解客观世界动物本身，这个关系是什么。

所以我们看到一个机器人跟你打招呼，你会觉得很好玩是一个玩具，但是什么时候会变的很可怕，如果突然做一些你想想不到东西的时候你会觉得很可怕，所以这种情况下好多智能到什么时候可以说脱了我们人限定的时候会对我们人类的社会产生危险，但是这个事情认识我们现在还不清楚，所以人对自身造了一个物件这个行为超出人可以预期的情况下，一定对人类本身有很多危害。

第二个问题，当通用人工智能包括我们现在也强调，特别很多现在基于统计学习模型，在场景落地的时候都会很不好用，不管是做人脸识别，你在实验室用数据集确定出来的（英文），在实际场景会发现很多实际数据跟你的实验室的数据是不一样的，因此就是说很多自然而然想到我要做一个在线的模型，实际当中不断进行尝试，所以这种技术发展会逼进人和物自身这样一个动力和相互之间认知的关系，自我学习会不会突破你对他的理解，这个问题是打问号。刚才吴老师说的，在技术发展一定要让封闭场景的单一领域的这样一种智能技术是要有跨领域，开放程度，更通用化的，现在完全是通过一个封闭的数据集圈定这样一个方式，而不能再一个开放环境里面自我不断改造真正实现像人的一种学习的程度。

现在这个效率可能是低的，但是个人认为会在未来应该是可以看得到的一时间技术可以突破，让我们模型在实际过程中做的越来越好。当你碰到边界的时候我们人会不会感到人类本身的一个东西。这是我的一个回答，谢谢。

吴启晖：感谢高老师，高老师又让我想到如果一旦从专一的智能、单一的智能，非常强的智能走向比较厉害通用智能的时候我们人可能对他应该感觉到恐惧了。所以说确实高老师帮我们很好梳理了一下，有一次我和李得义（音）院士交流，我说未来机器如果比人还厉害怎么办？机器人是造的，那我说机器是聪明人造的，聪明人也会去世的。

冯志勇：机器能力比我们人强是肯定的，我让他强可以跑得更快，算的更厉害，但是人跟技术发展到，机器发展成了边界我看不见的时候我们对未知的程序才会有恐惧。

吴启晖：我明白，美国打压中国估计也是这么一回事，你不知道未来边界在哪里。金石老师在我们这个领域做的非常棒，信息材料方面也有一些拓展，最近担任东南大学研究生院副院长，我看他对人工智能对人才培养方面会产生哪些影响。

金石：我上任也不久，大概一个月，我感觉到跟我以前差距很大，发现一个很明显的特点，因为国家在发展要求我们民生工作要展开一些新的思路，要培养一些真正具有创新的要领军人才，为我们国家发展，我记得前两天看任正非讲话特别提到教育的事情，我们能不能做出一些和美国对抗，做一些事情，我的感觉就是说能不能特别是我们学生和我们新一代这些学生能不能有一些创新性的思维要颠覆以前想法，这个很重要。我自己体会我们从2017年开始我们无线通信做的比较多，我刚才从1G到5G基本上在传输上面是没有人工智能我们也发生到很好，我们发展到5G，5G能力也这么强，大家一开始都是有不同看法，觉得我们为什么在这边引入这个东西，我是觉得当时我们做这个事情，刚才吴老师讲，总是要有一点新的思路做这个事情，发现越做到后面那些东西都是表面，今年（英文）大部分都是智能通信，也就是说要大胆做一些学科交叉和尝试。这段时间不仅我们东南大学研究生改革，下一步方向人才从我们体系里面出来，后来我到新的岗位以后看他那个方面论文，包括研究生教育我发现日本就有很好培养策略，一个硕士或者一个博士进来，可能是五个指导教师联合指导，把研究生培养就分成领军型人才，这个给我一些启示我们做科研也是这样，我们未来实际上很多人才培养也要考虑这些问题，我们能不能跨学部甚至跨领域在一起去做这个事，这是给我的启发，徐老师也是我们东南大学兼职教授，去一些新的培养目标。吴老师给我出的题跟这个没有什么太大关系，但是告诉我们在科研要交叉，人才培养更要交叉。AI只是大的方向里面一个方向，刚才吴老师讲的（英文）控制全部融合在一起，这个未来天地是非常广阔的，我们能够去发现新的学科方向甚至我们在一些领域里面我们能够实现对美国一些超越，我们这个都可以去想这是我的一些体会，在未来工作也会推进这方面工作，创造有可能一些机会，我的感觉是这样的。

吴启晖：金老师虽然上任不久，但是我估计看这篇文章也不少，我们在座有可能一部分也是学生，学生在研究过程中要大胆创新，要进行新的思考，包括学校的这种整个管理可能也要围绕这个进行一些，刚才徐老师一个他是人工智能领域的，但是我们这边估计在座老师或者学生可是没有经管领域，但是他是经管领域教授专家学者，所以请徐老师讲一讲跨界，交叉融合。

徐泽水：非常感谢吴老师提供这个平台，也非常感谢有这个机会跟大家交流。吴老师说我管理，当然我听到各位专家报告虽然方向不太一致，有计算机、通信，但是他们共同特点就是决策，虽然我是搞决策的，（英文）很广计算机，模糊决策、工程技术范围很广，说明我们决策用的地方太多了。我从1996年开始做决策，批号也是非常广，后来做了个模糊决策，模糊决策创始人是（英文）教授，在座老师同学也许知道，（英文）教授很著名，人工智能大师，1965年开创模糊数学这个领域，应用次数几十万次特别在人工智能领域很多，当时提出模糊数学就是数学方面，后来描述客观现实人的偏好，但是他是0到1之间所以计算机用的特别多，后面发展就是以模糊智能模糊控制，还有模糊决策。模糊控制和人工智能离不开的，而且人工智能离不开模糊控制。如果离开了不称为人工智能，所以我做的方向和人工智能非常相关的。第三个后来做了语言决策，（英文）1975年发了一篇文章2万字了，语言决策在日常生活中太广泛了，涉及到语言这些方面都是模糊这一类的，所以模糊决策也用的非常广泛，在认知决策，所以第三个阶段就是模糊决策大量的工作。最近也是大数据决策，所以我们决策非常广泛，我们是用了两个方面，一个是申报重点积极，大数据医疗这个方面，大数据环境下智慧医疗，最后申报大数据购买经济又是一个重大项目。这些方面每个专家基本上都用了，后面涉及到智能决策，智能决策更广泛了，智能认知各方面，我们要说的东西非常多的，我这次来也是一个很大，我希望后面我们专家同学合作一下。

后面和华西医院结合，和各位老师结合，我研究生这么多到底有什么用处，是不是连在一起，我希望找到实际应用背景，我也学了不少东西，希望在座老师和同学都能够有机会合作一下谢谢。

吴启晖：刚才徐老师从1996年开始研究决策，其实更聚焦于模糊决策。

徐泽水：日常决策用的太频繁了，模糊决策应用也广泛，还有就是决策优化的方法，用计算机，为什么拿到了（英文），一方面发明太多，计算机（英文）发表文章50多篇了，我在（英文）做了大量工作，所以也比较认可。

吴启晖：我们又感受到我们徐老师咬定青山不放松的东西就是模糊决策，也有赶时髦的东西大数据经济下的模糊决策。

徐泽水：我一直在赶时髦，我做的领域我做的很多方向都是走在前面的。

吴启晖：所以说让我感觉到坚守你的主线和赶时髦不矛盾。Tony Q.S.Quek老师来自于新加坡，也是经常和我们进行一些交流，给我们吹了很多新风，也想了解下新加坡在这个领域人工智能和通信网络这方面研究交流这个情况。

Tony Q.S.Quek：我谢谢吴老师邀请，然后也要跟观众同学比较抱歉，我PPT跟其他专家比起来差了很多档次，所以我想要抱歉一下。然后讲到原来问题就是人工智能，其实从新加坡的观点，新加坡现在我们市场很小，所以不管是在政府和高校可以看到最近我们频频活动比较多，我们总理这一周在上海也是要中国要推广江苏这一代，总理也要建立跟人工智能有关系的合作我自己本身，因为我是负责学校人工智能，你有了这个职位就要跨领域不仅局限于网络和通信，然后我们现在想法是负责四个方向，刚才我讲为什么要做分布式，我是觉得很多分布式不管是车联网、机器人架构我们可能真的要离开那种集中式大量数据（英文），因为消耗能量太大了，这也是在这个过程中学到这也是一个很好方向，然后跟机器人交互跟ACM里面大量人跟（英文）跟电脑这三个最好一个是什么？要了解，因为不了解彼此就有问题控制不了。还有基础，我们要坚守基础，我发现就是说在美国教育和日本教育学的时候，日本讲究时髦，美国讲究基础，所以我们还是要回到原来很多基础上面的问题，要去坚守做基础的问题，至于南京方面，我们现在布局就是准备在建邺区跟科达讯飞建立一个人工智能研究中心，我们发现数据是一个问题，虽然新加坡说要开放这个数据，但是跟国内不一样，他想要做一个智能但是和数据没有办法融合，所以我们说那边很难做不如我们跟南京做，最主要是培养学生，最终希望我们新加坡的学生老师和企业能大量来国内发展。因为我们总理也讲了你不能停止中国发展，这是一个大的方向，必须要让学生知道不能因为美国压迫放弃这个大方向。

吴启晖：Tony老师也给我们讲了数据和智能这样一种关系，确实智能离不开数据。这个是在国内，所以说这个事是好是弱说不清楚，昨天徐平（音）老师说了，中国视频接线头很多，国外很少，国内隐私保护相对弱一些却推动了人工智能发展，这个到底哪一个择重点比较好，这不是我们考虑问题。Tony 老师讲了学校发展思路对我们也是一个很好借鉴。让我们再一次热烈感谢几位嘉宾。在这我也代表我们组委会感谢各位老师和学生的聆听，特别是感谢你们坚持到现在，如果下次你再和我们这几位嘉宾交流在网络人工论坛上我是坚持到最后的，然后再交流，这个效果会更好。谢谢大家。