

详解：为什么集群无人机是趋势，以及，它的关键技术是什么？

（上）

本文作者： 知情人士

2016-11-08 12:03

导语：集群技术可能是无人机技术发展的下一个重要热点。

雷锋网(公众号：雷锋网)按：作者萧殷，泊松技术联合创始人，关注无人系统自主、自治技术与人工智能。本文是作者基于无人机大神Vijay Kumar在雷锋网CCF-GAIR上发表的5S理论上做了延伸，详细探讨了集群无人机的关键技术和优势，并预测，集群技术可能是无人机技术发展的重要热点。内容较长，分为上下两篇，本文为第一篇。

引言

作为一个发展速度快、迭代周期短的领域，无人机技术的趋势一直是业内讨论的焦点。

今年8月，在中国计算机学会主办，雷锋网承办的CCF-GAIR峰会上，被称是无人机大神的Vijay Kumar教授提出他的5S趋势理论：Small（小型），Safe（安全），Smart（智能），Speed（敏捷）和Swarm（集群），与一直被广泛研究的前四个S不同，Swarm集群技术目前还主要在学术界和国防领域受到关注，集群智能（Swarm Intelligence）作为一种Game-Changing的颠覆性技术，一直被中美等国军队视为无人化作战的突破口。

最近，在珠海航展上，中国电科CETC披露了我国第一个固定翼无人机集群试验原型系统，实现了67架规模的集群原理验证，打破之前由美国海军保持的50架固定翼无人机集群的世界纪录，该成果由CETC电科院、清华大学、泊松技术携手完成。结合今年Intel团队100架和500架多旋翼无人机的震撼空中灯光秀，我们已经可以看出无人机集群技术发展的端倪，甚至可以谨慎地预测，集群技术可能是无人机技术发展的下一个重要热点。

概念与起源

集群行为（Swarm behaviour）、或者群行（Swarming）是一种生物的集体行为，最典型的例子是外观上看起来一群实体聚集在一起兜圈或朝特定方向行动。生物界中的昆虫、鸟类、鱼类、水生动物、人与细菌都会出现集群行为。

机器人的集群技术的灵感来源于自然，正如上世纪初发明飞机就是受到了飞鸟的启发一样，无人机集群概念起源于古老的昆虫蜜蜂，蜂群内分工明确，个体之间存在着丰富有趣的信息交流语言，社会行为丰富。

早在1亿2千万年前，蜜蜂就以集群的方式在地球上，每个蜂群由蜂王、工蜂和雄蜂组成，蜂王通常每群只有一只；工蜂自数千至数万只不等，雄蜂一般只在群体需要的季节里才存在。宋代诗人戴表元所作诗词之



知情人士

编辑

发私信

当月热门文章

最新文章

机器人能为人类创造新工作？  
国机器人产业发展及展望 | W  
2018

王田苗教授：“科技”不偷  
炒概念，智能大使学院将打造  
技创新“新硅谷” | WRC 20

RoboMaster 2018：机器人  
者」竞技是明星工程  
的起点 2

用AI赋能教育，ROOBO发布  
童智能平台「童秘」

归墟电子发布叮当小博士机器  
人，主打幼小衔接教育需求

闪耀鹏城！中外AI业界最拉风  
新品都在这里展示了 | CCF-C  
2018

热门搜索

iPhone

投资

一《义蜂行》中就曾写道：“朝朝莫莫与蜂狎，颇识蜂羣分等差。一蜂最大正中处，千百以次分来衙。”在概念上，与鱼群、鸟群、蜂群、蚁群类似，机器人的集群行动也可用此术语描述，因此我们创造了无人机集群即UAV Swarm的概念。



从抽象的角度来看，群体行为是大量自驱动粒子系统的集体运动。

从数学模型的角度来看，它是一种突现（Emergence）行为，即个体遵循简单的运动和逻辑规则，不需要任何有中心的中央协调，而又能自然而然的呈现群体特征。

集群行为也被物理学家当作一种非热力学平衡现象加以研究，他们需要研究新的统计物理学工具来对付这种非热力学平衡系统。在理论研究仍然不着边际的80年代，数值计算科学家首先用模拟程序boids在计算机上模拟群体行为，该程序根据一组基本规则来模拟一组简单智能体的运动，这个程序首先用来模拟鸟类的集群行为，后来也被用于研究鱼类和其他集群动物。

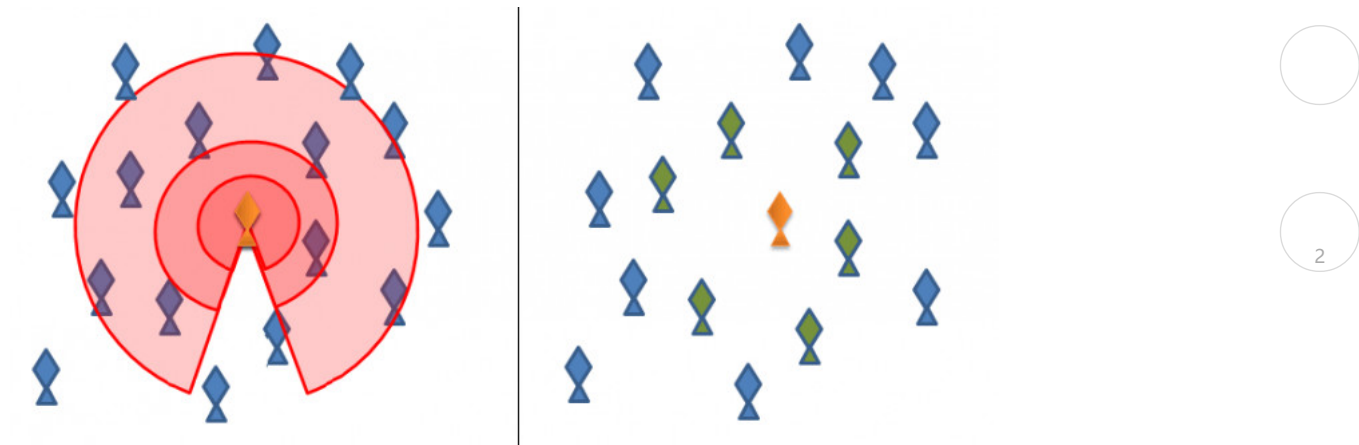
数学模型

最简单的集群数学模型只遵循如下三个原则：

- 1、个体沿着邻居相同的方向移动
- 2、个体保持靠近邻居
- 3、个体避免与邻居碰撞

例如，下图左边是鱼群的度量距离模型，每条鱼都排斥近距离范围的其他个体；跟随中等距离的其他个体；吸引较远距离的其他个体。

下图右边是鱼群的拓扑距离模型，每条鱼只关注距自己最近的6~7条鱼，而不管其他较远的个体。



共识主动性 (stigmergy)

在集群智能领域的一个关键概念是stigmergy，即共识主动性，是智能体或行为之间的间接协调机制。

观察蚂蚁：它们是非常普通的动物，通过分布路径上的信息素来相互交流，这让它们看起来很聪明。共识主动性不需要任何控制或者代理间的直接通信，就能产生复杂流程。它的原理是通过动作留在环境中的轨

联发科

Lumia

硬创公开课

skype

创享会

小程序

中国联通

Moto 360

美团

迹刺激下一个动作的执行，随后其他个体的行动连贯而有序，前后协调共同完成复杂的工作， Stigmergy 是一种自组织的、有系统活动，它产生复杂的，看似智能的结构，不需要任何集中规划，控制或甚至也不需要个体之间的直接通信。因此，它支持极简单的个体之间的高效协作，确保简单生物体在缺乏任何记忆、智力、沟通甚至彼此不能互相意识到的情况下，也能完成复杂的集体协调任务。

集群智能 (Swarm Intelligence)

集群智能来源于群居性生物通过协作表现出的宏观智能行为，具有分布式、无中心、自组织的的特点。从1991年意大利学者Dorigo 提出蚁群优化理论开始，集群智能作为一个理论被正式提出，并逐渐吸引了大批学者的关注，从而掀起了研究高潮。1995年，Kennedy 等学者提出粒子群优化算法，此后集群智能研究迅速展开，自Gerardo Beni和Jing Wang于1989年在研究细胞机器人系统时引入这个概念开始，集群智能开始广受AI领域的研究者关注，并以不同生物命名了一系列算法，较为经典的粒子群、蚁群、人工鱼群、文化算法，到最近几年比较新的混合蛙跳算法、猫群算法、蟑螂算法等等。

集群智能的特点包括：

- 1、控制是分布式的,不存在中心控制。因而它更能够适应当前网络环境下的工作状态,并且具有较强的鲁棒性,即不会由于某一个或几个个体出现故障而影响群体对整个问题的求解。
- 2、群体中的每个个体都能够改变环境,这是个体之间间接通信的一种方式，即上面提到的共识主动性（Stigmergy）。由于集群智能可以通过非直接通信的方式进行信息的传输与合作,因而随着个体数目的增加,通信开销的增幅较小,因此,它具有较好的可扩充性。
- 3、群体中每个个体的能力或遵循的行为规则非常简单,因而集群智能的实现比较方便,具有简单性的特点。
- 4、群体表现出来的复杂行为是通过简单个体的交互过程突现出来的智能( Emergent Intelligence) ，因此,群体具有自组织性。

机器人集群

将群体原理应用于机器人称为群体机器人，而集群智能是指更为通用的算法集合。研究人员为成千上万的小型机器人的群体行动建立模型，研究使它们一起执行任务的算法，例如找到隐藏的东西，清洁大楼外墙或协调搜集信息。每个机器人只具有相当简单的功能，但集群之后的群体行为则相当复杂多样。整个机器人集群可以被认为是一个分布式系统，如蚁群一样成为一个具有集群智能的超级有机体。

到目前为止最大的机器人集群是由1024个机器人组成的Kilobot。其他有代表性的集群项目包括iRobot群、ActivMedia的Centibots项目和开源的Micro-robotic项目。机器人集群能够提高故障冗余度，单一的大型机器人可能会因故障失效而影响任务执行，但是集群中即使有几个机器人失效，集群整体也能继续工作不影响工效，这一特点对于执行空间探索任务特别有吸引力，因为高昂的成本带来的单节点失效常常导致昂贵的损失。机器人集群包括地面机器人集群、空中机器人也就是无人机集群、水面和水下机器人集群等多种形式。

例如，奥地利Ganz人工生命实验室的研究人员发布了世界上最大的水下无人机群：CoCoRo自主水下航行器集群。该项目由Thomas Schmickl领导，由41个水下机器人（AUV）组成，可以协同完成任务。



这些研究人员有一个雄心勃勃的目标：了解机器人网络是否能够展示群体认知，将该系统形成的群体智能与自然界中的生物集群进行比较研究。

“通过执行复杂的实验（元认知），我们将比较我们的结果与自然界的生物群，评估我们的科学成果，寻求生物学，神学，元认知，心理学和哲学领域的新发现”。这个项目的目标是：生态监测，搜索，维护，探索和收获水下栖息地的资源。



## 集群成为无人机发展趋势

在Kumar看来，无人机未来总体的发展趋势是“自主”（Atonomy），具体可以用5S来概括，前4个S为：

- **Small**
- 未来机器人多应用于搜索和营救等场景，如果一个无人机体积太大，那么将极不利于其对环境的勘探。面对未知的环境，小型无人机有更强的自主性。像一群小蜜蜂。但同时，这也带来一些负面的挑战。当一个无人机的尺寸缩小至甚至11厘米的直径，20克的重量，它根本不能移动一些木块、石头等物体。

- **Safe**
- 又小又安全的无人机，即使碰撞到路人也不会致伤，这样才更容易在生活各种环境中进行飞行控制。而且，由于机器体积变小，其惯性也会减小，能够在发生撞击时迅速自我调整平衡。

- **Smart & Speed**
- 无人机在躲避障碍物过程中，能够通过传感器、云端控制、摄像头这样的闭环，此外，依靠计算机视觉对环境进行检测，分析周围环境的特征，实现自我规划路径，就像人看到障碍物知道绕道那样。

第5个S即Swarm集群，Kumar大神指出，小型化所付出的一个代价是载重变小，能完成的任务随即减少，为此他们从蜂群的工作方式中获取灵感，让多个无人机协作，完成个体无法胜任的任务。因此，集群

### 无人机集群的组织方式为：

1. 个体独立行动，行动是本地的和独立的；
2. 仅需要本地信息即可行动，即使无法知道全局信息，个体也能行动；
3. 行动匿名，独立于身份，不了解个体信息也能完成任务。





## 集群无人机优势

- 解决有限空间内多无人机之间的冲突

以当下正火的无人机快递技术为例，如何让未来漫天的快递无人机像人类快递小哥一样协同作业，也就是在一定区域内的无人机避开同类障碍保持良好有序对空中交通，就需要相互协作，本质上相当于运作一个协调的集群系统。Kumar场景举过一个无人机绘制长城地图的例子，这显然是单一的无人机无法做到的，逐个给多架无人机设定作业任务也是件麻烦事，最佳的方案显然是给作为集群的多架无人机一个整体任务，集群自行分解、协同、分段作业无缝完成任务。

- 以低成本、高度分散的形式满足功能需求

无人系统集群可由不同的平台实现高低混搭，为实现不同的功能，采取一系列由大量分散的低成本系统协同工作机制以完成任务，这与投资开发造价昂贵、技术复杂的多任务系统策略完全不同。针对不同类型的工作目标，无人系统集群可利用混合搭配的异构优势低成本、高效率的完成工作。

- 动态自愈合网络

无人机与自主系统可协同形成具备自愈合功能的、执行信息搜集和通信中继等行动的主动响应网络。无人系统与自主系统组成的集群网络相互协同，可分别采集信息，还能依据需要调整搭载通信载荷的无人系统数量，形成具有一定冗余的通信中继站。

- 分布式集群智慧

大量的平台可实现分布式投票以解决问题，例如集群作业中目标确定问题，通过大量平台各自发送对同一目标地理位置信息的判断信号，这种分布式投票得出的结果往往正确率很高。

- 分布式探测

广泛分布传感器的能力对于主动与被动探测以及定位精度而言有着明显帮助。多平台可以相互协作完成目标精度定位，当需要主动探测时，平台间还可采取频率、波段不同的雷达进行全频谱探测，将极大提高探测能力。

- 可靠性

无人机集群数据链网络能够支持冗余备份机制和具有一定的自愈能力以提供可用性保证，集群网络能够监控已建立连接，具备应对意外中断的自动恢复能力，集群应具备一定的拥塞处理和冲突应对能力。

• 去中心化自组网提升抗故障能力、自愈性和高效信息共享能力

目前无人机的通信模式仍然以单机与地面站通信方式为主，信息传输仍是集中式的，去中心化的无人机集群利用自组网技术可以实现无人机之间信息的高速共享，同时提高集群的抗故障与自愈能力。



集群无人机关键技术

• 集群控制算法

多无人飞行器系统要实现相互间的协同就必须确定无人飞行器之间逻辑上和物理上的信息关系和控制关系，针对这些问题而进行的体系结构研究可以将多无人飞行器系统的结构和控制有飞行器地结合起来，保证多无人飞行器系统中信息流和控制流的畅通，为无人飞行器之间的交互提供框架。集群控制算法不仅要保证多无人飞行器之间能有效地进行协同，而且不依赖于无人飞行器的数量，即无人飞行器可以随时退出或者加入集群，而不会影响控制系统的整体结构。

• 通信网络设计

在多无人飞行器协同任务自组织系统中，无人飞行器作为通信网络节点，其空间的分布决定了网络的拓扑结构，而不同的网络拓扑结构有着不同的通信性能。在一定的通信拓扑及性能下，根据所执行的任务分配通信资源，提高通信质量，是集群技术的难题之一。

• 控制算法与通讯技术的耦合

多无人飞行器为了提高协同完成任务的效能，需要进行信息交互。为了使得所交互的信息及时完整地进行传输，对于通信网络性能有一定的要求。基于通信质量约束的协同控制方法，就是在当前的通信服务质量约束下，设计多无人飞行器协同控制方法，使得在这种控制方法下，多无人飞行器的运动既满足任务需求，又可以使得多无人飞行器构造的通信网络性能，满足信息及时完整传输的需求，进而提高多无人飞行器协同完成任务的效能。

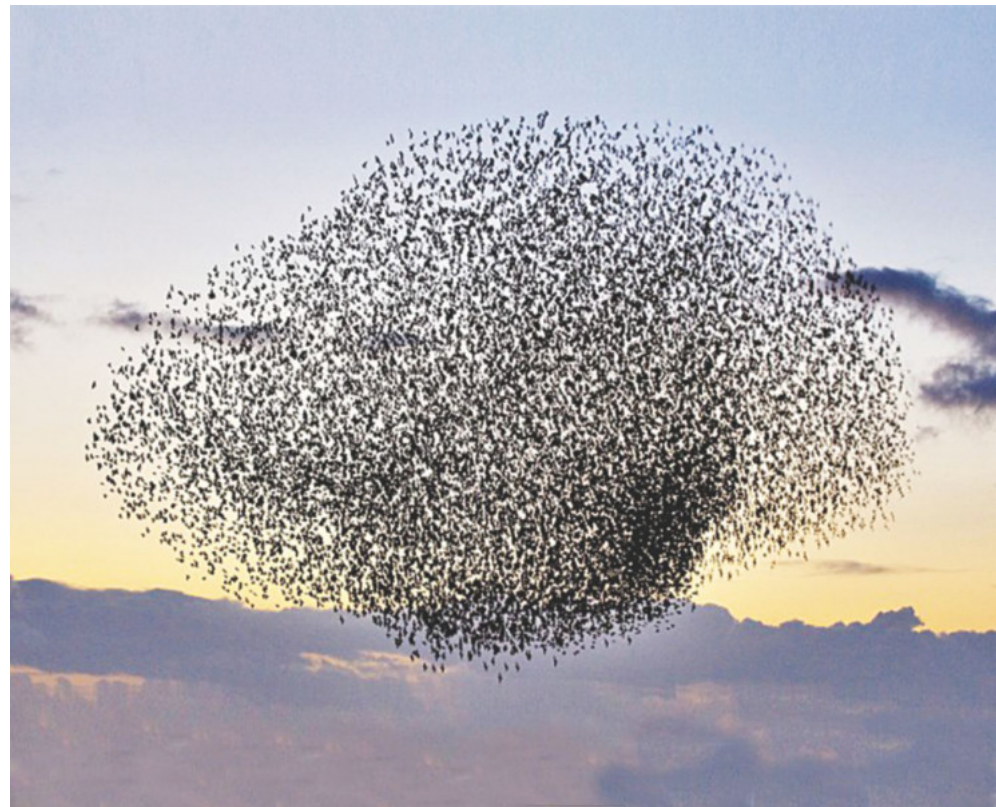
• 任务规划技术

为了实现多无人飞行器之间有效的任务协同，同时保证控制结构不依赖于无人飞行器的数量，构建多无人飞行器协同任务自组织系统分布式体系结构，各无人飞行器的基本行为和简单任务由无人飞行器自己自主完成，当面临复杂任务和需要协作的任务时，当前无人飞行器可以把任务信息和资源需求发布到由各无人飞行器组成的网络上，各无人飞行器可以根据自身当前任务和资源情况予以响应。

这样，任意一个无人飞行器的退出或加入，都不会对系统组织结构带来影响。

• 路径规划技术

无人机在实际飞行中如果存在突发状况，必须进行航迹重新规划，以规避威胁。为满足协同工作时的时效性，重新规划所采用的算法必须具有实时、高效的特点。因此，可以根据蜂群算法领域搜索的特点，以参考航迹的突发威胁作为领蜂航迹，跟随蜂仅在参考航迹的突发威胁段进行领域搜索，而不需要对整条航迹进行搜索，由此可以快速获得修正航迹段，并替换原突发威胁航迹段，整个飞行过程中，无人机根据获得的威胁信息，不断修正参考航迹，直至达到目标节点。



• 编队控制技术

在数学上，保持一定空间距离的无人机集群可以看作一个高阶群系统时变编队问题，其控制问题很有挑战性，且通讯时延的存在又为编队分析增加了难度。

那么，无人机集群技术在军事上和民用上都是如何落地的？下篇文章，作者将会来谈谈这个问题，请继续关注。

雷锋网原创文章，未经授权禁止转载。详情见[转载须知](#)。

[ 新智驾会员计划 ]

与1000+资深业者一起  
研读智能驾驶的未来

18人收藏

分享:

相关文章

- CCF-GAIR峰会
- 无人机
- Vijay Kumar
- 无人机集群飞行
- 集群行为





中国计算机学会主办 CCF-GAIR 峰会，凝聚全球前沿



AIR 075 | 关于无人机售后，有点委屈的大疆有话要说



AIR 071 | 达闼科技CEO黄晓庆：智能机器人也面临挑战



AIR 014 | 杨强对话 Michael Wooldridge：我


文章点评：

我有话要说.....

☐ 同步到新浪微博

提交

最新评论



Kathleen622 11月08日 13:37

期待下

(0) 回复

热门关键字

热门标签 人工智能 机器人 机器学习 深度学习 金融科技 未来医疗 智能驾驶 自动驾驶 计算机视觉 激光雷达 图像识别 智能音箱 区块链 智能投顾 医学影像 物联网 IoT 微信小程序平台 微信小程序在哪 CES 2017 CES 2016年最值得购买的智能硬件 2016 互联网 小程序 微信朋友圈 抢票软件 智能手机 智能家居 智能手环 智能机器人 智能电视 360智能硬件 智能摄像机 智能硬件产品 智能硬件发展 智能硬件创业 黑客 白帽子 大数据 云计算 新能源汽车 无人驾驶 无人机 大疆 小米无人机 特斯拉 VR游戏 VR电影 VR视频 VR眼镜 VR购物 AR 直播 扫地机器人 医疗机器人 工业机器人 类人机器人 聊天机器人 微信机器人 微信小程序 移动支付 支付宝 P2P 区块链 比特币 风控 高盛 人脸识别 指纹识别 黑科技 谷歌地图 谷歌 IBM 微软 乐视 百度 三星s8 腾讯 三星Note8 小米MIX 小米Note 华为 小米 阿里巴巴 苹果 MacBook Pro iPhone Fac GAIR IROS 双创周 云栖大会 优葩 智能硬件公司 智能硬件 QQ红包 支付宝红包 敬业福 大姨吗数据 下滑 生命游戏 cntk dbm asu 爱搞机 messenger 旷视 fdd tdd project wing 极路由 7plus双摄像头有什么用 最大色情 ble mesh 互联网+健康 智帽科技 更多

联系我们

关于我们

加入我们

意见反馈

投稿