免责声明：凡在本杂志发表的文章只代表作者观点，而非美国国防部、空军部、空军教育和训练司令部、空军大学或美国其他任何政府机构的官方立场。

用德尔菲法预测严酷环境中的未来通信部署

Deployed Communications in an Austere Environment - A Delphi Study

安德鲁·索伊内，美国空军上尉（Capt Andrew Soine, USAF）
詹姆斯·哈克，美国空军三级军士长（MSGT James Harker, USAF）
艾伦·赫明杰博士（Dr. Alan R. Heminger）
约瑟夫·谢勒，美国空军上校（Col Joseph H. Scherrer, USAF）

信息通信技术（ICT）领域正经历巨变。近几十年来，呈指数级增长的ICT能力对我们社会生活的方方面面起着不可忽视的影响，可能也会影响到严酷的部署环境中的军事行动。[1] 空军第689战斗通信联队受命进行一项预测移动ICT在这种环境中运作的未来趋势研究。空军理工学院的研究人员决定运用德尔菲（Delphi）法执行这项任务。本文根据研究结果设想了以下一幕场景，展示了ICT领域可能出现的变化会如何影响军事行动。然后，本文讨论在这些可能性变为现实之前我们需要应对的相关问题。

设想场景

时间：未来10-20年内的某一天

地点：一个深受自然灾害和宗派争斗困扰的国家

一架隐身遥驾飞机悄然飞越山谷。二级军士长赖利当时若是眨了下眼，就可能错过它了，他正等着这架飞机出现呢。从飞机下部的舱口，掉下一个尖头细圆筒，军士长期待地注视着它。这架攻击无人机调转头加速向北疾飞而去，消失于圆筒落地之前。

这个圆筒不是标准弹药，而是一个无线电频率 - 卫星通信（RF-SATCOM）网络链接装置，它准确落在了俯瞰这片山谷的最高山顶的标记中心。这个新装置为作战区域内的每个战士提供一种类似手机的联通能力，同时作为回途链接系统把他们的装置接入美军全球通信网络。赖利刚刚在20分钟前使用备用系统输入了一项请求，通过一系列彼此相联的中继无人机向距离正北方约400公里的一个较大集结区发送了一条信息。他的小队负责守卫这个山谷，并铺设通信基础设施，准备主力部队的到来。该主力部队将对当地居民开展人道救援，这里刚遭受了超常雨季引发的一场洪水和山体滑坡灾难。

ICT = 信息通信技术
GIG = 全球信息格栅
RF-SATCOM = 无线电频率卫星通信

在军士长赖利返回帐篷的时候，绑在他前臂上的小装置的灯开始闪亮。

“我们已回到家，”空军一等兵比格斯报告说。

“好。他们现在哪里？”

“大约东面15公里。大家安全，没有受伤。拉米雷兹中士报告说：碰到有人开黑枪，我们一反击就把他们给赶跑了。小队正继续巡逻。我会把它标记出来。”一等兵比格斯在他的臂带装置上敲击了几个按钮。片刻，帐篷里面发出一阵轻微的哔哔声，每个人的臂带都向其主人发出提示，通知地图即将更新。十五公里之外，拉米雷兹按了几下臂带上的键。于是迫击炮管自动转向标示地段，做好发射瞄准。

赖利松了一口气。侦察巡逻队最近报告说，他们遭到了一些骚扰性射击。然后，不出所料，主网络瘫痪了。该国这个地区有几个武装团伙不太欢迎美军的出现，所以有黑客远程侵入网络，植入一种病毒攻击我军战术通信体系。智能安保系统已经发现黑客入侵并部署了对抗措施，但稍晚了一步，战区内主要链接已被瘫痪。虽然国际上明令禁止，但这些类型的技术仍设法在这种环境中露面。赖利微微一笑，思忖着对手是否把装置塞进了裤袋，没准儿马上就会突然过热而着火。

比格斯继续说："军士长赖利，拉米雷兹说他的头盔摄像头捕捉到其中一名袭击者的影像，但我不能肯定这些家伙的资料是否已存入我们的大本营兰利基地的系统里。早前我从网上见过这个改进的"敌友识别"应用程序。我们现有的程序只与系统中已知的敌人匹配，但这个新程序能把拉米雷兹拍到的人像与看到的任何人进行对比。如果有人与他再次相遇（比如在村里的集市上），程序就会把他"描绘"出来。"

"很好。如果图像对上了四颗星中的三颗以上，那么就动手，拔掉他，"赖利回答。在线工具箱简直就是救星。作战部队在世界几乎任何地方任何情况下需要一项新功能或者需要升级一项功能时，都可以从这个安全的工具存储库中下载。他们甚至可以评定某程序为好用或无用。赖利回头望了望一等兵比格斯，努力想起自己也这么年轻的时候。比格斯掌握这些技术玩意儿快得很，通常较年轻的战士都是如此。显然是代代不同，他们这代人就是伴着这些技术长大的，信手拿来就能使用。比格斯或许对赖利在这个年纪时的空军通信状况一无所知吧：战士们拖着通信设备到处走，这些设备常常功能单一，且常常出错；笨重又耗油的发电机隆隆作响，把你的位置明确无误地通告给 100 公里范围内背着 AK -47 自动步枪的每一个笨蛋；你无论到哪儿都不得不随身携带一大堆电池……。

臂带发出的声音把他从沉思带回现实。"军士长赖利，你那边状况如何？"说话的是汉森少校，他位于集结区，正在为主力部队的部署做最后的准备工作。

"长官，我们遇到了几个小麻烦，但无大碍。进展如期，装备即将就绪，"赖利回应。

"好极了。为安全起见，我们额外带来了几个小组 。这会成问题吗？"

"应该不会。但我们最好多铺设两个网关以增加带宽，以防万一。"带宽多多益善，即使在这里。"额外几个小组"的意思太宽泛，人头太多可能会拖累当地网络，增加一些缓冲能力倒是不错。也许他应该再要求一个太阳能电源——毕竟它们也不占多大地方。

当赖利向少校汇报最新情况的时候，网络把攻击的概况自动上传到了位于兰利的主系统。主系统会分析这些数据并推出一个有最新安全算法的补丁。整个战区在一小时之内就会获得病毒免疫能力。

场景的幕后

这个故事听起来像科幻小说里的情节。然而，根据为该项研究提供信息的德尔菲专家小组的意见，这里所描述的技术也许在未来 10-20 年就能实现——在某些情况下，甚至会更早些。作为一种研究方法论，德尔菲法是根据相关研究领域的专家知识来预测未来的可能性。[2] 这种方法"已经成为技术预测领域人员的基本工具。"[3] 事实上，许多研究人员主张使用这种方法进行研究——如果

研究涉及的课题无法得到先前的数据或其数据根本不存在。[4] 奥利弗（R.C. Oliver）及其同事也证实："德尔菲法最适合用作某些可定义但并不一定狭窄的问题替代评估方案……在这些问题上，专家的经验尤其重要。"[5] 进一步，米什拉、德希穆克、拉特（Somnath Mishra, S. G. Deshmukh, and Prem Vrat)等人，在把预测技巧与具体技术相匹配的分析过程中发现，德尔菲法特别适合相关信息技术的研究。[6]

国防大学提出了 ICT 产业的四大类型：硬件、软件、信息服务和通信。它又进一步把这四大类划分为不同领域，如电缆、电信、制造、手机、软件、计算机和网络硬件、互联网、数据存储、相关服务及应用程序。[7] 在其报告的框架内，国防大学划分出这些类别是为描述 ICT 行业目前存在的状态。然而本文的研究在于预测 ICT 在未来状态中的能力。某些证明对预测有用的知识领域——比如趋势、革新性概念、基础和应用性调查等——似乎在现有界定的类型中没有很好地体现出来。因此，空军理工学院的研究人员首先审查了 ICT 领域的主要类型，从中归纳出更实用于预测未来能力的五大知识领域：概念设计与要求、研究与智力问题、技术开发、应用、以及最终的使用。

至于专家小组必须达到多少人才能使德尔菲预测法有效，并无硬性规定。[8] 一位姓陈的专家（Albert P. C. Chan）及其同事们发现，专家小组由 10 人组成较为合适，这个人数能代表足够宽泛的意见分布范围。[9] 但也有些研究认为，专家小组人数多少与预测的效用之间并没有确定的关系。[10] 关于专家小组的最低人数，马歇斯（Jacques Etienne Des Marchais）认为最少需要 6 人；[11] 博杰和默尼翰（David Boje and J. Keith Murnighan）则认为专家小组无论是 3、7 或 11 人，都无甚区别。[12]

通过使用互联网、学术期刊和社交网络，研究小组拟定出一个 100 名专家候选人名单，涵盖来自学术界、非空军政府机构和私营部门等组织的五大知识领域，代表了 ICT 行业内广泛的涉及面，其中包括概念设计、研究与开发、技术开发、应用、使用，等等。在与主办机构确定了名单上人员优先顺序之后，研究小组联系了 25 位最理想的人选，争取到了 8 位专家参与。

德尔菲法的批评者认为，用什么标准来界定某人是专家，其标准本身就有一定难度。本文采用米切尔（V. W. Mitchell）对专家的定义，即过去和目前涉及该行业达相当程度的人。[13] 许多研究建议专家应是在某特别行业有最少五年具体经验者，我们就使用这一标准作为判定 ICT 行业专门知识的决定性因素。[14] 我们邀请的所有参与者都在各自领域里拥有 20-40 年的经验。

参加德尔菲专家小组的成员包括：一名专业未来学家协会的董事会成员，他曾与人合著过关于技术之未来的几本书籍；一名国防电子学、通信和信号处理领域的项目经理；一名系统工程学副教授，专门研究信息作战、任务保障、计算机与网络安全、量子密码学与信息、任务影响评估等；一名在一家主要卫星通信集团负责商务开发和销售的主管，精通可部署通信；一名在主要研究机构工作过的业务领导，专门从事电信、创新科学和运营管理；一名技术咨询组的首席软件架构师和开发主管；一名在一家重要网络公司参与灾害通信的工程师；一名从事信息技术灾害紧急响应的联邦政府专业人员。

虽然该设想场景是依据德尔菲专家小组所做的预测,但德尔菲小组并没有参与设计。事实上，是本文的几位作者设计出上述场景，以展现本预测中提出的想法如何在不久的将来影响到部署通信的使用。下面的讨论将探索该场景中出现的一些问题，凸显出在未来的这种通信环境中我们预期看到的变化。

带宽

从遥驾飞机上投放 RF-SATCOM 网络链接，代表着专家们预测的趋势之一。随着 ICT 的逐步发展，尽管信息交换协议和数据压缩技术也有发展，但带宽需求将持续增长——可能呈指数级。专家们建议 ，带宽需求的增加源自机器人、传感器、遥驾飞机、以及像智能手机和平板电脑这种个人 ICT 装置相互之间扩展的数据交换。因此，一旦我们进入未来的交战 ，提供进入全球信息格栅（GIG）网关的可用带宽之实用性将会急剧攀升。因此，在严酷环境中简单地“部署”一个类似 RF-SATCOM 网络链接的装置，作为促进近即时使用数据交换的手段——这种能力很可能会增强所支持行动的几乎各个方面，无论是在海地的人道救援，还是在非洲的平叛反恐。

卫星与替代技术的比较

关于部署的通信系统如何与 GIG 回途链接的问题，专家们持有不同见解。该场景中使用两种预计的技术。第一，自配置 RF-SATCOM 网络链接充当进入 GIG 的网关，为作战区域内经授权的设备提供无线 RF 连通性。如专家们描述的那样，某些严酷地带对直接卫星链接造成极大困难，比方说，茂密枝叶覆盖的地点（诸如丛林环境），还有那些加固掩蔽部之内或水底之下的地点，都会降低卫星通信效果。有专家设想了以遥驾飞机作为中继系统的高度移动数据链接。在本文场景中，军士长赖利就是使用这种链接作为临时通信媒介，请求提供更强健的回途链接卫星通信系统。

个人信息与通信技术

随着各种装置和应用程序汇集成更小、更快、更便宜的个人计算装置，它们的界面也会进化。互动也会变得更加流畅，因为界面接合体验开始转变为感官输入、生物队列、以及最终的人类增强植入。拉米雷兹中士就是使用一个类似当今智能手机的装置与一等兵比格斯联系，但该设备也通过几个非侵入式生物传感器监视他体内的重要器官，一旦任何读数下降到低于预设临界值时，这种生物传感器能够立即警示携带者以及附近的盟军。此外，多亏有 RF - SATCOM 网络链接提供当地设备对设备通讯，攸关使命的信息和支持数据的传递才能够实时发生——一等兵比格斯向整个单位发送提示和地图更新时，发生的情况就是如此。此番更新提示友军要小心附近的敌对行为，也使得拉米雷兹中士能够从孤立地点协调火力还击，从而既加强自己单位的安全也提高战斗效能。拉米雷兹抓拍并处理这些照片，使用这些照片来查询和更新远程数据库。这种能力意味着两种可能性：第一，它凸显出全球联接的必要性，以便能把数据传送到险峻地带的部队；第二，它表明提供实时访问与更新任务支持软件的应用程序库可能具备的优势。据专家小组的意见，多个商业实体已经成功实施了类似的团体数据库。

电源

专家小组也考虑了 ICT 装置的供电问题，并确认发电、蓄电、配电为关注领域。在本文场景中，军士长赖利回忆起部署在外征战

部队完全依赖石油基燃料发电和可更换电池的年代。专家们预测说，电力生产会慢慢从目前的方法改变为诸如燃料电池和就地开发能源等技术。就地开发能源是指利用当地可再生能源，比如风、水、阳光等。这种可再生性不仅仅有利于环保。目前，供给前方作战基地机场所需的电力需要许多台燃料发电机，这些发电机需要庞大的后勤机构。另外，发电机需要燃料和维修这个事实也加重后勤的负担。采用当地可再生能源将显著减少支援人员人数和补给需求量。在本文场景中，当军士长考虑要求另一个太阳能电源时，蓄电和配电问题交集一起。专家们建议：渐进的电池技术改进，结合耗电量减少的个人ICT的演进，将大大延长ICT电池寿命。小组的专家建议无线配电，但他们承认，由于无线电干扰和健康相关的风险，该方法在近中期也许不太可行。

安全

专家们预测：由于我们的网络变得更加模块化，又以互联网协议为基础，因此设备会向更加自主化发展——本文场景中就有这个情节，即网络把袭击概况上传到兰利基地进行自动分析并生成安全补丁。然而，有些专家告诫说，由于这些模块化网络设备也许是为在国防部范围之外能自主化运作而设计、制造和编程的，所以我们必须考虑可能出现的类似于“后门计算机运作”（即绕过常规的身份鉴定程序，从而获取非法远程访问计算机）的安全风险。专家们一致认为，数据安全性在遥远的未来会令人担忧。随着ICT的发展，恶意攻击者也会穷追不舍；此外，随着个人ICT的激增而且越来越便宜和普及，潜在攻击者队伍也会与时俱增。

未来展望

如果有人以为，即使ICT发展激发了新型作战能力和要求，人类仍将继续进行传统的战争，这样的想法未免太天真。相反，我们应该设想ICT的发展将如何提升作战能力。从八位ICT界资深专家的评论中，我们归纳出以上各节列出并加以讨论的一些共同趋势。这些趋势包括：带宽需求将迅速增长，把前方作战地点与GIG联接起来的回途链接技术将会得到发展；卫星能力将成倍增加，卫星替代技术和遥驾飞机通信中继媒介也会出现；个人ICT设备会进步和激增，应用程序和数据服务在这些设备上的整合将缩小其功能禁区；随着发电技术的发展，“充电”的设备能大幅延长供电时间才耗尽电源；就安全而言，人之天性创造出一场生生不息的“矛盾演进”攻守战。一个值得注意的角度是，专家的预测作为本文场景设计的基础，并没有明确指出具体的发展技术或实际能力，而只是点出了ICT演进的明显趋势和可能途径。通过这个角度，我们可以应用这些趋势——不是作为一个指定的行动计划，而是作为一个制定计划的工具——来开展我们的研究，旨在赢得和保持对敌优势。如艾森豪威尔总统所言：“一切的一切，不在计划，而在计划的制定。”♣

注释:

1. Richard E. Albright, “What Can Past Technology Forecasts Tell Us About the Future?”[以往的技术预测如何为我们揭示未来?], Technological Forecasting and Social Change 69, no. 5 (June 2002): 12; 另参看 Heebyung Koh and Christopher L. Magee, “A Functional Approach for Studying Technological Progress: Application to Information Technology”[一种研究技术进步的功能法：对信息技术的应用], Technological Forecasting and Social Change 73, no. 9 (November 2006): 746; 另参看 Christopher L. Magee and Tessaleno C. Devezas, “How Many Singularities Are Near and How Will They Disrupt Human

History?”[见怪不怪何其多？它们将如何影响人类历史?], Technological Forecasting and Social Change 78, no. 8 (October 2011): 1368; 另参看 Luiz C. M. Miranda and Carlos A. S. Lima,“Trends and Cycles of the Internet Evolution and Worldwide Impacts”[互联网进化的趋势与周期，以及世界范围的影响], Technological Forecasting and Social Change 9, no. 4 (May 2012): 744-65; 另参看 Béla Nagy et al.,“Superexponential Long-Term Trends in Information Technology”[信息技术领域的长期超指数增长趋势], Technological Forecasting and Social Change 78, no. 8 (October 2011): 1356-64.

2. Norman Dalkey and Olaf Helmer, An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts [德尔菲法对于专家之使用的实验性应用], Memorandum RM-727/1-Abridged (Santa Monica, CA: RAND Corporation, July 1962), http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2009/RM727.1.pdf; 另参看 Norman C. Dalkey, The Delphi Method: An Experimental Study of Group Opinion [德尔菲法：小组意见的实验性研究], RM-5888-PR (Santa Monica, CA: RAND Corporation, June 1969), http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2005/RM5888.pdf.

3. Harold A. Linstone and Murray Turoff,“Introduction”in The Delphi Method: Techniques and Application [《德尔菲法：技法与应用》一书“引言”], ed. Harold A. Linstone and Murray Turoff (Reading, MA: Addison-Wesley Publishing, Advanced Book Program, 1975), 11, http://is.njit.edu/pubs/Delphibook/Delphibook.pdf.

4. Gene Rowe and George Wright,“The Delphi Technique as a Forecasting Tool: Issues and Analysis”[德尔菲法用作预测工具：问题与分析], International Journal of Forecasting 15, no. 4 (October 1999): 353-75, http://www.forecastingprinciples.com/files/Delphi%20technique%20Rowe%20Wright.pdf.

5. R. C. Oliver et al., Survey of Long-Term Technology Forecasting Methodologies [对长期技术预测方法论的调查], (Alexandria, VA: Institute for Defense Analyses, November 2002), ES-2, http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a410179.pdf.

6. Somnath Mishra, S. G. Deshmukh, and Prem Vrat,“Matching of Technological Forecasting Technique to a Technology”[将技术预测技巧与技术搭配], Technological Forecasting and Social Change 69, no. 1 (January 2002): 20.

7. Industrial College of the Armed Forces, Final Report: Information and Communications Technology Industry [最终报告：信息与通信技术产业], (Washington, DC: Industrial College of the Armed Forces, National Defense University, Spring 2007), 4, http://www.nationaldefensemagazine.org/archive/2008/August/Documents/ICAFAug.pdf.

8. Patricia L. Williams and Christine Webb,“The Delphi Technique: A Methodological Discussion”[德尔菲法:方法论的探讨], Journal of Advanced Nursing 19, no. 1 (January 1994): 180-86.

9. Albert P. C. Chan et al.,“Application of Delphi Method in Selection of Procurement Systems for Construction Projects”[德尔菲法在选择建设项目的采购系统方面的应用], Construction Management and Economics 19, no. 7 (January 2001): 699-718.

10. Fergus Bolger and George Wright,“Assessing the Quality of Expert Judgment: Issues and Analysis”[评估专家意见的质量:问题与分析], Decision Support Systems 11, no. 1 (January 1994): 1-24; 另参看 Klaus Brockhoff,“The Performance of Forecasting Groups in Computer Dialogue and Face-to-Face Discussion”[预测小组在计算机对话和面对面讨论方面的表现], 收录于 Linstone and Turoff, Delphi Method [德尔菲法] 285-311.

11. Jacques Etienne Des Marchais,“A Delphi Technique to Identify and Evaluate Criteria for Construction of PBL Problems”[通过德尔菲法识别和评价 PBL 问题之构造标准], Medical Education 33, no. 7 (July 1999): 504-8.

12. Rowe and Wright,“Delphi Technique as a Forecasting Tool”[德尔菲法作为一种预测工具], 353-75.

13. V. W. Mitchell,“The Delphi Technique: An Exposition and Application”[德尔菲法：说明与应用], Technology Analysis and Strategic Management 3, no. 4 (1991): 340.

14. 同上，第 356 页；另参看注释 12“德尔菲法作为一种预测工具”，第 371 页。

安德鲁·索伊内，美国空军上尉（Capt. Andrew Soine, USAF），路易斯安那理工大学理学士，空军理工学院理科硕士，现为俄亥俄州赖特帕特森空军基地空军研究实验室材料与制造部制造与工业技术分部项目经理，负责依据国防部长办公室的国防生产法第三款章程，规划、管理和执行提供先进制造流程、工艺与技术的项目，确保按进度、高质量、高效益的生产与维护，以加强国防工业基础，并通过空军的“人与技术”计划处理空军相关系统。此前他服役于新墨西哥州科克兰空军基地的太空开发与测试部，乔治亚州沃纳罗宾斯空军后勤中心第 580 飞机维护大队，及担任驻阿富汗喀布尔的阿富汗工程区美国陆军工程兵空地运动协调官。

詹姆斯·哈克，美国空军三级军士长（MSgt James Harker, USAF），纽约理工学院理学士，空军理工学院理科硕士，现为乔治亚州罗宾斯空军基地第 689 作战通信联队部署主管，负责保证价值 4.6 亿美元的装备和两个大队、10 个中队的 1,500 名人员的战备就绪。哈克军士长管理过若干个多功能工作中心，包括警卫核资产的保安系统维护，以及武装部队联播网广播电视对预期听众观众的传播。他也在美国空军军官学院完成了一项特别任务，作为学院军事教官向军校生介绍士官前景，并促进其培养成未来领导者。

阿兰·R·赫明杰博士（Dr. Alan R. Heminger），密歇根大学文学士，加利福尼亚州立大学东湾分校理科硕士，亚利桑那大学博士。现为空军理工学院系统工程及管理系管理信息系统副教授。赫明杰博士的学术背景覆盖网联协作工作系统、战略信息管理和业务流程改进。他在空军和国防部多个部门参与各种课题研究和咨询，这些部门包括空军装备司令部、空军研究实验室、空军系统工程中心、空军特种作战司令部、空军信息主管办公室、空军通信与信息中心，国防部威胁削弱处、第 689 作战通信联队，以及国防部弹药中心。

约瑟夫·谢勒，美国空军上校（Col Joseph H. Scherrer, USAF），圣路易斯华盛顿大学电子工程理学士，波士顿大学工商管理硕士，空军理工学院理科硕士，海军战争学院文科硕士，空军战争学院文科硕士，现为乔治亚州罗宾斯空军基地第 689 作战通信联队指挥官，领导 1,500 名空军官兵实施在准入和非准入应急环境下部署作战通信、空中交通管制及降落系统能力等远征网空作战使命。他以优异成绩毕业于空军预备役军官训练团科目、空军理工学院、高级通信官训练学校、海军战争学院和空军战争学院。谢勒上校与 William C. Grund 中校合作撰写了“一个网空指挥控制模式”（马克斯韦尔论文，2009 年第 47 号）。他参与过数次战区作战行动，包括“拒绝飞行”、“提供允诺”、“联合锻造”、“审慎兵力”、“南方守望”和“持久自由”，指挥过一个网空联队、一个使命支持大队和三个通信中队，也担任过多种工程、固定通信、战术通信及参谋职务，在联合参谋部任职期间撰写了国防部首部国家网空作战军事战略。