IPV6物联网技术

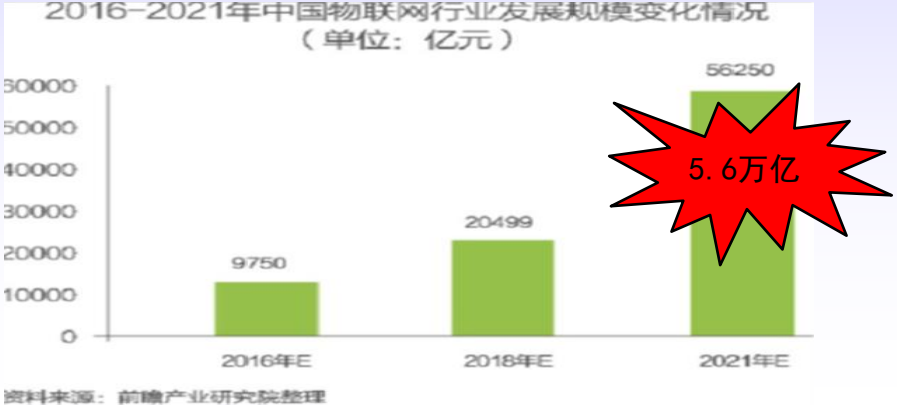
1. IPV6物联网面临机遇与挑战
2. 面向物联网的IPV6协议简化
3. 物联网创新项目申报与资助

李芝棠 23/Oct./2018CERNET西宁年会

1. IPV6+物联网面临的机遇与挑战

- 物联网、网联物
  - 互联网上的万物互联！
- 百花齐放、千帆进发
  - 智慧+所有领域……
  - 万亿设备不断接入；

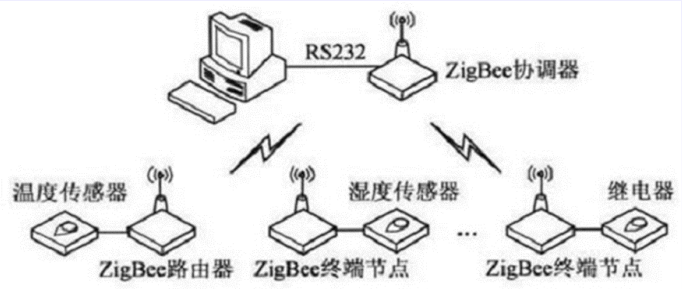
- 一物一地址，万物皆在线
  - RFID、温度、湿度、加速度；压力、磁力，光线、图像、惯性、距离……
- 智慧城市、数字政府
  - 物联网是基本要素/模块单元，重要一环！
  - 是自动感知、快速反应、科学决策之关键基础设施和重要支撑！



1.1 IPV6+物联网的机遇

- 物联网（节点）需要互联网，
  - 泛在的“沙设备”，需要足够网络ID→IP地址；
  - 专门的“哑设备”，需要即插即用、自动连接；
  - 开放的“裸设备”，需要信息安全保障……

- 二者相互需要与促进
  - 大规模物联网发展可促进沙量IPv6地址使用；
  - 大量IPv6地址使用可促进IPv6网大规模部署；

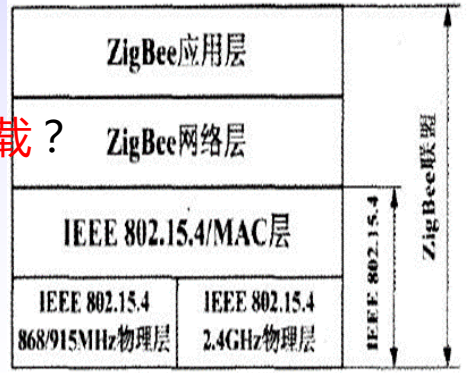


独立物联网状况

- IPV6能力与部署
  - 沙量可编址能力，
  - 端到端连接、配合DNS可即插即用、自动配置
  - SAVI、精准定位、IPsec等可提供基础安全保障……
  - 世界级基础设施，亟待推进普及部署？

1.2 IPV6+物联网的挑战

- 不能直接融合
  - IPv6缜密备至，是能解网络各种问题/功能强大/鲁棒的协议；
  - 路由以最佳可达为基本目标！ →丰满！
  - 物联网（传感节点）不支持IPv6，不能端端寻址与路由,可扩展性不高,计算、存储、带宽、安全、成本等资源受限，如 ZigBee！
  - 物联网是以数据和应用为中心，现有路由策略不是理想的选择？要求精确时间同步、定位等?→骨感！
  - TCP/IP(Berkeley Linux)协议栈≥10000行代码，传感节点无法承载？
  - 批量设备融入IPV6的边际成本50$,组网功能封装到硅片中1$?
  - IPv6升级投资回报的商业不明朗，运营商望而却步？



ZigBee协议的体系结构

IPV6适配物联网之需求

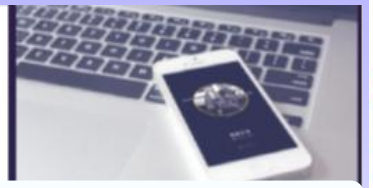
- 报头过大
  - 40字节+上层协议报头，需压缩，
- 地址转换
  - IPV6的128位地址和IEEE802.15.4长64、短16，MAC地址的转换
- 报文泛滥
  - 适应低速，需抑制IPV6网络大量的网络配置和管理报文，
- 轻量化IPV6
  - 应适配IEEE802.15.4，适应功能、体积和功耗/资源受限的严格要求

- 路由机制
  - IPV6基于链路状态/距离适量，周期性交换信息来维持实时路由表或拓扑。
  - 物联节点常在休眠/激活两态频繁变化，导致控制信息占用大量无线信道资源，增加了能耗，降低了寿命。
  - 改进IPV6使其尽量延长网络生存周期，包括拓扑控制、数据融合、多路径、能量节省……

- 组播支持
  - 802.15.4只支持单播和广播，不支持组播，
  - IPV6组播在邻居发现和地址自动配置中，有重要作用！
  - 制定从IPV6组播地址到MAC地址的映射，在MAC层用单播或广播代替组播？
- 网络配置与管理
  - 大规模感知节点人员不可达，必须远程自动配置，且具有网络自愈能力！
  - 网管低开销，管理高度密集分布的传感设备

1.3 IPV6物联网的基本分层

物联网的3层结构



感知层 | 传输层 | 应用层

感知层
- 传感入出
- 感知控制
- 通信延伸

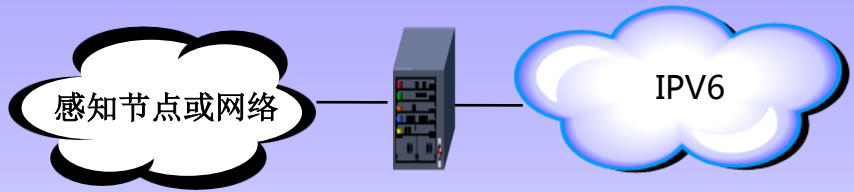
网络层
- 数据传输
- 路由/控制
- 1-3层网络

应用层
- 基础设施
- 云计算
- 中间件/平台

1.4 IPV6物联网发展的3个阶段

1th--通用计算机数据采集与传输接口

- 1th→IPv6作为承载网支持物联网
  - 下位机采集+上位机传输+成熟应用
  - 前几年申报项目大多处于这个阶段
- 2th→6LoWPAN网关过渡到IPV6
  - 本地网ZigBee+6LoWPAN网关
- 3th→端端智能传感器嵌入IPv6协议
  - IPv6网络延伸到本地，节点嵌入IPv6协议



2th—6LoWPAN网关

3th—感知节点嵌入轻量IPV6协议-端到端

1.5 近距无线组网技术方案比较

	6LoWPAN	ZigBee	WiFi	Bluetooth
自组网	是	是	不是	需配对
功耗	低	低	高	低
安全性	高	高	低	高
节点数	≥200	≥200	≤20	10
TCP/IP	IPv6	无	IPv4/6	IPv4/6
协议性质	公有	私有	公有	公有

- 6LoWPAN
  - 应用无关的以太网网关；
  - 支持TCP/IP
  - 直接融入互联网！
- ZigBee
  - 串口网关，不支持TCP/IP
  - 近距离/低复杂/低功耗/低数据速率/低成本的双向无线通信
  - 802.15.4标准，CSMA-CA
- WiFi/Bluetooth…
  - 可接入节点数太少
  - 不能大规模物联网
  - RFID/UWB/IrDA…

2. 面向物联网的IPV6协议简化

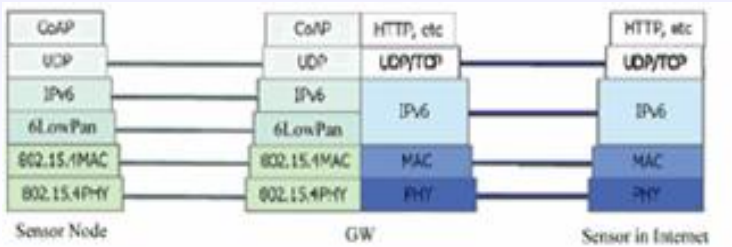
2.1 IETf工作组及制定的协议

- IEEE 802.15.4，
  - 2000.12，低速无线个域网物理层和媒体接入控制规范
  - 兼容多速率、多拓扑、多地址
  - 20/40/100/250Kbps低传输率,
  - 支持星型和点到点两种拓扑，
  - 采用16/64位两种地址方式，
  - 采用CSMA-CA机制，低功耗！
- 6LoWPAN--IPV6 Over Low power WPAN
  - 2004.11；802.15.4之上与IPV6适配层，报头压缩、分片、接入和管理
  - 适配低功耗无线个域网的IPV6通信协议！
- ROLL--Routing Over Low-power and Lossy networks--LLN
  - 2008.2；适应传感节点低功耗/多场景,常休眠/唤醒的特点，解决干扰/移动等容易丢包的问题
  - 已制定4个应用场景的路由需求，
    - 家庭自动化RFC5826，工业控制RFC5673，
    - 城市应用RFC5548，楼宇自动化draft
  - 适应6类物联网路由
    - SS-NCN,小规模非通信网络；SS-CN,小规模通信网络
    - MS-NCN,中规模非通信网络；MS-CN,中规模通信网络
    - BS-NCN,大规模非通信网络；BS-CN，大规模通信网络

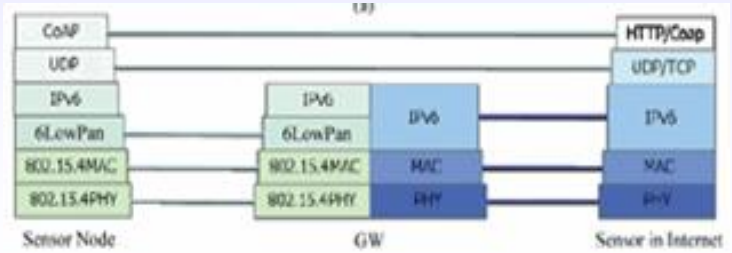
- RPL协议(IPv6 Routing Protocol for LLN),距离矢量而非链路状态路由，，支持低功耗、有损网络节点资源受限，支持传感节点间3模式通信拓扑：点到点，点到多点，多点到点，低功耗、有损网络通信路由协议；
- 用目标函数选择路由路径→节点指标(状态，能量，跳数)；链路指标(吞吐率、延迟、可靠性、期望最小发送次数ETX、流着色）。

◆ CoRE (Constrained RESTful Environments)，REST（Representational State Transfer）

- 2010.3；资源（包大小//吞吐量/电量/内存）受限，有较高丢包率/设备随机断电/设备周期性唤醒/休眠等特点，信息操控（读取/修改/删除）带来新问题？受限应用程序结构？
- 采用REST(表述性状态转换结构)原则，操作（资源/ID/接口/无状态/不改ID）
- CoAP，Constrained Application Protocol
  - 制订的轻量级应用层协议（尚处于讨论阶段）

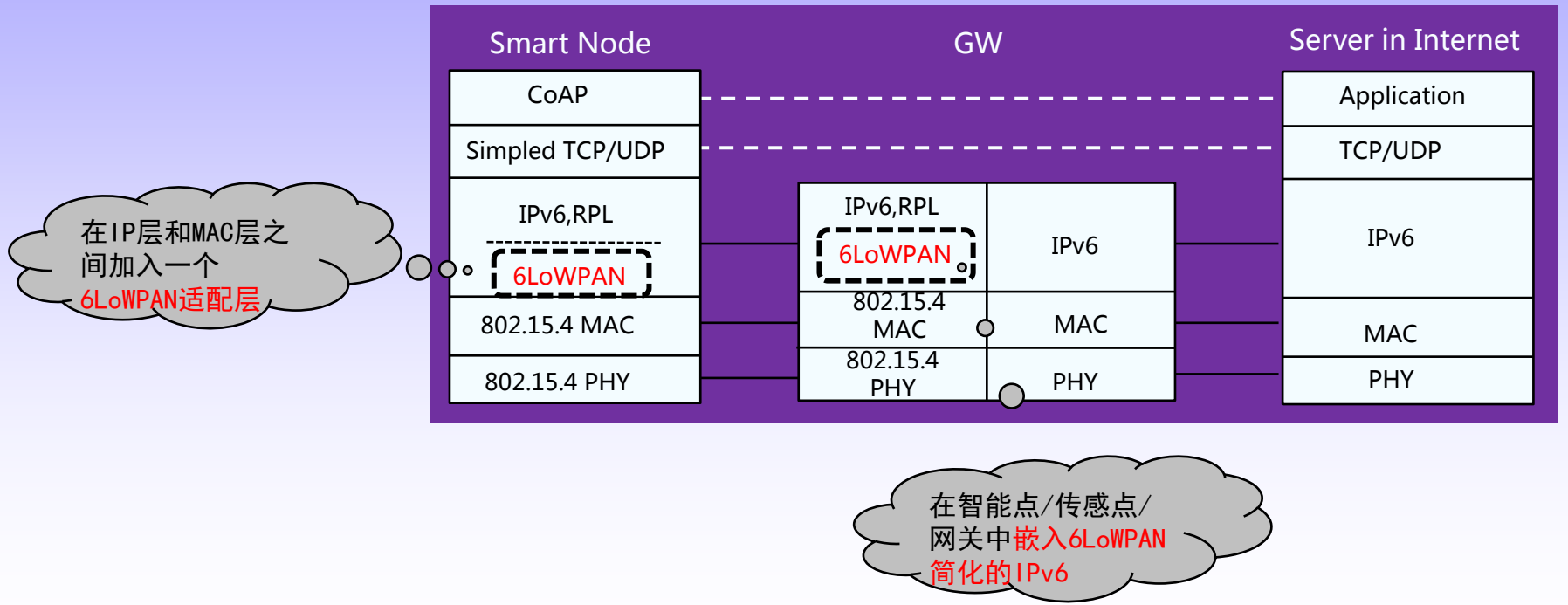


应用CoAP通过网关HTTP操作传感节点



应用CoAP与传感节点CoAP直接操作

2.2 6LoWPAN协议



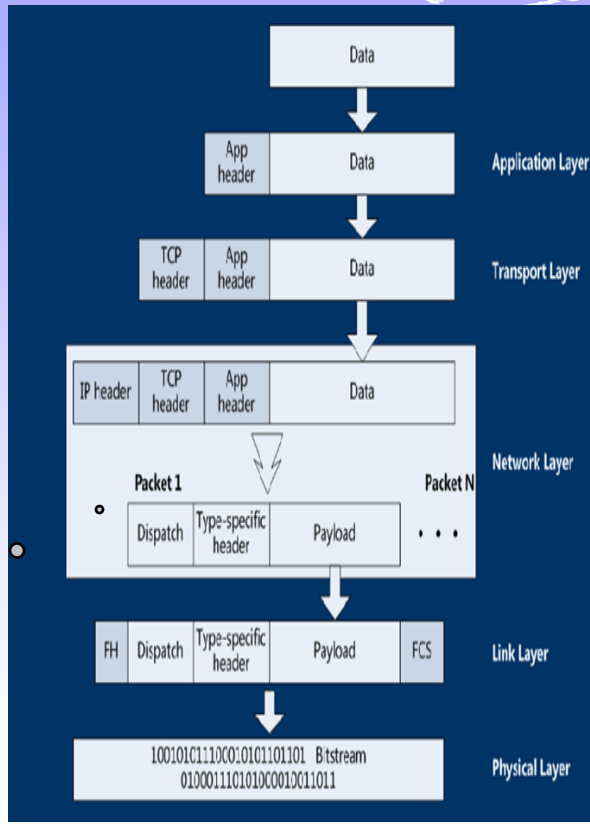
6LoWPAN主要功能

- 协议报文转换适配层
  - 帧格式，地址管理机制
  - Mesh网络多跳传输方式
  - 邻居发现
- MTU分片与重组
  - $MTU_{802.15.4}$=127Byte
  - MTU_{IPv6}=1280Byte
- 两种报头压缩算法
  - HC1，FE80::/10本地链路地址
  - IPHC，有效压缩可路由地址!
  - MAC报头之后定义8位选择报头，决定压缩报头的具体格式和算法。

6LowPan选择8bits报头的含义

类型	报头类型
00 XXXXX	NALP(非 LowPan 数据帧)
01 00001	IPv6——未压缩的 IPv6 报头
01 00010	LOWPAN_HC1 – LOWPAN_HC1 压缩的 IPv6 报头
……	保留
01 10000	LOWPAN_BC0 – LOWPAN_BC0 广播包
……	保留
01 XXXXX	LOWPAN_IPHC 算法压缩的 IPv6 报头
01 00000	ESC ——表示紧接着还有其他选择报头
10 XXXXX	MESH，网状报头
11 00XXX	FRAG1，分片报头（第一个）
11 00XXX	FRAGN，分片报头（后续）

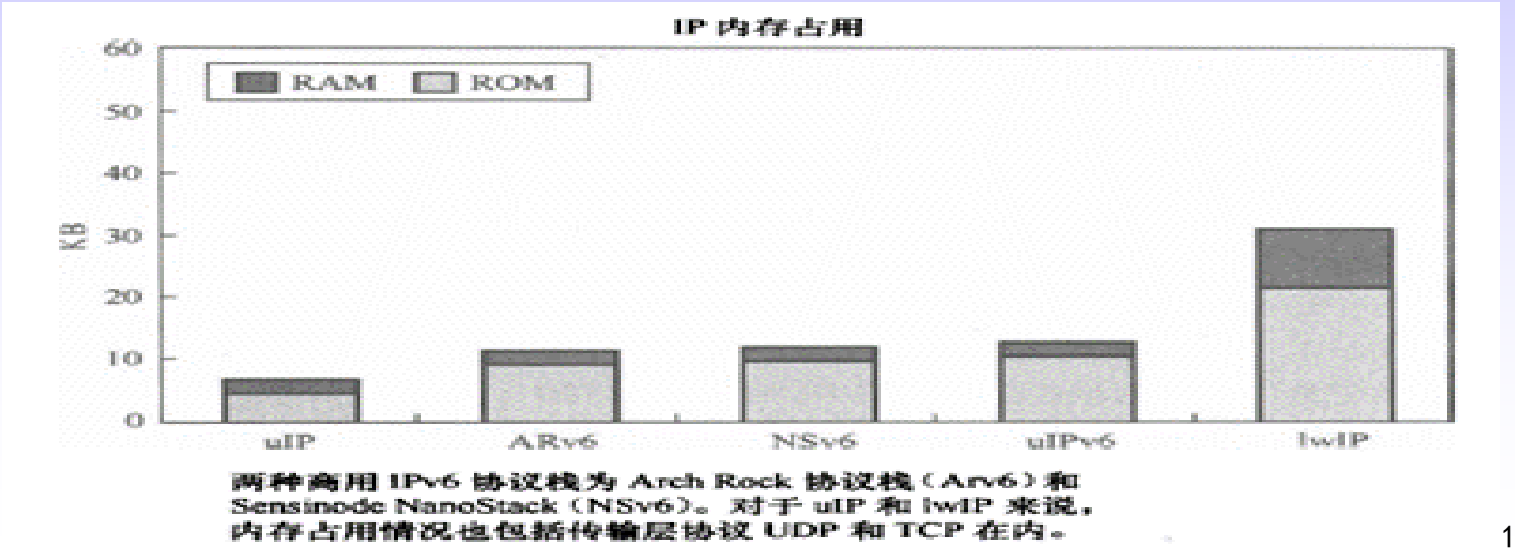
报文封装、
分片与重组



2.3 6loWPAN的几种实现技术

- TelosB和MicaZ硬件平台+TinyOS2
  - 支持分片，Mesh寻址和广播等报头处理，V6报头和UDP压缩，未完整实现V6协议栈的所有要求？
- ArchRock的PhyNet平台
  - 第一个获得IPv6 ready-phase2(gold)标志的商业实现；
- Jennic5139微控制器
  - 单片机实现，点对点、星型、树形等典型100节点网络
- Sensinode的KitWrx456+WindowsCE
  - cc2430/cc1110芯片支持，32-64KROM、4-8KRAM

- Berkeley的Tmote Sky+TinyOS2.x平台
  - 无状态地址自动配置，多跳路由，对1280字节进行分配
- Cisco等Atmel AVR Raven+Contiki平台
  - FRC4944压缩、分片和寻址……



两种商用 IPv6 协议栈为 Arch Rock 协议栈（Arv6）和 Sensinode NanoStack（NSv6）。对于 uIP 和 lwIP 来说，内存占用情况也包括传输层协议 UDP 和 TCP 在内。

简化IPv6的实践案例

- uIPv6
  - 2008.9;Cisco,SAP,Sun成立IPSO(IP for smart objects)联盟；
  - 2008.10；CISCO等共同开发，开源微型IPV6协议栈，用于Contiki等嵌入式OS，并支持6LoWPAN，前生是瑞典计算机科学学院(网络嵌入式系统小组)Adam Dunkels开发的嵌入式 TCP/IP栈，仅占用10kbyte的ROM
  - 并不具备传感路由协议以及网管等, 有关uIPv6的产品还未进入商业阶段,还远不能适应于大规模无线传感器网络的应用
- AR6,
  - Arch Rock 协议栈以6LoWPAN标准为核心技术,支持IEEE802.15.4标准。Arch Rock是一个致力于IP-Based无线传感器网络应用的公司,
- Sensinode NanoStack
  - ARM收购的产品，为芬兰低成本、低功耗联网设备商Sensinode开发

TCP协议栈简化若干实践

基于 BSD TCP/IP(70KB-150KB)开放协议进行的简化

- μIP，By Adam Dunkels—Swedish Institute of Computer Science,SICS
  - 8/16位控制器，代码量少，几KB ROM，几百KB RAM
  - 支持ARP,SLIP.IP,ICMP,UDP,TCP；流控，分片重组，重传超时估算，多重监听TCP

- Tiny TCP，By Geoffrey H.Cooper,Rewitten by Cyrus Patel –Johannes Gutenberg Unibersity
  - 68000芯片，16K/86K TinyTCP 烧入ROM,协议栈含一个FTP各户，单以太网驱动3Com多总线
  - 支持以太ARP/RARP,IP,ICMP,TCP,DHCP/BOOTP,DNS,不支持IGMP/多播

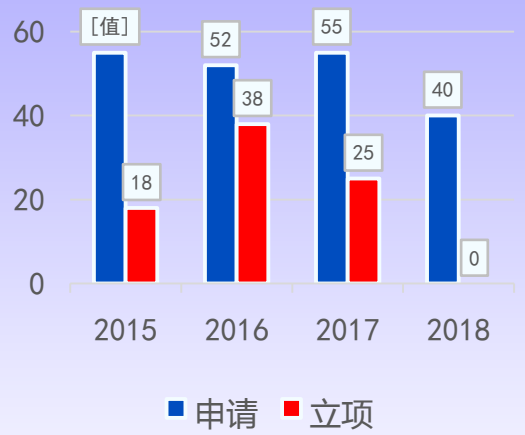
- μC/IP，By Guy Lancasyer --British Columbia Institute of Technology ,The University of British Columbia
  - 基于uc/OS的TCP/IP协议栈，可移植到其它OS，代码量30-60K
  - 支持IP/TCP/UDP，PPP带身份认证和报头压缩，多个版本可下载

- LwIP，By Adam Dunkels—Swedish Institute of Computer Science,SICS
  - 开源轻量TCP/IP协议栈，几十KRAM, 40KROM嵌入
  - 支持IP/ICMP/UDP/TCP,THCP/PPP/ARP，可移植到OS上

3. 创新项目的申报与资助

IPV6物联网4年申报202项

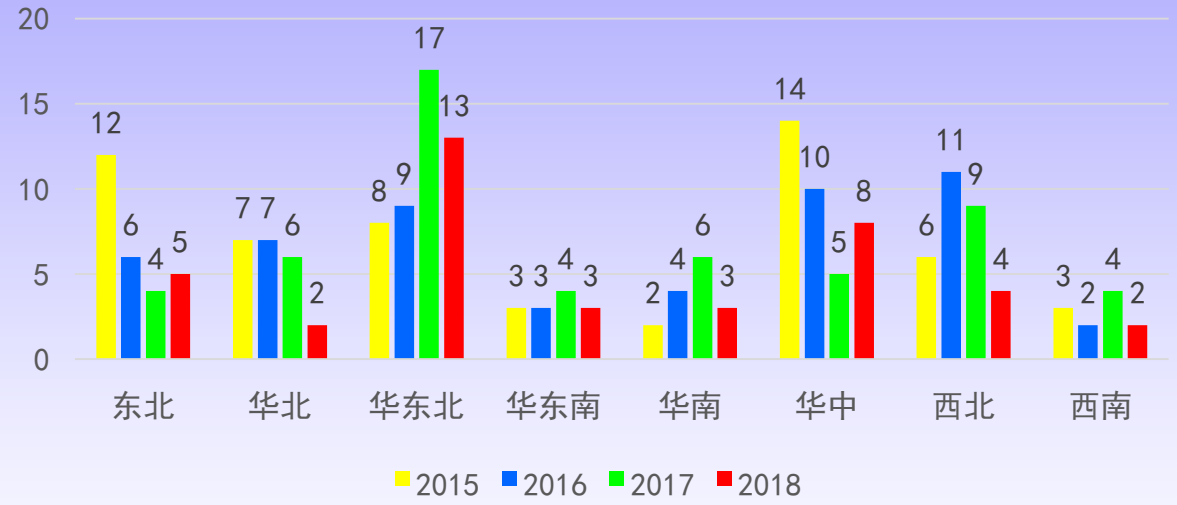
3年总资助81项845万元



立项/申报比，占总比

- 2015 →33%，16.2%
- 2016 →73%，21.31%
- 2017 →45%，14.71
- 3年均50.3%， 15.5%

4年来8大地区学校项目申报分布

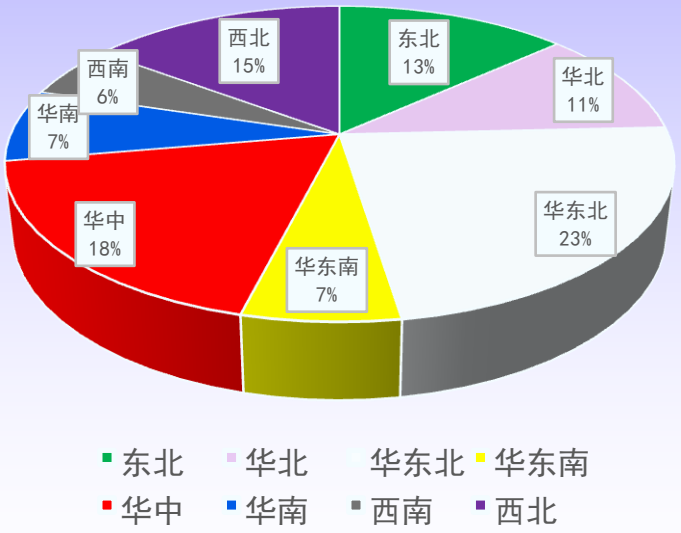


- 华东北后两年比前2年有大幅度增长，
- 华中、西北小幅下降
- 东北、华北、华东南、西南每年均衡
- 西南、华南、华东南总体偏少

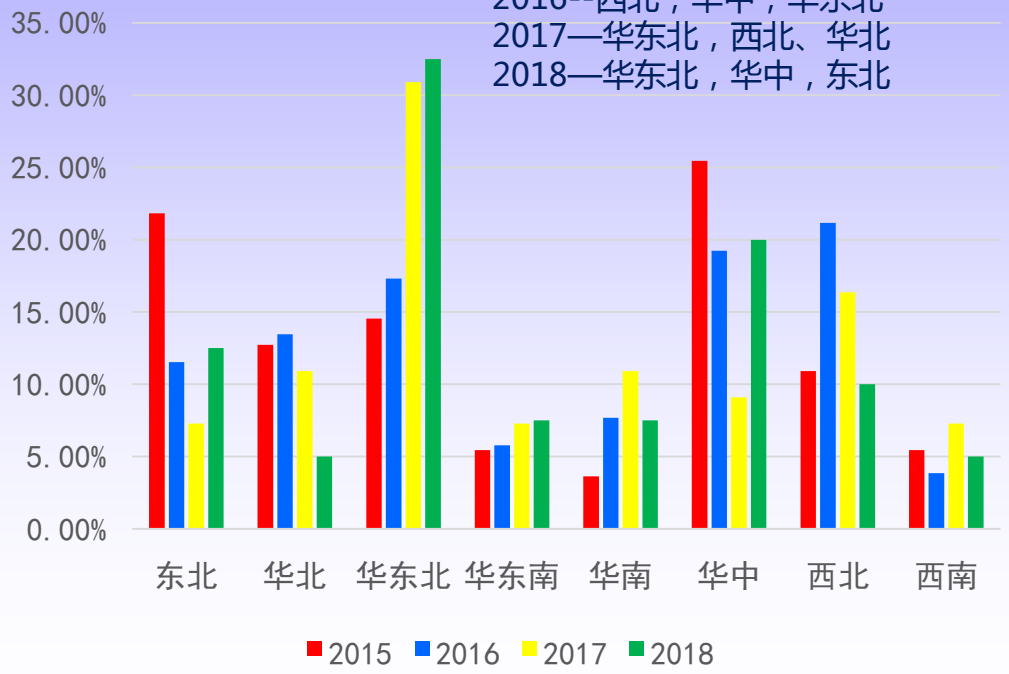
四年来创新项目申请的地区分布

共计202项

4年总排序，华东北，华中，东北，西北，华北，华南，华东南，西南



4年分别占总比



4年前3名

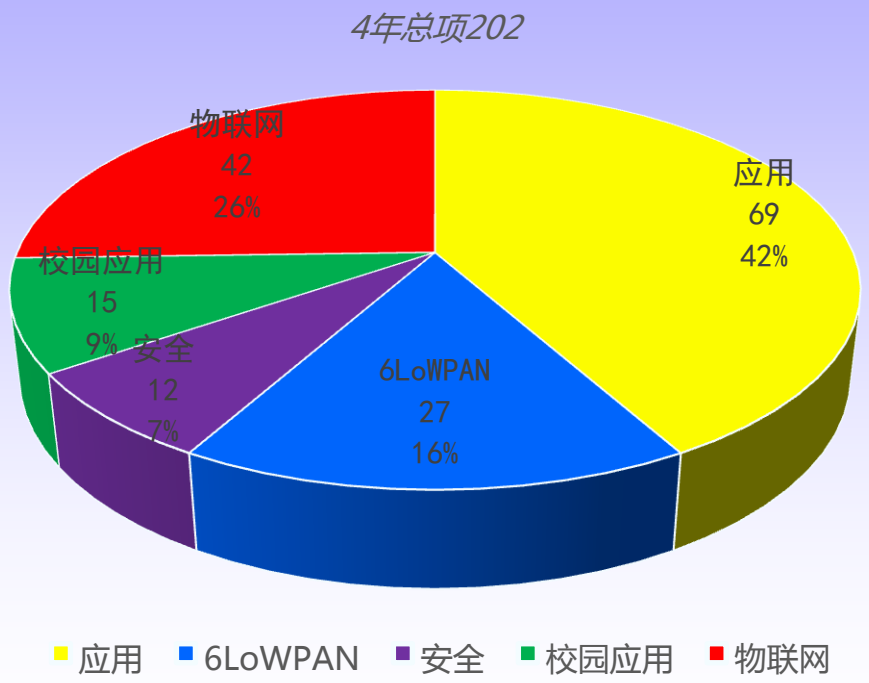
2015--华中，东北，华东北

2016--西北，华中，华东北

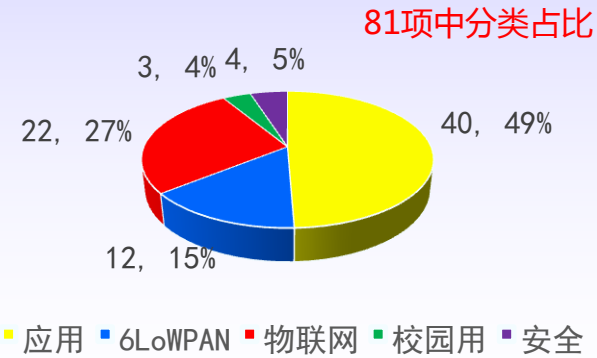
2017—华东北，西北、华北

2018—华东北，华中，东北

四年来申报项目的内容总分布

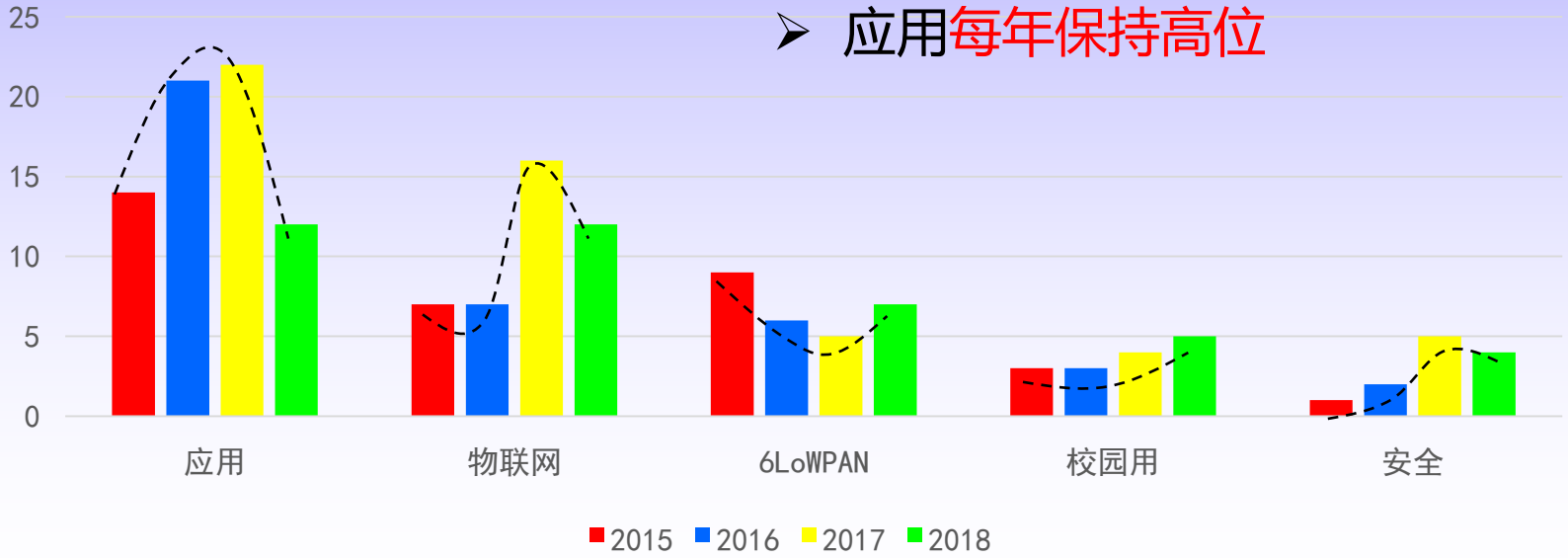


- 应用+校园=51%，各显神通
- 物联网本身长有研究
- 6LoWPAN一直关注
- 安全不多，但每年都有



5项内容的4年分布

- 物联网、校园应用、安全逐年增长
- 6LoWPAN稳中有降
- 应用每年保持高位



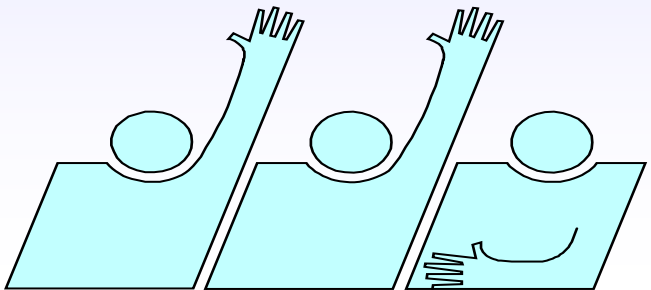
总结

- 实现IPV6物联网的关键技术
  - 物联节点需要嵌入轻量级IPV6协议栈
  - IPV6协议，路由协议等需要简化

- 赛尔创新项目对物联网领域的支持
  - 4年共申请202项；前三年已支持845万元，平均获批率50.3%
  - 6LoWPAN是关键核心技术，申请中物联网应用占51%

参考文献

- 物联网感知层的IPv6协议标准化动态
- https://blog.csdn.net/eddy_liu/article/details/7345394，
- http://www.chniot.cn/news/JSQY/2010/826/10826862053.html
- https://blog.csdn.net/chenbang110/article/details/8753075
- http://www.sics.se/~adam/uip/index.php/main_page
- http://www.unusalresearch.com/tinytcp/tinytcp.htm
- http://www.sics.se/~adam/lwip
- http://ucip.sourceforge.net
- http://savannah.nongnu.org/projects/lwip/
- http://www.sics.se/~adam/uip/

Thank you!

Questions