



WaveMesh 协议简介

一种简单、可靠的移动自组网网络协议

2010-10

什么是 Wave Mesh 协议

WaveMesh是一种移动自组网（MANETs - Mobile Ad Hoc Networks）网络协议。

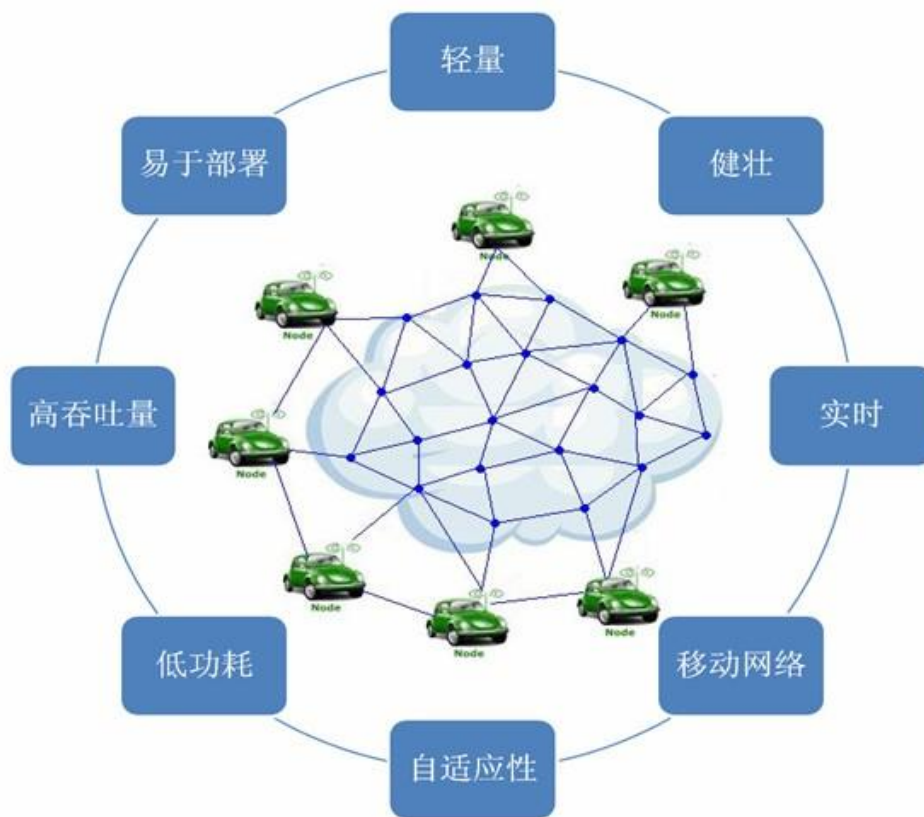
WaveMesh定义了完备的链路层（MAC）和网络层（NWK）协议规范。

WaveMesh不限制物理层（PHY）的无线信号的和工作频率和调制方式，可以运行在多种射频芯片上。

WaveMesh协议栈具有体积小、路由健壮、网络吞吐量高、节点功耗低、全部节点都可以睡眠、完全对等的peer-to-peer Mesh网络、支持快速变化的网络拓扑结构和超大规模的网络、所有的设备都可以休眠，能够快速唤醒整个网络，易于部署。

WaveMesh可以应用在无线抄表AMR/AMI、家庭自动化、智能楼宇、工业控制、应急网络等。

Wave Mesh 设计理念



Wave Mesh 协议特点（1）

- 轻量
 - 极小的代码尺寸（4K 字节代码空间+几十字节内存空间），是 **ZigBee** 协议栈尺寸的十分之一。
 - **Wave Mesh** 可以运行在目前市场上几乎所有的 **MCU**、**DSP** 芯片上。
- 健壮性
 - 采用私有的 **OLDM** 路由协议，是多径（**multipath**）路由协议。每个节点同时维护到任何其它节点尽可能多的路由，路由健壮性好。
 - 路由的建立和维护速度快，占用的无线资源少。
 - 支持快速拓扑变化的移动网络。
 - 网络的裁剪性好，部分节点瘫痪网络仍可以正常工作。
 - 可以有效抵抗其它无线信号的同频干扰。
- 实时性
 - 私有的全网 **MAC** 层异步唤醒算法，能够在极短的时间内唤醒全网节点，达到同步的目的。
 - 采用多径路由、多物理信道并发数据，大大减少了节点间报文发送的延时。
 - 精心优化的 **MAC** 层算法，在尽可能减少报文碰撞的同时最大程度提高吞吐量。



Wave Mesh 协议特点（2）

● 吞吐量高

- 全连接的 **mesh** 网络，每两个节点之间都可以建立点到点的路由。不需要像 **ZigBee** 等分簇的网络协议节点间的数据报文必须有路由器转发。
- 采用多径 **OLDM** 路由协议，每个节点都维护到其它节点的尽可能多的路由，可以多条路径并发数据，提高了吞吐量。
- **MAC** 层协议对减小报文碰撞、提高吞吐量做了精心的优化。
- 采用多条物理信道并行收发数据，在不改变无线信道波特率的前提下提高了物理带宽，增加了系统的吞吐量。

● 网络拓扑多样

- **Wave Mesh** 是全连接的 **mesh** 网络，每个节点都可以动态的感知网络拓扑结构的变化。
- **Wave Mesh** 的 **MAC** 层和 **NWK** 层网络协议会根据当前网络拓扑结构动态选择最佳的碰撞避免算法和最优的路由。
- 支持最少 **2** 个点的网络，多至几万、十几万个节点组成的网络。
- 支持多达几百、几千跳（路由的）的大规模网络拓扑。
- 支持非常稀疏和非常密集的网络拓扑。

● 省电

- 网络中的所有节点都可以睡眠，由全网异步唤醒算法唤醒网络完成节点间的同步。
- 所有的设备都可以由电池供电，并且可以长时间（**10 年以上**）待机。

Wave Mesh 协议特点（3）

● 全连接的 Mesh 网络

- 所有的设备都是平等的。
- 每个设备都具备路由的功能。
- 每两个设备之间都可以有建立点到点的路由。
- 纯粹的分布式网络，健壮性、自愈性好。

● 高可靠性

- 采用有链接的方式收发数据报文，保证数据报文的正确性。
- **MAC** 层支持多信道、自适应波特率以及功率控制等算法，提高了无线信道的可靠性。

● 扩展性好

- 可以根据实际需要**对路由选择算法、QOS 算法**进行扩展。
- 可以根据实际不同无线信道 **PHY** 层的特点对 **MAC** 层参数进行调整。



- 易于部署
 - **Wave Mesh** 仅定义了一种网络设备，设备类型单一，易于生产维护，有效降低成本。
 - 整个网络所有设备都即插即用，不需要手工配置。
 - 所有设备都可以由电池供电，可以应用在缺乏电力供应的环境如灾区、野外等。
 - **Wave Mesh** 支持移动速度比快、拓扑结构变化频繁的网络，容易部署在机动性强的环境下如军队、移动车队、医院病人监护、监狱等

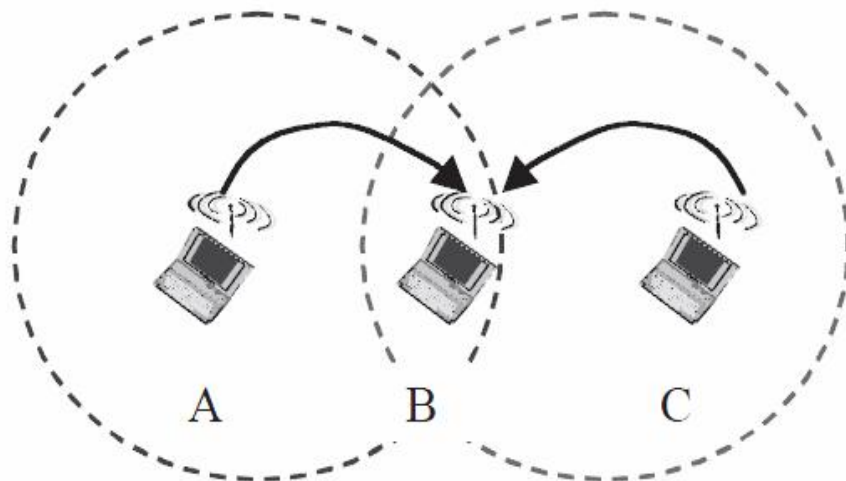
Wave Mesh MAC 层协议简介

Ad Hoc MAC 层简介

- **MAC** 层协议的作用。
 - 定义移动自组网中无线节点怎样有效的共同使用有限的无线带宽。
- **MAC** 层协议对于移动无线自组网的性能非常重要，需要可虑的性能指标有：
 - 吞吐量和延时。
 - 公平性。
 - 效率。
- 由于无线信号在共享的传输介质中是以广播方式的进行传输，对无线链路的抢占和报文碰撞会比有线介质要激烈。另外，并且无线信号往往都是以半双工的方式，节点在发送数据时不可能同时进行碰撞检测，因此给传统的基于 **CSMA/CD** 链路层的算法带来新的挑战，需要解决的问题有：
 - 隐终端问题。
 - 暴露终端问题。

Ad Hoc MAC 层的问题

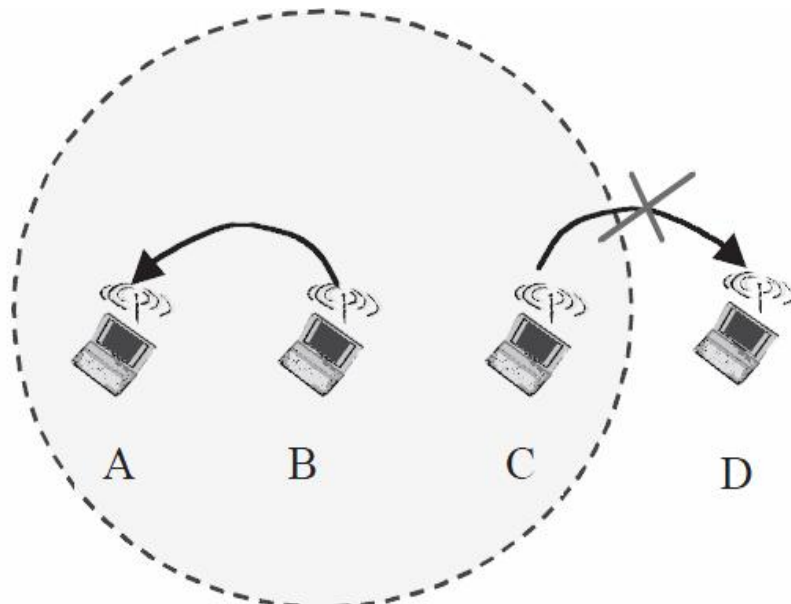
- 隐终端问题



隐终端问题示意图

A、C 不能检测对方发出的无线信号，但它们的无线信号却有重叠的区域。如下图所示，当 A 和 C 同时向 B 发送无线信号则发生碰撞。

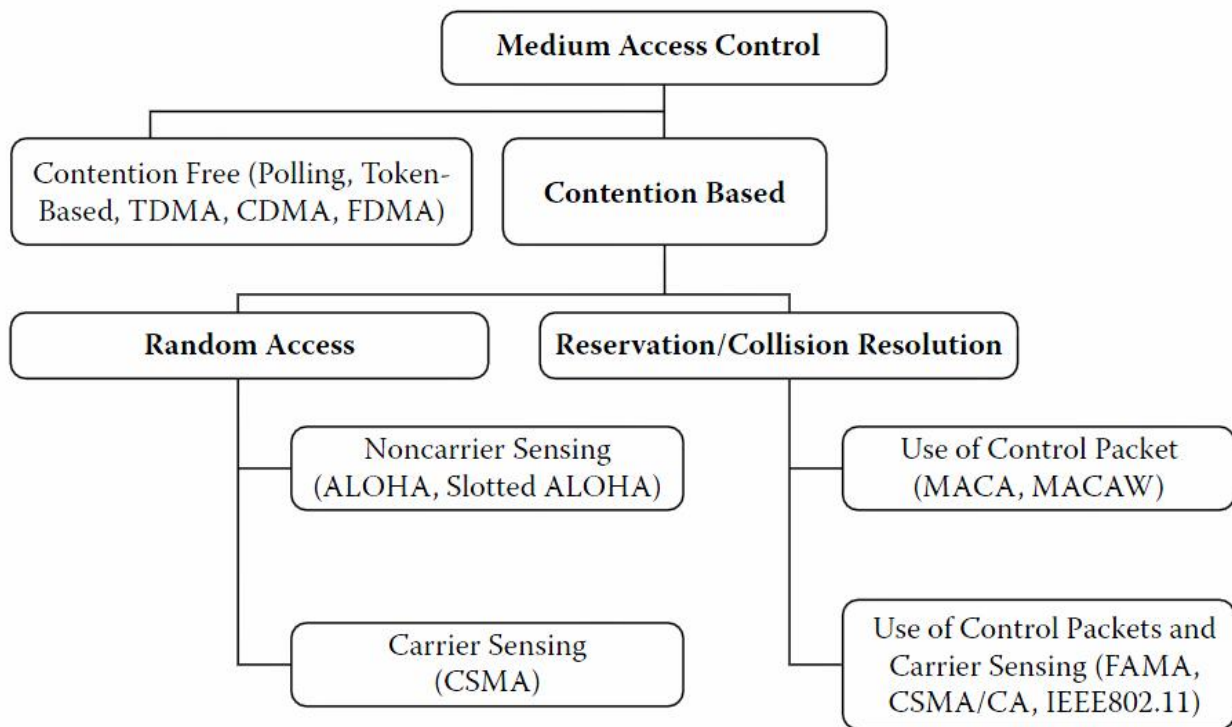
- 暴露终端问题



暴露终端问题示意图

A 和 C 都能监听到来自 B 的信号，但是 A 和 C 检测不到彼此的信号。当节点 B 向节点 A 发送消息的同时，节点 C 试图向节点 D 发送消息。根据 CSMA 算法，C 会检测到 B 的信号认为无线信道忙，为了避免碰撞产生便推迟向 D 发送数据。但事实上 C 向 D 发送数据并不会与 B 向 A 发送的数据产生碰撞。暴露终端问题会导致网络吞吐量的下降。

MAC 层协议的分类



链路层协议的分类树

Wave Mesh MAC 层采用的技术

- 载波检测碰撞避免 **CSMA/CA** (**Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance**)。
 - http://en.wikipedia.org/wiki/Carrier_sense_multiple_access_with_collision_avoidance。
- 无线碰撞避免 **MACAW** (**Multiple Access with Collision Avoidance for Wireless**)。
 - http://en.wikipedia.org/wiki/Multiple_Access_with_Collision_Avoidance_for_Wireless。
 - 采用 5 步握手方式收发数据 **RTS-CTS-DS-DATA-ACK**。
 - 解决隐终端的问题。
- 多信道 **MAC (Multi-Channel MAC)**。
 - **Wave Mesh** 至少需要 2 个物理信道，一个握手信道和一个或多个数据信道。
 - 相对单信道的系统会带来一下优势。
- 在不改变物理信道的波特率的前提下，多信道可以提供额外的无线带宽，增加物理层的信道容量，提高网络的吞吐量。
- 由于在不同的信道中发送报文是互不干扰的，将报文分散到不同的信道中发送可以大大的降低碰撞的概率。
- 容易的实现 **QOS** 特性。

Wave Mesh MAC 层的特点

- 智能碰撞避免算法
 - **Wave Mesh** 中的设备可以实时感知网络拓扑的变化和网络中设备的疏密程度，包括相邻设备的状态（**sleep** 或 **active**）。
 - **MAC** 层算法会根据当前网络拓扑的变化智能优化碰撞避免算法，在避免碰撞的同时减少对无线资源的浪费，以提高吞吐量。
 - **Wave Mesh** 碰撞避免算法经过了长时间的仿真、实测反馈，做了大量的优化，在效率、公平性等方面都有优异的表现。
- 易于扩展
 - **Wave Mesh MAC** 层采用 **RTS-CTS-DS-DATA-ACK** 的 5 级握手方式。很多新的需求、特性可以容易的在 **RTS-CTS-DS** 这个阶段进行扩展。比如：密钥、物理波特率、**QOS** 等信息可以在 **DS** 报文中增加一些域容易实现。
- 能够工作在不同的 PHY 层之上
 - **Wave Mesh MAC** 对 **PHY** 层的调试方式不做任何限制，可以与 **FSK**、**MSK**、**QAM**、**DSSS**、**FHSS**、**OFDM**、**MIMO** 等调试方式协同工作。
 - **Wave Mesh MAC** 层协议可以根据实际的 **PHY** 调制方式、波特率灵活地进行配置。
- 与 **Wave Mesh NWK** 层紧密结合
 - **Wave Mesh MAC** 和 **NWK** 层协议能够紧密结合，在增加代码效率的同时减小了代码尺寸。

Wave Mesh MAC 层全网异步唤醒技术

- 为什么需要全网异步唤醒技术
 - **Wave Mesh** 支持全部设备都能够休眠，设备在休眠时需要周期性的醒来并且检测是否有来自其它设备的信号。在设备检测到来自其它设备的数据请求或者命令时会进入工作状态，在工作完成时候继续休眠。然而，允许节点睡眠会带来致命的问题是会增加网络链路的不确定性，给网络传输带来不可接受的延时。
 - **Wave Mesh** 网络缺少像 **ZigBee** 中永不休眠的设备-路由器和协调器，也就不能采用 **ZigBee** 那样由超级帧进行时钟同步的技术。
 - **Wave Mesh** 网络需要全网异步唤醒技术在需要时使网络中的设备同时保持在工作状态，减小网络中的传输延时、增加网络吞吐量。
- 为什么选择 MAC 层而不是 PHY 层
 - **Wave Mesh** 网络协议的设计目标是能够兼容不同 **PHY** 层调试方式，因此尽可能的对 **PHY** 层不做任何限制。



- **MAC** 层有完整的报文格式，容易可以进行扩展。
- **MAC** 层唤醒报文可以和 **NWK** 层以及 **MAC** 层的其它报文紧密结合。
- **Wave Mesh MAC 层全网异步唤醒技术的特点**
- 是 **Wave Mesh** 网络所特有的独创技术。
- 能够在极短的时间内准确唤醒全部或者部分网络设备。
- 能够与 **MAC** 层其它协议、**NWK** 层协议报文结合，可以实现很多特性。
- 对 **PHY** 层不做要求，也可以应用到非 **Wave Mesh** 网络中。

Wave Mesh NWK 层协议简介

Ad Hoc 网络简介

- **Ad Hoc** 网络是一种没有特定组织结构的自我组织、自我配置、自我控制的无线网络。移动 **Ad hoc** 网络也被称作 **MANET (mobile ad hoc network)** 是由无线连接的移动设备组网的自制域网络，所有组网的无线设备可以独立的向各个方向移动，因此网络拓扑结构是时刻变化的。**MANET** 网内的每个设备都兼作路由器的功能，担负着寻找路由和转发报文的工作。如何在不停变化的拓扑下维护正确的路由信息是设计移动自组网路由协议的主要挑战。
- **Ad Hoc** 网络的特点：
- 独立自主，分布式网络。
- 动态变化的网络拓扑结构。
- 无线通信速率低。
- 电源受限。
- 设备硬件资源有限。

Ad Hoc 路由协议分类

- **Ad Hoc** 路由协议分类：
- 自适应/非自适应。
- 主动（路由表驱动）/被动（按需）/混合。
- 距离矢量/链路状态。
- 平面/分级/分簇。
- 基于地理位置/基于方向。
- 统一（节点地位均等）/非统一（有特殊的节点）。
- 全连接/部分连接。
- 基于历史/基于预测。



- 单播/广播。
- 反向链路（**link-reversal routing**）/源路由（**source-routing**）。
- 单径（**unique-path**）/多径（**multipath**）。
- **Ad Hoc 路由的选择方式：**
 - 电源的电量/信号的能量。
 - 链路的稳定性/最短路径/反向链路。
 - 链路状态/距离矢量。
 - 方向/地理位置。

Wave Mesh NWK 层协议简介

- **NWK 的功能**
 - 提供路由和寻址的功能，使网络中的两个设备能够相互通信并且决定最佳链路，并具有一定的拥塞控制和流量控制的能力。
- **WaveMesh NWK 层采用的路由协议**
 - **OLDM（On-demand Light-weight Dynamic Multipath Routing Protocol）**私有路由协议。
 - **OLDM 的特点。**
 - 多径路由（**multipath**）。
 - 路由健壮性好。
 - 路由维护开销少。
 - 路由实时更新。
 - 多种路由的选择算法。
 - 没有路由回路。
 - 支持的超大规模的网络。
 - 所占资源极少。
 - 可扩展性好。

OLDM 路由协议简介

OLDM协议是针对硬件资源条件苛刻的移动自组网设计的一种Ad Hoc路由协议。并且适用于节点移动速度快、拓扑结构时刻变化的无线移动网络。

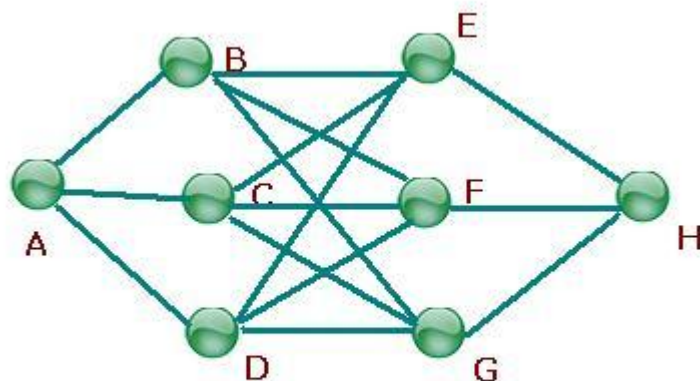
常见的AODV、OLSR等路由协议都是“单径(unique-path)”路由协议 – 每个节点仅维护一条到其他节点的路由，一旦这条路由被破坏必须被动重建路由，重建路由时需要消耗无线资源并带来延时。OLDM创新性的采用了“多径(multipath)”路由的方式 – 每个节点同时维护尽可能多的到其他节点的路由。由于多条路由的冗余性，部分路由失效，节点之间仍然能够进行通信。

OLDM协议创新性地解决了目前流行的路由协议在反复重建路由过程中带来路由效率低下的难题。OLDM能够在目前路由失效之前，主动地、提前寻找新的可替代路由。新的路由的寻找可以在发送数据报文的同时进行，充分利用无线链路广播的特性，OLDM路由的维护几乎不占用额外无线带宽，几乎没有延时。

OLDM路由协议具有稳定性好、延时小、实时性好、维护开销少、没有路由回路、支持的网络规模大、扩展性好、所占资源极少等优点，可以应用在无线抄表(AMR/AMI)、智能楼宇、智能家居、工业控制、安防、传感器网络数据采集等领域，给用户带来前所未有的新体验。

OLDM 路由协议特点 (1)

- 多径路由 (multi-path)
 - **OLDM** 中的每个节点同时维护尽可能多的到其它节点的路由。“多径”会大大提高路由的稳定性，降低路由的重建的开销。



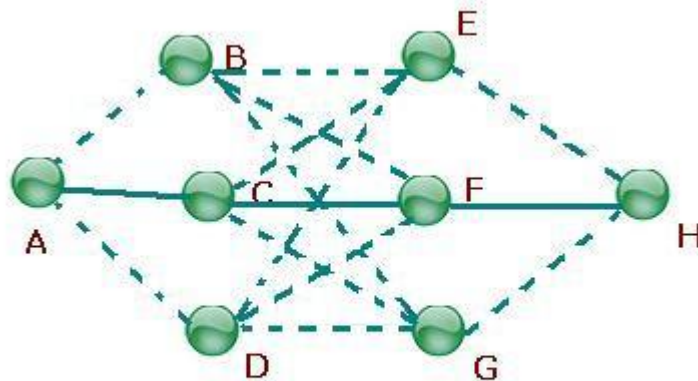
图中的连线代表两节点之间有直接的无线链路，如果节点 **A** 向节点 **H** 发送报文，则可能的路径会有 9 种：**A-B-E-H**, **A-B-F-H**, **A-B-G-H**, **A-C-E-H**, **A-C-F-H**, **A-C-G-H**, **A-D-E-H**, **A-D-F-H**, **A-D-G-H**。如果 **B**, **C** 和 **E**, **F** 四个节点同时移动位置或者出现意外断电，**A** 和 **H** 之间仍然有稳定的路由 **A-D-G-H**，而不需要进行路由重建。并且可以在 **A** 和 **H** 按照路由 **A-D-G-H** 进行数据传输的同时寻找 **A-H** 的其它新的可能路由，使得当 **A-D-G-H** 这条链路失效后 **A-H** 之间仍然可达路由。这样以来 **A** 和 **H** 之间的数量传输就会是连续和可靠的。

另外，对于“多径”路由协议，可以在多条路径之间动态选择，多条路径并行发送报文，使网络的吞吐量最大化。如果 **A-H** 的某条链路或者某个节点发生拥塞，则会旁路发生拥塞的路由，将链路拥塞带来的问题降到最低。

OLDM 路由协议特点 (2)

单径路由 (unique path)简介

单径 (unique path) 路由协议的情况如图所示：



A 向 **H** 发送消息，“单径”路由协议会根据某种算法选择 **A** 到 **H** 的一条最佳路由 **A-C-F-H**，而对别的额外可能的路由视而不见。如果中间节点 **C** 或者 **F** 任何一个改变位置或者掉电，则会导致 **A-H** 的链路不可达。这时必须被动地重新寻找 **A-H** 之间的路由。路由的重新建立过程会占用网路的带宽并且在重建路由的期间 **A-H** 的链路是不可达的，因此会带来 **A-H** 传输的时延。“单径”路由协议不能很好的利用网络的有效带宽。同时在应对链路拥塞、**QOS** 等问题的解决也远远不及“多径”路由协议。

- “单径”路由协议的优点：

- 路由表结构简单，所需要的内存开销少。
- 代码实现、维护起来比较容易。
- 容易处理路由回路 (loop) 的问题，用报文序号 (sequence) 等方法。

- “单径”路由协议的缺点：
 - 需要消耗网络带宽和时间去重新建立路由。如果网络的拓扑结构变化的速度很快，需要不停地路由重建，带来不能接受的时延并消耗大量的网络带宽，甚至导致全网瘫痪。
 - 不能充分利用无线资源，由于只有一条链路，容易产生链路拥塞，很难保证 **QOS** 等特性。
 - 不适合拓扑结构变化快的移动网络。

OLDM 路由协议特点（3）

- “多径”路由的特点
 - “多径”路由协议的优点：
 - 吞吐量高，充分利用无线资源，使用尽可能多的链路并行发送报文，最大程度避免拥塞的发生。
 - 路由的建立和维护所消耗有效网络带宽很小、延时少。
 - 新的路由会在现有链路失效之前便可以被发现并且建立，能够轻松应对路由的频繁变化。
 - 很适合拓扑结构变化快的移动网络。
 - “多径”路由协议的缺点：
 - 设计复杂度增加，需要实时动态感知网络拓扑结构的变化，动态发现和建立尽可能多的路由。
 - 怎样处理路由回路（**loop**）的问题。
 - 路由表结构复杂度、内存开销增加。
 - “多径”路由协议在目前流行的 **Ad Hoc** 路由协议中十分罕见，几乎找不到能参考的成熟路由协议的前例。 **OLDM** 路由协议在设计上克服了“多径”路由协议的复杂性高及有路由回路的缺点，使其兼具“多径”和“单径”路由的双重优点。**OLDM** 路由协议采用“多径”路由方式是一种创新性的挑战。综上所述“多径”路由协议的优点，**OLDM** 路由协议比采用 **AODV**、**OLSR** 等路由协议更适合应用在拓扑结构变化快的移动自组网系统中。

OLDM 路由协议特点（4）

- 路由的维护无线资源开销少
 - **OLDM** 在设计上尽可能的减少在路由的搜索、维护等算法对无线资源的消耗。**OLDM** 作为路由协议可以与 **MAC** 层紧密结合，并且利用无线信号生来具有的广播特性可以在节点之间进行数据传输的同时进行路由的更新维护。
- 路由的选择方法多样
 - **OLDM** 的路由选择方式可以多种多样，也可以多种方法配合使用。由于不同的无线自组网的应用场景是可能完全不同。有些网路可能需要最稳定的链路以确保报文的延时抖动小；而有些网路需要考虑节点的电池电量，尽可能的使每个节点的电池消耗达到平衡；有些网络则需要达到最大的吞吐量，需要

选择最近和信号强度最佳的路由。

- **OLDM** 在每发出一个数据报文前都根据需要实时计算出那一时刻的最佳路由。路由的计算方法可以是距离矢量、信号的能量、链路质量以及电源的电量等等。
- **路由失效之前发现新的路由**
- 由于移动无线自组网系统的节点之间的位置关系是动态变化的，也许之前建立好的最佳路由可能变得不是最佳、甚至变成无效路由。**OLDM** 可以实时跟踪网路拓扑结构的变化，动态的选择最优的路由，在当前的路由失效之前完成新路由的寻找和建立工作。而不是像常见路由协议如 **AODV** 等在链路遭到破坏时才去进行路由的重建工作。

OLDM 路由协议特点（5）

- **没有路由回路**
- 避免路由回路的问题是 **Ad Hoc** 路由协议需要解决的难题，很多路由协议并不能避免路由回路的产生比如 **AODV**。**OLDM** 是一种多径的路由协议，每个节点维护着尽可能多的到其它节点的路由，这些路由往往错综复杂。并且 **OLDM** 同时支持多种路由的选择方法，一些路由选择算法本身并不能避免路由回路的产生，这给 **OLDM** 路由协议解决路由回路问题带来了重重困难。
- **OLDM** 路由协议不但能够完美的解决路由回路这个难题，而且 **OLDM** 路由协议是对路由回路完全免疫的，在任何时间点网络中都不会产生路由回路。
- **路由稳定性好、延时小、更新速度快**
- 由于 **OLDM** 路由协议采用了“多径”技术，每个节点维护着到达目的节点的尽可能多的路由。并且新路由的发现是在原有路由仍然有效的情况下进行的，具有超前的意识，使得新旧路由的更迭平滑顺畅。相对诸如 **AODV** 等路由协议，**OLDM** 的路由算法具有路由稳定性好、延时小以及更新速度快的优势。
- **实现简单所需资源极少**
- **OLDM** 路由协议可以运行在只有几十个字节的内存的 **MCU** 上，简单的 **OLDM** 的现实仅需要 **4K** 字节的代码空间。这样低的硬件资源的要求，可以使 **OLDM** 运行在目前几乎所有的嵌入式设备上，在市场上提供最具有价格优势的移动无线自组网的解决方案。

OLDM 路由协议特点（6）

- **网络吞吐量高**
- 由于 **OLDM** 路由协议采用了“多径”技术，可以同时使用尽可能多的链路发送节点间的数据报文，最大程度避免网络中出现的拥塞情况提高网络的吞吐量。
- **支持超大规模的网络**



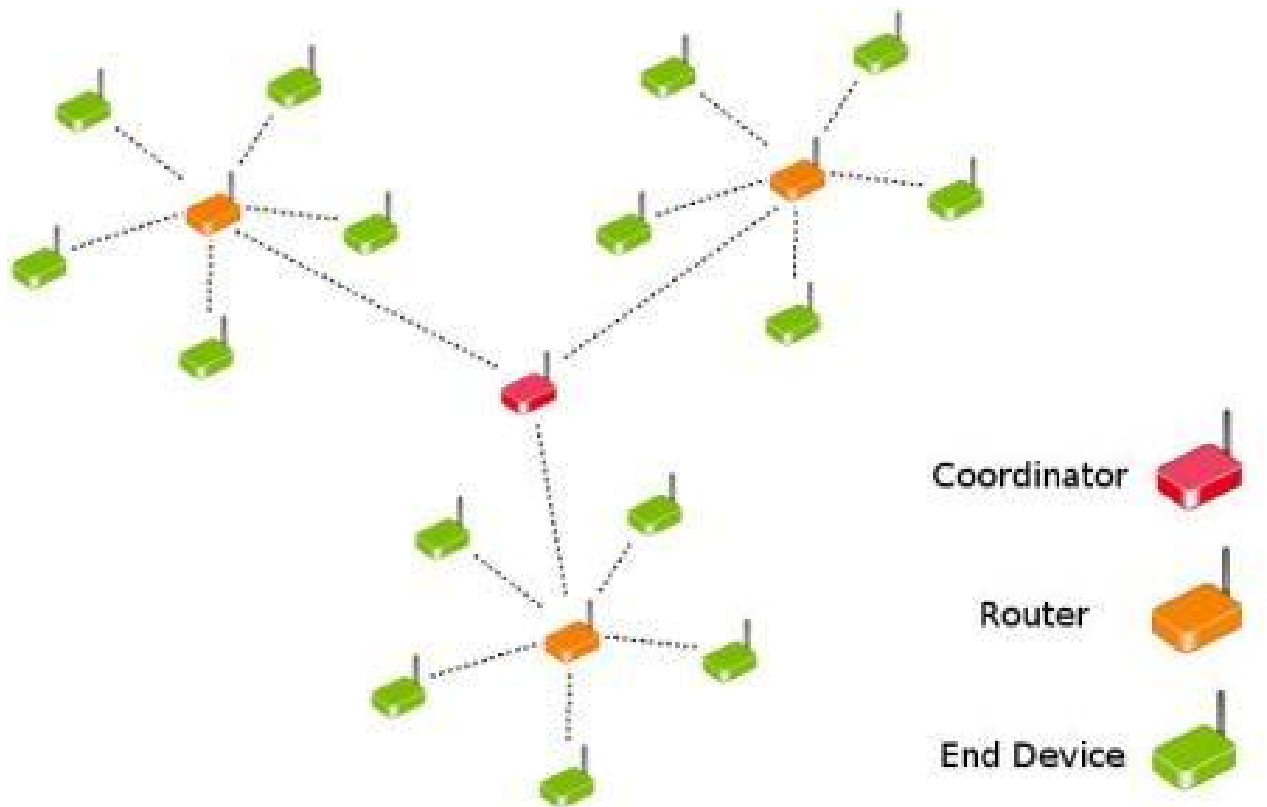
- 由于 **OLDM** 路由协议具有占用资源少、路由算法延时小、可靠性高、网络吞吐量高等优点,因此 **OLDM** 路由协议能够轻松管理超大规模的网络。比如: **65535+**个节点; **255+**级路或更大的网络。
- 扩展性好
- 基于 **OLDM** 路由协议,可以对路由协议报文进行扩展,容易实现 **QOS**、信道选择、自适应波特率等特性。

Wave Mesh 与 ZigBee 的比较

ZigBee 简介

- **ZigBee** 是一种无线网络协定,主要由 **ZigBee Alliance** 制定,底层是采用 **IEEE 802.15.4** 标准规范的媒体存取层与实体层。主要特色有低速、低耗电、低成本、支援大量网络节点、支援多种网络拓扑、低复杂度、快速、可靠、安全。
- **ZigBee** 的主要特点是在 **802.15.4** 的基础之上在 **2.4GHz** 频段采用 **DSSS** 调制技术。终端节点可以睡眠,但肩负路由工作的路由器不能睡眠,另外还需要启动和管理网络的协调器。**ZigBee** 有三种不同的版本:2004, 2006 和 2007。**ZigBee2004** 不再使用并且 **ZigBee2006** 有很多重要缺陷。**ZigBee2007** 进入了许多新的特性:频率的灵活分配、报文的分段、增加了密钥的管理使系统的安全性增加。网络拓扑采用分簇的树状结构,每簇由一个路由器加上多个终端节点组成星型结构。路由协议采用 **AODV** 算法在路由器之间寻找路由。
- **ZigBee** 协定层从下到上分别为物理层 (**PHY**)、链路层 (**MAC**)、网络层 (**NWK**)、应用层 (**APL**) 等。网络装置的角色可分为 **ZigBee Coordinator**、**ZigBee Router**、**ZigBee End Device** 等三种。支援网络拓扑有 **Star**、**Tree**、**Mesh** 等三种。
- **ZigBee** 的网络中设备的功能:
 - 协调器 **Coordination**: 启动管理整个网络,在网络启动之后担任路由器的工作。
 - 路由器 **Router**: 中继转发终端之间的报文。
 - 终端 **End Device**: 不参与路由,与路由器有着类似与子女-父母的关系。

ZigBee 的特点



ZigBee 网络拓扑结构如图所示，其中协调器和路由器不能由电池供电，只有节点可以睡眠。组网的规则如下：

1. 终端设备必须与路由器或协调器相连。
2. 所有终端设备由路由器和协调器链接在一起。
3. 路由器或协调器不能睡眠，并且需要缓冲来自于终端节点的数据。
4. 终端节点之间不能直接进行数据传输。
5. **ZigBee2007 Pro** 规定网络中的路由器设备数量为 **500+个**，每个路由器可以管理 **32-64** 个终端节点。

ZigBee 的优点：

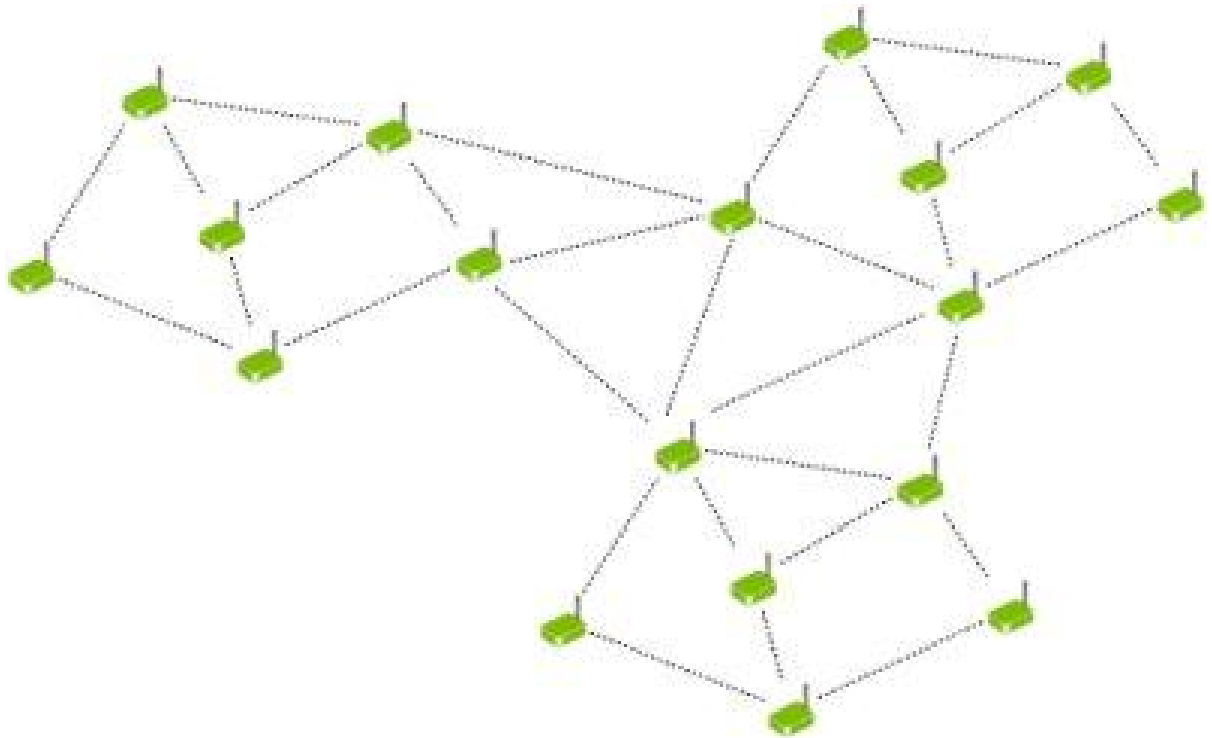
1. 终端节点非常省电。
2. **Cluster-Tree** 拓扑结构提供非常有效的路由。
3. 支持大规模大组网。
4. **ZigBee** 是一个业界的标准，不同厂家的设备可能进行通信。

ZigBee 的缺点：

1. 路由器和协调器不能睡眠。
2. **Cluster-Tree** 拓扑结构在网络拓扑发生变化是重建路由是非常消耗无线带宽和时间的，不适合拓扑结构经常变化的网络。
3. 不适合网络负荷大的网络，报文碰撞和丢包严重。

4. 一旦协调器不能正常工作会造成整个网络瘫痪。
5. 正因为 **ZigBee** 是一个业界的标准，其联盟厂家很多，标准日趋复杂化，增加了采用 **ZigBee** 设备的成本。

WaveMesh 的特点



Wave Mesh 网络拓扑结构如图所示，**Wave Mesh** 只有一种网络设备类型，是一种完全对等的网络拓扑结构。相对 **ZigBee**，**Wave Mesh** 支持点对点 (peer to peer) 全连接的 (Full Mesh) 网络拓扑结构，网络中的任何节点都能和其它节点直接建立路由。**Wave Mesh** 是真正的全连接的 **Mesh** 网络，网络中的每一个节点的功能和地位都相同，每一个节点都可以睡眠，每个节点同时担任“终端+路由器”的工作。

Wave Mesh 的优点：

1. 网络的架设简单、设备类型单一。
2. 网络的灵活性、可扩展性好。
3. 网络的稳定性好，部分节点遭到破坏不影响网络正常工作。
4. 网络的带宽利用率高、吞吐量大。
5. 协议栈的代码尺寸小，产品价格低廉。
6. 允许 **RF** 有多种调试方式、支持自适应速率。
7. 更大的报文载荷，更低的无线信号发送功率。
8. **RF** 芯片的选择非常丰富，更便宜。

**Wave Mesh 的缺点:**

- 1、目前不是业界标准。

ZigBee 与 WaveMesh 的比较表

	ZigBee	Wave Mesh
节点类型和优势	Coordinators、Routers、End Devices 等三种；End Devices 可以睡眠	单一类型，同质网络。稳定性好、可扩展性好、带宽利用率高、吞吐量大，每个节点都可以睡眠
网络拓扑结构	Cluster-Tree	Peer-to-Peer/Full-Mesh
路由协议	AODV	OLDM
同步机制	超级帧	全网异步唤醒算法
代码尺寸	50k~60k bytes	4k~6k bytes
节点数量	65536	65536+
安全性	128bit AES	128bit AES (可选)
帧载荷	80 bytes	255 bytes
可靠性	★★★	★★★★
可扩展性	★★★★	★★★★★
带宽利用率	★★	★★★★★
路由的稳定性	★★★	★★★★★
产品成本	★★★★	★★

怎样去选择 Wave Mesh 和 ZigBee

- **Wave Mesh** 和 **ZigBee** 都是网状网络协议，针对于低功耗、低成本的网络应用。可以应用在无线抄表（AMR/AMI）、智能楼宇、智能家居、工业控制、安防、传感器网络数据采集等领域。各有各的优缺点，怎样去选择 **Wave Mesh** 和 **ZigBee**？
- **选择 ZigBee 的理由：**
 - 是一个开放的标准，可能和潜在的其他设备厂商的产品进行通信。
- **选择 Wave Mesh 的理由：**
 - 全部节点都可以睡眠。
 - 产品成本更低廉。
 - 更健壮的 **Mesh** 网络。
 - 安装简单、扩展性好。



- 更灵活的 **RF**，可以用在 315/433/868/915 MHz **ISM/SRD** 频段。
- 更低的 **RF** 发射功率。
- 更大的帧载荷。
- 更快的网络吞吐量、带宽利用率。

Question?