

基于多功能芯片的组网方式探究

杜 斐,何嘉文,郭 蒙,蔡叶芳,田 泽

(航空工业西安航空计算技术研究所,陕西 西安 710068)

摘要:从高性能计算技术看,其发展主要受限于网络性能。在通信速度方面,面向存储及计算的网路,其发展都要比CPU落后一些。多功能芯片是一款用于航空领域的实现域内域间通信及分布式计算的嵌入式芯片,因此对芯片间的通信网络性能提出了新的要求。该文从多功能芯片应用需求出发,针对蒙皮系统对多功能芯片的组网要求,先简单介绍了自组网和分布式计算的概念和特点;然后从概念、协议、特点、性能等方面对当前主流的无线组网方式 ZigBee、蓝牙、802.11ac、802.11ad(WiGig)、802.11ax 和有线组网方式 10G 以太网、FC 网络、InfiniBand、RapidIO、1394、Myrinet、Quadrics 等进行了详细介绍,并比较了其特性和优缺点;最后根据多功能芯片对组网性能的需求,重点比较了 WiGig 无线组网方式和 InfiniBand 有线组网方式,得出 WiGig 无线组网方式符合蒙皮系统对多功能芯片的组网要求。

关键词:多功能芯片;自组网;分布式;网络;无线组网;有线组网;蒙皮系统

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2021)07-0097-08

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2021.07.017

Research on Networking Mode Based on Multi-function Chip

DU Fei, HE Jia-wen, GUO Meng, CAI Ye-fang, TIAN Ze

(AVIC Computing Technique Research Institute, Xi'an 710068, China)

Abstract: Network performance has been a bottleneck restricting the development of high performance computing technology. The development of communication speed is far behind the development of CPU in both computation-oriented network and storage-oriented network. Multi-function chip is an embedded chip used in aviation to realize intra-domain communication and distributed computing. Therefore, new requirements are put forward for the performance of inter-chip communication network. Based on multi-functional chip application requirements, based on networking requirements for multi-functional chip skin system, we firstly introduce the concept and characteristics of networking and distributed computing, and then from concept, protocol, characteristics, performance and other aspects, discuss the current mainstream wireless networking mode including ZigBee, Bluetooth, 802.11ac, 802.11ad(WiGig), 802.11ax and cable networking mode including 10G Ethernet, FC network, InfiniBand, RapidIO, 1394, Myrinet, Quadrics in detail and compare their features and advantages and disadvantages. At last, WiGig wireless networking method and InfiniBand wired networking method are compared according to the multi-function chip's demand for networking performance, and it is concluded that WiGig wireless networking method meets the multi-function chip networking requirements of skin system.

Key words: multi-function chip; ad-hoc network; distributed; network; wireless networking; cable networking; skin system

0 引言

智能蒙皮技术将广泛应用在未来机载系统,其并非传统某一与通信、信号侦察及雷达类似的单一功能应用,而属于各传感设备功能线程的共用。在设计传输单元、天线、采集电路、频段规划及信号处理单元等过程中,蒙皮都会做一体化处理,其系统架构不一样,一改以往的集中处理模式,变为分布式处理,数据及信号处理的方式和要求发生了体系性变化^[1-2]。

智能蒙皮传感器的数据处理终端和分布式网络节点需要基于任务的分布式内嵌自主互联多功能芯片,这样一款嵌入式芯片,需要满足如下功能:在一定的空间范围内,多个配置有该芯片的节点可以自主组建通信网络,进行海量数据的分布式云计算;节点数据传输带宽不小于 2 Gbps,任意节点可以离开或加入,若干节点出现故障不会影响其他节点的正常工作。

通信网络的组建可以采用有线组网或无线组网,

收稿日期:2020-08-05

修回日期:2020-12-08

基金项目:装备预研中航工业联合基金项目(6141B05060105)

作者简介:杜 斐(1987-),女,硕士,工程师,从事数字集成电路设计和验证等方面的研究;田 泽,博士,研究员,中国航空工业集团首席技术专家,研究方向为 SOC 设计、嵌入式系统设计、VLSI 设计等。

二者在成本、数据传输、安全性方面各不相同。有线网络在成本方面相比无线网络要高得多,并且有线网络布线改线工程量大、线路维护不易、各节点不可移动,而无线网络可以根据需求规划和随时调整。从有线网络传输看,主要通过实体线进行,如光纤、双绞线等,和通过射频进行传输的无线网络相比,不管是传输质量,还是传输速度与稳定性,都要好得多,且在传输距离上也优势明显,并且无视墙壁、拐角等地形因素。有线网络的传输发生在网络线缆中,监听难度大。与之进行对比,无线网络基本上是发散的,被监听的几率大,造成出现泄露的风险。网络传输旨在高质量进行传输,减少传输时间,从某种程度上而言,不管是传输速度,还是传输质量,均会对用户选择产生较大影响^[3-4]。

1 自组网和分布式计算简介

1.1 自组网

自组网属于自治系统的一种,主要由移动节点(内置无线收发装置)组成,具有临时性、多跳的特点。不管什么时间,在运用无线信道的基础上,将节点相互连接,便得到一个拓扑结构,形状为任意网状。节点并非固定的,能够随意进行移动,但网络拓扑结构亦将相应地有所改变。不管是独立环境,还是与 Internet 等现有网络基础设施相连接,都可以运行自组网。就后者而言,一般情况下,自组网通过末端网络与现有网络相连接,其仅能够在自治系统作为目的地的内部节点产生信息进出,不能在自治系统中穿越其他信息^[5-6]。

1.2 分布式计算

对分布式计算而言,其属于计算机科研分布式系统的重要组成部分,由于应用前景较大,且实用价值高,逐步得到人们的青睐。其在运用调整互连网络的基础上,组合处于分散状态下的各类计算资源,基于此得到共享资源集合后,向用户提供高性能服务、管理及计算的资源能力^[7-8]。详细而言,即分解一个计算量极大的问题后,变成若干任务,然后通过1台或者若干台计算机进行计算,然后将运算结果进行上传。云计算条件下,运行于相同计算机或者服务器中的若干个进程可通过分布式进行指代,不用通过全局数据共享方式进行协调,仅用消息传递机制即可实现,同时对某特定任务进行计算,普遍称之为分布式计算。现阶段,分布式计算还没有形成统一的定义,不过其基本内涵之间并不存在矛盾。中国研究所对其做出如下阐述:即于2个或者若干个软件中进行信息共享,上述软件能够运行于同一台计算机,亦可运行于连接网络后的若干台计算机。与其他计算方法进行对比,该计算有着如下的优势:能够把程序置于与其最相适应的计算机中运行;能够共享稀缺资源;能够通过若干台计算机

对负载进行平衡计算。

对于分布式计算,就其基本工作模式而言,某一计算量巨大的任务通过中心服务器进行分割,得到多个或者大量的任务单元,通过网络向若干台计算机分派任务,由其分别进行计算,然后把运算结果上传至中心服务器。该计算的特征也是由该模式所决定的。第一,系统具有整体协调的特性。第二,若某一独立环境下运行的计算机临时发生故障或者出现问题,各进行分布式任务计算的计算机仅属于局部视角之一,从整体系统来看,影响基本不大;在各个节点之间,主要通过传递消息的方式进行通信,未进行大量数据传输,且局部节点无法纵观全局,不同的节点均有其对应的主存储器及处理器,同时这个处理器仅可以对其主存储器进行访问;系统结构并非一成不变,其可以随意调整,主要由网络延迟、计算机数量、网络结构及规模等决定;在运转系统及执行任务之后,不管是网络连接,还是计算机类型,均会发生变化,基于会由于在某一分布式程序被执行之后,而导致系统出现变化;因为网络能够大范围进行跨越,若科学合理地进行设计,对分布式计算而言,能够得到十分优良的可扩展性;就分布式计算来说,虽然能够在任意时刻退出或者加入节点,且节点配置差异明显,但是经过科学合理设计的计算机制,能够对系统可靠性提供保障,若个别节点发生故障,基本上不会制约或者影响整个系统。

实现智能蒙皮自组网的一个目的就是利用分布式并行计算实现对作战任务的高效处理。因此在自组网方式选择时,必须考虑不同组网方式对分布式并行计算效率的影响。

2 无线组网方式

2.1 ZigBee

ZigBee 是一种新兴的短距离无线通信技术,是 IEEE802.15.4 协议的代名词。ZigBee 的研发主要以 IEEE 802.15.4 无线个人局域网标准为基础进行,涵盖了应用软件技术、安全技术与组网技术等,大多在远程控制、自动控制与无线传感器网络方面投入运用,能够将各类型设备嵌入其中。就 IEEE 802.15.4 标准而言,其只是对介质访问层与物理层协议做出了规范,基于此,ZigBee 对各类应用产品、安全层、网络层与应用支持层的资料进行了定义。从其协议栈架构看,涵盖了 ZigBee 网络层,还有 2003 版 IEEE 802.15.4 标准规定的物理层与媒体访问层,各层均能够实现某种功能,各层间的交换主要由接口来完成。根据协议规定,ZigBee 属于无线通信技术的一种,有着距离短、功耗低的特性。成本支出少、距离近、复杂性弱、数据速率低、自组织及功耗低,是其典型特点^[9-10]。

2.2 蓝牙

蓝牙是一种短距离无线通信技术,具有低能耗、低成本、高安全、高传输率等特点,目前大多使用蓝牙4.0版本。蓝牙最高支持24 Mbps传输速度以及100米以上的传输距离。其主要特点是可跨厂商互操作、成本支出小、功耗低等。此外,还有着良好的安全性、稳定性、设备兼容性、可靠性,运行速度也不错^[11]。

从载波通信角度看,其存在的一系列缺陷,可通过蓝牙技术来克服。在传输数据方面,蓝牙技术和其他现场有线连接方式进行对比,可不受现场环境布线难度大的束缚,无线连接方便快捷、速度快,且维护难度较小。

和红外线等其他无线技术进行对比,蓝牙技术有着更加优良的抗干扰性。如果干扰源无法进行预测时(特别是阳光强烈的条件),通过红外线技术进行数据传输,极有可能被干扰,但蓝牙技术运用了时分多址、高速跳频等相关技术,导致干扰源无法根据相同规律进行跳频,所以基本上不受干扰,能够在通信条件恶劣的情况下使用。此外,与红外传输协议不同,蓝牙传输数据时,无须对准对方设备,主要通过无线微波进行全方位的数据传输,对墙壁、非金属等障碍有着很强的穿透力,因此,与其他无线通信技术进行对比,蓝牙通信稳定性更好。

2.3 802.11ac

在无线局域网方面,自802.11n之后,研发了IEEE 802.11ac这个下一代新技术标准,旨在通过无线局域网进行数据传输时,能够享受吉比特级别的速度。802.11ac仍旧以不超过6 GHz的频率进行定位,与802.11n技术进行对比,其容器频率带宽在80 MHz到160 MHz之间,运用了最高可达256QAM的编码方式与多用户MIMO等多种先进技术,从理论传输速度看,802.11ac多终端总吞吐率的极大值为1 Gbit/s,单流吞吐量上限为500 Mbit/s。

2.4 802.11ad(WiGig)

IEEE 802.11ad(WiGig)任务组重点对在60 GHz频率下工作的,以IEEE 802.11标准为前提构建的MAC层、物理层的增补规范做出定义,旨在让用户依

旧享受和目前IEEE 802.11一样的使用体验、在各频段中透明地进行设备切换、确保MAC SAP层传输速度不低于1 Gb/s,同时可以兼容其他60 GHz系统。其具有下述主要技术特性:

(1)在物理层中,传输数据的速度上限可达到7 Gb/s,与IEEE 802.11ad设备需满足Gigabit级传输能力的要求相符;

(2)对若干应用模式适用,包括了多种设备形态,如高性能设备计算机、功耗较小的手持设备手机等,同时电源管理功能较为先进;

(3)基于IEEE 802.11进行设计,内置Wi-Fi功能,在2.4 GHz、5 GHz、60 GHz频段之间能够透明地进行设备切换;

(4)支持波束赋形,这一技术能够让信噪比进一步提升,在10米以上距离中还能够稳定地进行通信;

(5)加密算法选择了基于G/C模式的AES,安全性更好;

(6)DisplayPort、HDMI、PCIe与USB高性能I/O,可通过无线方式进行互联。

2.5 802.11ax

802.11ax中引入OFDMA(orthogonal frequency division multiple access)技术。OFDMA技术的主要原理就是把信道划分成多个子信道(sub-channel),MAC层协议给每个STA分别分配一个或多个子信道(这取决于STA的数量以及子信道的个数)。这样,在子信道充足的情况下,STA接入网络的信道碰撞概率会下降很多,多个STA在同一时刻可以在不同的子信道上接入无线网络。再结合物理层的MU-MIMO技术,实现更高效的多用户WLAN。

802.11ax使用5G频段进行传输,相比802.11ad在无线覆盖和穿墙能力方面有显著优势。加入了OFDMA来提升路由器可以发射出的数据量,最快可达14 Gbps。

2.6 几种无线组网方式特性比较

根据上述几种无线组网方式的描述,可以得出这几种无线组网方式的特性,如表1所示。

表1 几种无线组网方式比较

类型	带宽	传输距离/m	功耗	时延/ms	实现情况
Zigbee	250 Kbps	10~100	低	15	易
蓝牙4.0	25 Mbps	100	低	3~10	易
802.11ac 2.0	7 Gbps	30	高	-	易
802.11ad	7 Gbps	10	低	10	较易
802.11ax	14 Gbps	30	低	-	暂未

3 有线组网方式

3.1 10G 以太网

IEEE802. ae 标准定义了 10 Gbit/s 以太网标准,定义了基本的 10 千兆系统和一组光纤介质标准。随后补充标准增加了铜介质类型,包括基于双轴电缆的短距铜电缆连接和一个可长达 300 米的双绞线介质系统^[12]。10 Gbit/s 介质系统只支持全双工模式,采用星形布线拓扑。

基于 10G 以太网组网的主要优势是技术成熟,目前 10G 以太网已经广泛应用,组网成本相对较低。

3.2 FC 网络

光纤通道(FC)有着诸多的优点,如能够灵活地拓扑、延迟低、可远程传输、支持多种上层协议、带宽高等,作为一种通信协议,是为满足高性能传输需要而研发的。

FC 充分融合了网络传输的灵活性与通道传输的高速性,共设计了五层结构,具体是:FC-0、FC-1、FC-2、FC-3 与 FC-4;其中,第一层对介质与接口的物理特性进行了定义;第二层对传输协议与编解码进行了定义;第三层对传输数据规则做出规定;第四层的服务主要为了满足高级特性的通用所需;第五层对上层协议至 FC 协议之间的映射做出规定。FC 网络作为通信技术的一种,有着高速串行的特性,速率快,高达 4 bps 或 8 bps,甚至超过了 16 Gbps。此外,还有着能够灵活切换应用、质轻、延迟低、体积不大、可能性强等诸多优点,属于传输速率快、新一代通信技术^[13-14]。

3.3 InfiniBand

InfiniBand(IB) 是 IBTA 以通道为基础研发的高性能交换式系统互连标准,在传输数据方面,有着延迟低、带宽高的优点,且不管是可靠性,还是扩展性均较好。从 IB 网络看,各个节点之间和 IB 链路互连时选用了通道适配器 CA,传统网络中由于带宽竞争原因而导致出现的延迟高问题得到了有效解决。

就 IB 系统而言,其链路部分叫做 IB Link。从物理层面看,其可选用光纤或铜芯电缆。不管选择什么材质,其链路都具有双工传输的特性,各方向传输速度达到 250 MB/s,带宽达到 500 MB/s。此外,其链路还能够捆绑若干条链路,基于此得到 1 条单一链路,现阶段采取了 1X~12X 工作模式,即在 12 条链路范围内均可捆绑得到 1 条新链路,总带宽上限为 6 GB/s(最新的 InfiniBand 带宽单链路可以达到 14 Gbps,12 组链路数据总带宽可达 168 Gbps)。通常情况下,4X 模式在本机适配器中选用,1 个端口聚合了独立链路 4 条(各方向 1 对,共 2 对),提供 2 GB/s 的双向双应带宽。与此同时,从链路长度而言,光纤上限为 10 公里,而铜芯电缆上限为 17 米。

3.4 RapidIO

现阶段,从嵌入式系统数据传输方面看,RapidIO 技术是有且仅有的一个国际标准(iso/iec18372),所以,其在 VXS、AMC、ATCA、VPX 及 UTCA 等机械标准规范中得到了运用,当作板卡间的标准互连技术。

该技术的优点与应用场景具体如下:

(1) 成本小。普遍使用的器件都内置了 RapidIO 控制器,不用其他专用器件支持。

(2) 高带宽: 1. 25G、2. 5G、5G、10G、20G 接口标准。

(3) 延迟低。从 RapidIO 技术看,其带宽达到了 10G 级别,延迟达到了纳秒级,与 Local BUS、PCI-X、PCI 与 PCIe 等进行对比,延迟还要低。

(4) 标准互联的需求:能够对机箱、板、芯片、卡等高速设备在若干不一样操作系统、对等通信、多主机互连方面的需求予以满足,不用将设备配合因素考虑在内,不管是什么应用场景,处理流程都通过协议做出了规定。

(5) 模块化的设计和可重用:不管是连接器,还是接口,均是标准化器件,选用的是 Open VPX、CPCI、VME 连接平台标准,能够在新系统中便捷地进行既有模块移植,平台有着良好的易用性。

(6) 业界普遍支持:全世界普遍使用接口变化与扩展板、交换芯片、PowerPC CPU、存储阵列、DSP 及 FPGA 等,均支撑该技术,且能够直接移植或者参考许多原厂设计资源。

(7) 简洁的协议栈:从 RapidIO 总线看,其有着十分简洁的协议,仅对故障告警、寻址、最基础的节点发现及数据传输做出了规定,并选择上层应用软件对面向具体应用的、复杂性较强的处理细节进行处理,减少协议成本支出,在高效进行数据传输的同时,对排查故障也很有帮助。

(8) 分布式的处理能力:RapidIO 设计了具有对等性特点的双向传输结构,没有选择传统的主从式总线结构,这对分布式处理系统的搭建来说,十分便捷。

3.5 1394

现阶段,在航空电子领域,1394 总线是相对先进的一种网络技术,有着传输确定性、可能性及实时性等优势,能够对现阶段航空电子系统在机载总线方面的需求予以满足。

2004 年,在机载网络方面,为对容错性、带宽、实时性及可靠性等需求予以满足,SAE 基于 IEEE1394b 协议进行了裁剪与修改,设计了 SAE AS5643 协议。就此协议而言,其约束和裁剪了 IEEE-1394b 规范,采取容错、总线同步与数据传输等核心技术手段,对机载电子系统在功能方面的需求予以满足,使该总线能够

广泛应用到飞行器与军事中的任务/安全关键系统中。

3.6 Myrinet

Myrinet 由 Myricom 公司推出,是目前高性能计算机群系统中应用最为广泛的互连网络,其在组合独立信道的的基础上得到全双工链路,在传输数据过程中,早期产品各信道数据传输速度等于 640 Mbps,单链路传输数据速度上限 1.28 Gbps,现阶段的主流产品单链路双向传输速率达到 2 Gbps+2 Gbps。从物理层面看,早期 Myrinet 选择的扁平电缆为 18 芯,各方向均为 9 根,以此进行双向数据传输。该双工并行传输模式的运用,进一步提升了 Myrinet 的并行性,且能够实现高速传输。现阶段,产品选择了光纤互连方式。就 Myrinet 10 GB 这个最新产品而言,物理链路是和 10 G 以太网相同的。

Myrinet 主要缺点是相关技术主要掌握在 Myricom 公司,产品开放性、安全性不可控。

3.7 Quadrics

就 Quadrics 系统来说,主要以 DDR 技术为基础设计链路部分,传输一次数据的时间为 0.5 个时钟周期,内设 10 位数据位宽,其中 9 位是实际数据 1 位的时钟信号。各链路虚拟通道数量为 2 个,且各通道拥有相应的缓存。此外,各链路的流控选择了 16 位、128 路的 FIFO 缓存来完成。单方向链路拥有 400 MB/s 的带宽。Elan-4 与 QsNetII 这些新型产品,聚合了 2 GB/s 的链路带宽。

3.8 几种有线组网方式特性比较

根据上述几种有线组网方式的描述,可以得出这几种有线组网方式的特性,如表 2 所示。

表 2 几种有线组网方式特性比较

名称	总线模式	理论指标	拓扑结构	延迟
10G 以太网	-	10 G/s	总线型	接近 10 μs
FC 网络	-	16 G/s	点到点;仲裁环;交换结构	-
InfiniBand	PCI-E x12	每端口 2.5GB/s	通过级联形成更复杂的拓扑结构	5.2 μs(S/R) 3.8 μs(RDMA)
RapidIO	-	10.625 GB/s	分层结构	纳秒级
1394	-	3 GB/s	总线型	微妙级
Myrinet	133 MHz 64 bit	2 GB/s 每方向	通过级联形成更复杂的拓扑结构	6.5 μs (S/R) 7.3 μs (RDMA)
Quadrics	66 MHz 64 bit	400 MB/s 每方向	基于 4 叉胖树的拓扑结构	2.0 μs

4 总结比较

对上述各组网方式的分析发现,除了 WiGig,多数的无线组网方式由于带宽相对偏低,很难达到万兆级,不予考虑;有线组网方式中 FC 网络虽然延迟小,速度快,但是其相对高额的组网费用不适合实际预算,不予考虑。Myrinet 和 Quadrics 由于其不开源,不是公开的

标准,故获得难度大,不予考虑。以太网有着如下优势:性能优良,价格低廉,方便接入,且有着良好的可靠性。在搭建集群时,可作为其中一个选择。但是,相比于以太网,InfiniBand 在数据传输和低延迟两方面均比以太网要好。IB 有着延迟低的特性,所以可以在高性能计算领域应用。与此同时,从单位成本角度看,IB 的优势也非常明显。两者的比较如表 3 所示。

表 3 以太网与 InfiniBand 的优缺点比较

名称	带宽	延迟	应用领域	优点	缺点
InfiniBand(12x)	30G,60G,120G,168G,312G	不超过 1 微秒	企业存储及超级计算领域	吞吐量大,延迟小	从服务器角度看,需配备专用互联设备,且价格高昂
万兆以太网	10G	约为 10 微秒	数据中心骨干网、互联网等	大范围推广使用,目前属于业界广泛认可标准互联技术	降低延迟难度大

因此,在有线组网方式的选择中,更倾向于优势明显的 InfiniBand。下面对无线组网方式中的最优选择 WiGig 和有线组网方式中的最优选择 InfiniBand 予以进一步的探究。

4.1 WiGig

无线 WiGig 联盟于 2009 年成立,旨在将吉比特级

无线通信规范进行统一,进而对无线扩充基座、无线显示及既有应用(如网络链接)等提供支持^[15]。从 WiGig 看,在数据传输方面,不管是其 PHY 规范,还是 MAC 规范,速率上限均为 7 Gbit/s。与现阶段最快的 IEEE 802.11n 的 WiFi 网络进行对比,其传输速率还要高出至少 10 倍。WiGig 运行于不用经过授权的 60

GHz 频带环境,与目前的选择 5 GHz、2.4 GHz 频带的 WiFi 产品进行对比,其可选择的频谱要多得多。所以其提供的通道更宽,能够进行高速传输数据。

4.1.1 规范概要

WiGig 规范将成本、安全性、实现复杂性和既有无线网络的兼容性及性能等因素考虑在内。主要特性如下:

(1)数据传输速度上限为 7 Gbit/s。

(2)多应用设计,可以支持高性能设备,如电脑等,也可以支持功耗较小的手持设备,如手机等。此外,电源管理功能也较为先进。

(3)基于 IEEE 802.11 进行设计,内置 Wi-Fi 功能,支持 iPod 网络,在 2.4 GHz、5 GHz、60 GHz 频段之间能够透明地进行设备切换。

(4)支持波束赋形,这一技术能够让信噪比进一步提升,在 10 米以上距离中还能够稳定地进行通信。

(5)加密算法选择了基于 G/C 模式的 AES,安全性更好。

(6)DisplayPort、HDMI、PCIe 与 USB 高性能 I/O,可通过无线方式进行互联。

4.1.2 架构

WiGig 规范基于 IEEE 802.11 标准设计,同时对 MAC 与 PHY 做出了定义,以达到原生支持 IP 网络的目的^[16]。此外,能够让同时于 WiFi 网络上 2.4 GHz、5 GHz、60 GHz 频率上通信与 WiGig 通信的无线设备开发变成可能。与此同时,WiGig 规范还对 PAL 进行了定义,用来对 60 GHz 频带条件下的显示标准与特定数据提供支持。如图 1 所示,PAL 能够通过 PHY 与 WiGig MAC 执行上述标准接口,进而达到无线承载上述标准的目的。现阶段的 PAL 包括了音频/视频(A/V)在内,如 WiGig 串行扩展(WSE)、总线扩展(WBE)、视频扩展(WDE)与 I/O 接口。

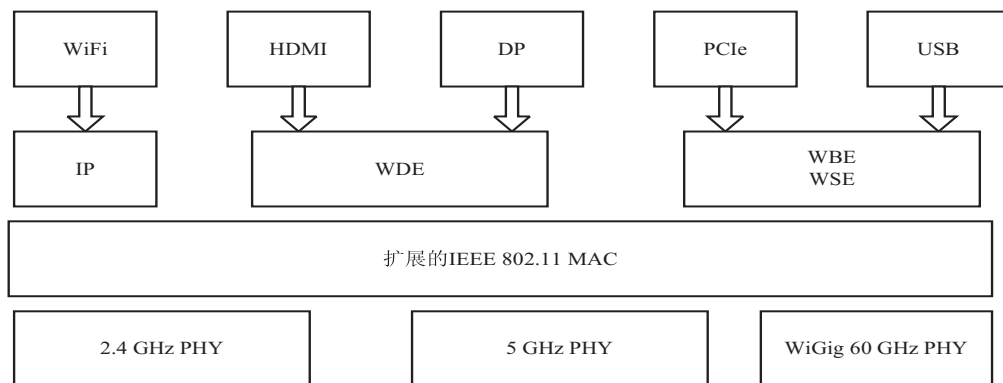


图 1 WiGig 规范架构

4.1.3 物理层

WiGig 使用的 60 GHz 频段,和 WiFi 选用的 2.4 GHz、5 GHz 频带一样,也不用进行授权,且在全世界范围内均能够取得。从可选择的频谱看,和 2.4 GHz、5 GHz 频带进行对比,60 GHz 频带要更多一些。通常情况下,选用的频谱为 7 GHz 频宽,但 2.4 GHz 频带则不一样,其选择了 83.5 MHz 的频宽。与 2.4 GHz、5 GHz 频带一样,该频谱也会划分成若干个通道。原因是 60 GHz 频段能够选择更多的频谱,所以有着更宽的通道,这对数吉比特级传输速率的实现有利。WiGig 规范对四个通道进行了定义,各通道均选择了 2.16 GHz,从可选择通道宽度看,和 IEEE802.11n 进行对比,前者是后者的 50 倍。因为上述宽通道的制约,所以需要能够高速传输的通信应用来支持 WiGig。能够对编码和调制方式进行规范支持,进而提供不一样的效益:

(1)从正交频分复用(OFDM)角度看,因为其延迟扩展较大,所以能够进行远程传输,反射信号与障碍处理过程中,有着更加优良的弹性。OFDM 传输速率

上限为 7 Gbit/s。

(2)从单载波(SC)角度看,其功耗不大,所以对功耗低、小型手持设备较为适用。其传输速率上限为 4.6 Gbit/s。

4.1.4 MAC 层

MAC 能够对先进应用模式提供支持,可减少功耗,和无线网络进行整合,以及确保安全可靠。

(1)网络架构。

WiGig 规范对新网络架构进行了定义,能够让两个设备直接进行通信,所以能够实现新型应用模式的研发,比如向电视或者投影仪传送影音内容,同步快速进行设备间的作业。规范对目前的 802.11 网络架构具有兼容性,例如和无线网络一样,也可选择共享 AP。

(2)无缝多频带运作。

一信通信进程可以于 2.4 GHz 或 5 GHz 的 WiFi 通道,以及 60 GHz 通道间无缝地、高效地进行转送。该设计极具创新性,可以于 60 GHz WiGig 网络的环境中,实现 2.4 GHz 或 5 GHz 无线网络的无缝回归。在该多频带运作下,能够让用户拥有更好的体验。用户

使用多频带装置之后,如果切换了设备频率,由 60 GHz 变成频率更低的无线通道,依旧可以对网络进行持续访问。从客户角度看,其期待着可以有和目前无线产品相同的性能,如果可以,可自行向传输速率更高的 60 GHz WiGig 网络进行自由切换。

(3)电源管理。

在减少电源消耗方面,WiGig 设备可以通过新一代计划访问模式来实现。对于两个不同设备,其间的通信如果选择方向性连接模式,则可对其通信时间进行设定,在此时间之外,设备处地省电或者休眠状态。该功能可以根据实际流量负荷情况,对电源管理模式进行精密设定,对手持设备如通过电池提供电源的设备、手机等有着十分重要的意义。

(4)先进的安全性。

从 WiGig 规范看,其基于 IEEE 802.11 功能强大的安全性机制进行开发,选择了为满足数据传输速度超过 10 Gbit/s 而设计的 G/C 模式。基于 AES 的加密功能更加强大,且可对效率和性能更好的硬件实现方式提供支持。

4.1.5 PAL 层

PAL 能够借助 WiFi 的 60 GHz WiGig 网络对消费电子与计算机接口进行承载。其可以让实现难度变小,能够开发有着内建支持特点的设备,势必会促进无线显示器、高速同步化作业、无线基座等先进应用的发展。由于其在 WiGig PHY 与 MAC 层进行直接定义,并非通过更高层次的协议层进行定义,而且可以通过

硬件来实现,所以 PAL 能够进行高效适配,功耗大幅度下降,性能进一步优化。

4.2 InfiniBand

InfiniBand 作为一种通信链路,主要面向 I/O 设备和处理器间的数据流。其对大部分可寻址设备都具有良好兼容性,数量达到 6.4 万个。InfiniBand 架构 (IBA) 作为一种行业标准规范,主要对点对点的 I/O 框架进行定义,大多在嵌入式系统、通信基础设施、服务器与存储设备的互连中应用。InfiniBand 有着成本少、延迟低、带宽高、普遍适用等优点,属于单一连接管理、通信、聚类与存储等多数据流的理想连接网络,拥有上万个互连节点。子网是完整的、最小的一个 IBA 单元,通过路由器将若干子网相连接,便能够得到大型的 IBA 网络。子网的构成部分包括子网管理器、交换机、端节点与链路等。

从 InfiniBand 系统看,其构成部分包括连接器、交换机、信道适配器 (CA)、线缆与路由器等。信道适配器有两种,即 HCA 与 TCA。从原理角度看,IBA 交换机和其他标准网络交换机差不多,不过一定要对 InfiniBand 成本小、性能佳的需求予以满足。InfiniBand 路由器主要作用是分割大网络,将其变成小子网,同时通过路由器进行连接。HCA 属于设备点的一种,在其作用下,可使存储设备或者服务器的 IB 端节点与 IB 网络连接起来。在 CA 中,TCA 属于独特的一种,大多在嵌入式环境,如存储设备中应用。InfiniBand 体系结构详见图 2。

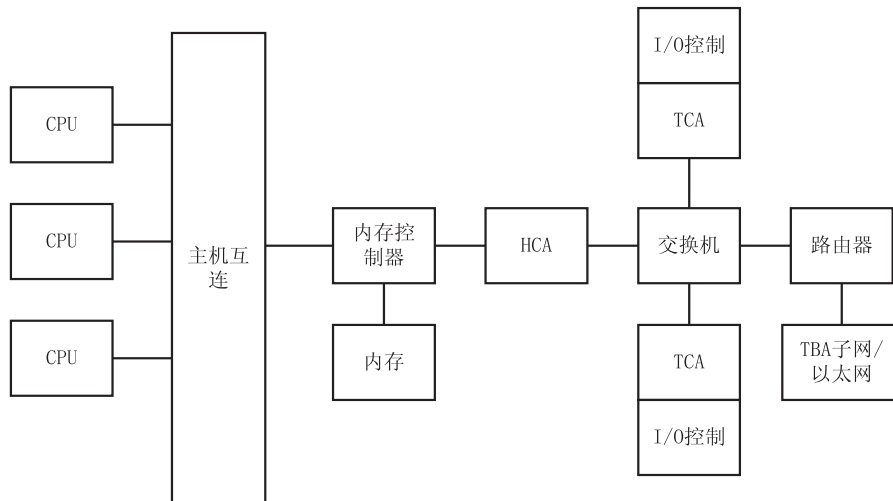


图 2 InfiniBand 体系结构

InfiniBand 有着下述多个优点:基于标准的协议、数据传输速度快、网络分区、远程直接内存存取、服务质量与传输卸载。

5 结束语

根据自组网的定义,自组网是无中心对等式网络。

分布式计算中则需要中心服务器利用网络分派任务。所以这里的自组网并非传统意义的自组网,将这里的自组网理解为:各计算节点开机后可以自动通过无线信道或网络线缆连接形成网络,在中心服务器控制下进行计算任务。

自组网结合其特性,在底层通信时,选择了无线传

输技术。但从无线信道看,因为其物理特性的原因,所以和有线信道进行对比,其网络带宽相对更低一些,而且在多用户对无线信道进行竞争共享时,会受到信道、噪声干扰及信号衰减、碰撞等一系列因素的制约,所以与理论带宽极值进行对比,实际上终端带宽要小得多。综合比较之下,若选用无线组网方式 802. 11ad (WiGig)更加接近要求。对于其传输距离只有 10 m 左右,可以通过中继器来扩展。

参考文献:

- [1] GUPTA L, JAIN R, VASZKUN G. Survey of important issues in UAV communication networks[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2016, 18(2): 1123-1152.
- [2] BEKMEZCI I, SAHINGOZ O K, TEMEL S. Flying ad-hoc networks (FANETs): a survey [J]. Ad Hoc Networks, 2013, 11(3): 1254-1270.
- [3] SEMSCH E, JAKOB M, PAVLICEK D, et al. Autonomous UAV surveillance in complex urban environments [C]//IEEE/WIC/ACM international joint conference on web intelligence and intelligent agent technology. Milan, Italy: IEEE, 2009: 82-85.
- [4] CASBEER D W, BEARD R W, MCLAIN T W, et al. Forest fire monitoring with multiple small UAVs [C]//Proceedings of the 2005 American control conference. Portland, OR, USA: IEEE, 2005: 3530-3535.
- [5] CASBEER D W, KINGSTON D B, BEARD R W, et al. Co-operative forest fire surveillance using a team of small unmanned air vehicles [J]. International Journal of Systems Science, 2006, 37(6): 351-360.
- [6] 程 潇, 董 超, 陈贵海, 等. 面向无人机自组网编队控制的通信组网技术[J]. 计算机科学, 2018, 45(11): 1-12.
- [7] 朱 庆, 张衡阳, 毛玉泉. 航空自组网 MAC 协议综述[J]. 计算机应用与软件, 2016, 33(6): 7-12.
- [8] MCLEAN S, WILLIAMS K, NAFTEL J. Microsoft. net remoting [M]. USA: Microsoft Press, 2002.
- [9] 金 纯, 罗祖秋, 罗 风. ZigBee 技术基础及案例分析 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [10] 孙 静, 于 洋. ZigBee 无线传感器网络树状路由协议研究[J]. 通化师范学院学报, 2011, 32(6): 25-27.
- [11] 黎卓芳. 蓝牙技术在物联网中的应用研究[J]. 现代电信科技, 2012(12): 61-66.
- [12] 张友亮, 刘志军, 马成海, 等. 万兆以太网 MAC 层控制器的 FPGA 设计与实现[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(6): 77-79.
- [13] STANISIC L, THIBAUT S, LEGRAND A, et al. Modeling and simulation of a dynamic task-based runtime system for heterogeneous multi-core architectures [C]//Euro-Par: European conference on parallel processing. Porto, Portugal: Springer, 2014: 50-62.
- [14] 张 志, 翟正军, 李 想. 航空电子光纤通道协议分析与接口卡设计[J]. 测控技术, 2010, 29(2): 99-101.
- [15] PENG D, ZHANG H, WENG J, et al. Design and development of Modbus/RTU master monitoring system based on embedded PowerPC platform [C]//IEEE international symposium on industrial electronics. Seoul, South Korea: IEEE, 2009: 2148-2152.
- [16] QIAN Z H, ZHANG H, PENG D G. Controlling methods of general purpose input/output for embedded PowerPC real-time system [J]. Measurement & Control Technology, 2007, 26(12): 58-60.