**会议名称：工业互联网产业联盟第十三次工作组全会频率工作组**

**会议地点：网络会议**

**会议时间：2020年7月7日**

**题目：电子信息制造业场景下的工业互联网频谱需求计算**

**来源：富士康工业互联网股份有限公司，高通无线通信技术（中国）有限公司，上海诺基亚贝尔有限公司，中国信息通信研究院，中国铁塔,【中兴通讯】**

**目的：讨论并采纳到相关研究报告中**

联系人：荣乐天，高路，李俨，王婷，王丽娜，刘琪，聂昌，

邮箱：[le-tian.rong@fii-foxconn.com](mailto:le-tian.rong@fii-foxconn.com); [lgao@qti.qualcomm.com](mailto:lgao@qti.qualcomm.com); [yanl@qti.qualcomm.com](mailto:yanl@qti.qualcomm.com); [tiw@qti.qualcomm.com](mailto:tiw@qti.qualcomm.com);[lina.2.wang@nokia-sbell.com](mailto:lina.2.wang@nokia-sbell.com);<liuqi@caict.ac.cn>; [niechang@chinatowercom.cn](mailto:niechang@chinatowercom.cn)；

本文稿针对可用于电子信息制造业场景下的工业互联网频率需求进行计算，主要基于工业互联网联盟频率组于2018年12月通过的工业互联网工厂内网络频率需求研究的预测方法[1]，业务建模和参数选取参考工业互联网联盟、IMT2020(5G)推进组以及5G产业方阵（5G AIA）于2019年11月联合发布的《电子信息制造业5G应用需求白皮书》[2]，并且根据5G系统无线参数评估假设，针对电子信息制造业的近期业务部署和中远期更高速率业务部署的情况，提出了电子信息制造业场景的工业互联网频谱计算结果和分析。

建议将附件采纳到工业互联网联盟白皮书《工业互联网频谱需求和管理模式研究》第六章中。

# 附件

# 典型场景下的工业互联网频率需求计算

## 汽车制造场景下的工业互联网频谱需求计算

……

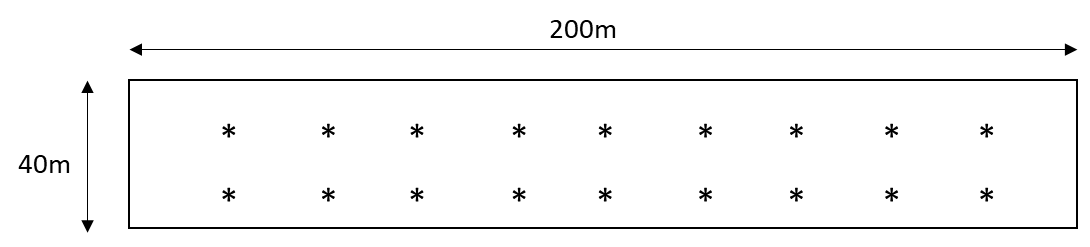
## 电子信息制造场景下的工业互联网频谱需求计算

在电子信息制造业，工业通信是整个企业的神经系统，自动化、智能化的生产更离不开高效、可靠的通信网络。然而，在无线通信高度发达的今天，制造领域依然普遍采用传统的有线通信，因为传统的无线技术，无法满足工业场景严苛的要求。5G通信技术克服了传统无线技术的局限性，时延、可靠性等性能取得突破进展，为加快现代制造业的发展提供了可能。随着工业4.0的到来，柔性化、智能化生产的需求日益强烈，同时5G通信技术在可靠性和时延上的突破，为无线应用到制造领域提供了可能。在未来工厂中，由无线通信提供的灵活、移动、通用的连接，必将对制造业生命周期中的生产、运输和服务带来革命性的发展。[2]。

针对5G应用到电子制造场景的不同发展时期的业务部署需求，通过研究一个常规电子信息制造工厂面积内的典型业务量情况，结合5G无线系统性能参数和无线基站部署的假设，对频率需求总量进行评估。

### 电子信息制造场景的无线参数假设

假定工厂厂房面积为8000平米，为长200米宽40米的矩形，在工厂内一共部署18个站址，每个站址上部署3小区(cell)，则在此厂房内共有54个小区(cell)。厂房站址和基站位置的拓扑所**图 1**示。



**图 1：电子信息制造工厂和基站部署拓扑示意图**

根据第四章的研究方法中无线参数集，通过5G系统级仿真研究提出以下参数和假设，如**表 1**所示。

**表 1：基于应用的工厂内网络频率需求分析的基本无线参数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参数 | 数值 | 说明 |
| （米） | 20 | 根据链路预算或者系统级仿真估计站间距 |
| 每个站址的小区数量 | 3 | 如果采用更好方向性的天线、毫米波段频率达到高效的空分复用，采用更高效的小区分裂技术，可以使得每个站址支持更多小区数量。 |
| 下行频谱效率  （b/s/Hz/cell） | 6.2 | 根据3GPP无线技术规范和系统级仿真，对每小区平均下行频谱效率进行评估假设 |
| 上行频谱效率  （b/s/Hz/cell） | 3.1 | 根据3GPP无线技术规范和系统级仿真等，对每小区平均上行频谱效率进行评估假设 |
| 负载因子 | 50% | 负载因子应反映不同可靠性要求的应用对网络负载的要求，可靠性要求越高网络负载因子越低。 |

### 电子信息制造场景下的业务数据模型

电子制造业的5G应用场景主要包括工业控制、自动导航车辆AGV、工业AR/VR、智能诊断维护、基于海量传感器接入的工厂监控等[2]。

* 工业控制系统是指通过计算、分析工业设备及工业传感器的数据，实现工业生产参数和生产流程的自动化控制，以提高生产效率和生产质量的工业自动化系统。在电子信息制造业，根据覆盖区域大小，将工业控制系统分为三个场景：设备内部控制、线体内及设备间控制、整个车间内生产控制。
* AGV (自动导航车辆Automatic Guided Vehicle) 需要与控制系统、其它AGV以及周边设备保持安全可靠的无线通信，对通信时延、可靠性、确定性和时钟同步提出严格要求。同时AGV的移动性，要求无线网络在室内外具备连续覆盖，并支持无缝切换。一种迅速崛起的导航方式是基于视觉实现AGV导航，视觉导航对无线通讯要求高，如果采用4K或8K摄像头，且视频上传边缘节点做实时分析，那么无线网络需要支持几十甚至上百Mbps的吞吐量。
* 现代化工厂也依赖传感器接入技术，将设备、环境和流程集成在一起，实现工业生产的智能化监控。传感器的种类和功能是多样的，如：温/湿度传感器、压力传感器、二氧化碳传感器和摄像头等，如：富士康车间已经部署了10万种不同类型的传感器。
* 工业AR/VR对通信时延、数据速率要求比较高。未来基于AR的智能巡检以及远程专家系统将迎来广泛的应用前景。在工业制造中，VR适用于3D产品设计、员工培训等场景。
* 在智能诊断场景中，通信网络需要提供较大的通信容量，但对于传输时延不敏感，AR/VR需求除外。如：富士康厂区约有100000台数控机床，每台机床最大转速约180000转/分，数据采集频率约15kHz，则产生的原始数据约720kbps。

参考《电子信息制造业5G应用需求白皮书》[2]，针对不同数据速率应用的情况，分别总结了近期部署的业务参数如**表 2**，以及中远期部署的业务参数假设如**表 3**。假设近期部署的场景中，涉及到视频的业务以4K分辨率为主；而中远期部署的场景中，涉及到视频的业务以8K分辨率为主。

**表 2：**近期部署的基本业务参数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | DL | | | | UL | | | |
| 应用 | 数据速率每终端 (kbps) | 终端  总数 | 平均激活因子 | 集总数据速率 (kbps) | 数据速率每终端 (kbps) | 终端  总数 | 平均激活因子 | 集总数据速率 (kbps) |
| 设备内  工业控制 | 50 | 100 | 1 | 5000 | 50 | 100 | 1 | 5000 |
| 线体内  工业控制 | 250 | 100 | 1 | 25000 | 250 | 100 | 1 | 25000 |
| 整间车间  生产控制 | 250 | 10000 | 1 | 2500000 | 250 | 10000 | 1 | 2500000 |
| AGV 控制 | 100 | 20 | 1 | 2000 | 100 | 20 | 1 | 2000 |
| AGV 视频 (4K) | 0 | 0 | 1 | 0 | 40960 | 20 | 1 | 819200 |
| 缺陷检测(4K) | 0 | 0 | 1 | 0 | 81920 | 150 | 1 | 12288000 |
| 震动传感器 | 0 | 0 | 1 | 0 | 480 | 150 | 1 | 72000 |
| 海量传感器 | 1 | 10000 | 1 | 10000 | 1 | 10000 | 1 | 10000 |
| 音频电话 | 100 | 20 | 1 | 2000 | 100 | 20 | 1 | 2000 |
| 视频电话 | 1536 | 10 | 1 | 15360 | 1536 | 10 | 1 | 15360 |
| AR (4K) | 153600 | 32 | 1 | 4915200 | 153600 | 32 | 1 | 4915200 |
| 智能诊断  维护 | 500 | 10 | 0.001 | 5 | 500 | 10 | 0.001 | 5 |

**表 3：**中远期部署的基本业务参数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | DL | | | | UL | | | |
| 应用 | 数据速率每终端 (kbps) | 终端总数 | 平均激活因子 | 集总数据速率 (kbps) | 数据速率每终端 (kbps) | 终端  总数 | 平均激活因子 | 集总数据速率 (kbps) |
| 设备内  工业控制 | 50 | 100 | 1 | 5000 | 50 | 100 | 1 | 5000 |
| 线体内  工业控制 | 250 | 100 | 1 | 25000 | 250 | 100 | 1 | 25000 |
| 整间车间  生产控制 | 250 | 10000 | 1 | 2500000 | 250 | 1000 | 1 | 250000 |
| AGV 控制 | 100 | 20 | 1 | 2000 | 100 | 20 | 1 | 2000 |
| AGV 视频 (8K) | 0 | 0 | 0 | 0 | 163840 | 20 | 1 | 3276800 |
| 缺陷检测(8K) | 0 | 0 | 0 | 0 | 163840 | 150 | 1 | 24576000 |
| 震动传感器 | 0 | 0 | 0 | 0 | 480 | 150 | 1 | 72000 |
| 海量传感器 | 1 | 10000 | 1 | 10000 | 1 | 10000 | 1 | 10000 |
| 音频电话 | 100 | 20 | 1 | 2000 | 100 | 20 | 1 | 2000 |
| 视频电话 | 1536 | 10 | 1 | 15360 | 1536 | 10 | 1 | 15360 |
| AR (8K) | 1048576 | 32 | 1 | 33554432 | 1048576 | 32 | 1 | 33554432 |
| 智能诊断  维护 | 500 | 10 | 0.001 | 5 | 500 | 10 | 0.001 | 5 |

### 电子信息制造场景频谱需求计算结果分析

总的上行以及下行频率需求可以用如下简化公式计算得到[1]：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

: 第n种应用的终端数

: 第n种应用的激活因子

: 第n种应用的每终端平均数据速率

: 小区负载因子(取值0到 1)

: 覆盖范围内小区总数量

: 上行或者下行频谱效率

结合**表 1**中的无线参数，以及**表 2**和**表 3**中的业务参数，可以得出电子信息制造场景下的频率需求计算结果如**表 4**所示。

**表 4：**电子信息制造场景频谱需求计算结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 近期 | 中远期 |
| 上行频率需求 | 220MHz | 765MHz |
| 下行频率需求 | 45MHz | 216MHz |
| 合计频率需求 | 265MHz | 981MHz |
| 上下行时隙配比 | 5:1 | 7:2 |

对于频率需求计算结果，初步分析如下：

•电子信息制造的工业场景中，上行业务需求远大于下行需求。中近期部署的上下行时隙比约为5:1，远期部署的上下行时隙比约为7:2。

•电子信息制造工业场景工厂部署的频谱需求近期至少要在260MHz，中远期可能达到接近1GHz。建议综合考虑中频段和毫米波频率规划，一方面通过中频段满足覆盖和中低业容量需求，另一方面通过毫米波频段的大带宽和多信道载波聚合来满足工厂内热点区域较大业务容量需求。

# 参考文献

1. AII-S-09-07，“可用于工业互联网工厂内网络频率需求研究的预测方法和所需要的参数集”，2018年12月
2. AII, IMT2020 PG,5G AIA，“电子信息制造业5G应用需求白皮书”，2019年11月