**会议名称：工业互联网产业联盟第十四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9月28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：高通无线通信技术（中国）有限公司，中兴通讯股份有限公司，上海诺基亚贝尔有限公司，**

**目的：讨论并采纳到相关研究报告中**

联系人：高路，孙莹，王丽娜，

邮箱：[lgao@qti.qualcomm.com](mailto:lgao@qti.qualcomm.com); [sun.ying8@zte.com.cn](mailto:sun.ying8@zte.com.cn)；[lina.2.wang@nokia-sbell.com](mailto:lina.2.wang@nokia-sbell.com);

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计算进行整合和更新。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]，参考ITU-R建议书 M.2410中对IMT2020技术需求不同场景的5G系统上下行平均频谱效率的最低要求，此外对于4K/8K视频以及AR/VR的数据速率业务参数进行了统一，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，提出了两种电子信息制造业场景的工业互联网频谱计算结果示例和分析。

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，通过研究两个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。

电子制造场景1的无线参数假设主要由富士康公司提供[3]，电子制造场景2的无线参数假设主要由中兴公司提供[4]。

### 电子信息制造场景的无线参数假设

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**

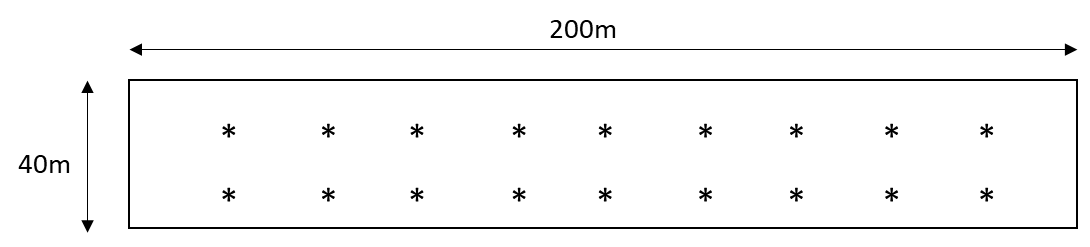
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参数 | 数值 | 说明 |
| （米） | 20 | 根据链路预算或者系统级仿真估计站间距 |
| 每个站址的小区数量 | 1或者3 | 如果考虑小站常用全向天线配置，则每站址小区数量为1。如果采用更好方向性的天线、毫米波段频率达到高效的空分复用，采用更高效的小区分裂技术，可以使得每个站址支持更多小区数量，比如3。 |
| 下行频谱效率  （b/s/Hz/cell） | 9 | ITU-R M.2410 indoor hotspot |
| 上行频谱效率  （b/s/Hz/cell） | 6.75 | ITU-R M.2410 indoor hotspot |
| 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

#### 电子信息制造场景1业务数据模型 （富士康）

本场景中的业务数据模型主要由富士康公司提供。

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，如果每个站址上部署1个全向小区(cell)，则在此厂房内共有18个小区(cell)。如果每个站址上部署1个三扇区小区(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。



1. **图 1：电子信息制造工厂和基站部署拓扑示意图**

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**：场景1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 | 1000 | 1 | 250000 |
| AGV 控制 | 100 | 20 | 1 | 2000 | 100 | 20 | 1 | 2000 |
| AGV 视频 (4K) | 0 | 0 | 0 | 0 | 32000 | 20 | 1 | 640000 |
| 缺陷检测(4K) | 0 | 0 | 0 | 0 | 64000 | 150 | 1 | 9600000 |
| 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 (4K) | 64000 | 32 | 1 | 2048000 | 64000 | 32 | 1 | 2048000 |
| 智能诊断  维护 | 500 | 10 | 0.001 | 5 | 500 | 10 | 0.001 | 5 |

**表 3：**场景1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 | 10000 | 1 | 2500000 |
| AGV 控制 | 100 | 20 | 1 | 2000 | 100 | 20 | 1 | 2000 |
| AGV 视频 (8K) | 0 | 0 | 1 | 0 | 127000 | 20 | 1 | 2540000 |
| 缺陷检测(8K) | 0 | 0 | 1 | 0 | 254000 | 150 | 1 | 38100000 |
| 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 (8K) | 255000 | 32 | 1 | 8160000 | 255000 | 32 | 1 | 8160000 |
| 智能诊断  维护 | 500 | 10 | 0.001 | 5 | 500 | 10 | 0.001 | 5 |

#### 电子信息制造场景2业务数据模型 （中兴）

本场景中的业务数据模型主要由中兴公司提供。

本节参考《电子信息制造业5G应用需求白皮书》[2] 中的基于海量终端接入的工厂监控应用案例给出的技术要求和技术指标作出以下假设：工厂厂房面积为1000000平米，假设站间距20米，每站址1小区，共有2500个站址。如果每个站址上部署1个全向小区(cell)，则在此厂房内共有2500个小区(cell)。如果每个站址上部署1个三扇区小区(cell)，则在此厂房内共有7500个小区(cell)。假定用户总数为1000000，近期预估采用每平方千米1百万用户，远期预估采用每平方千米2百万用户。

**表 4：**场景2近期部署的基本业务参数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 近期 | | | | | | | | | |
|  | 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) | 用户比例 | 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 | 50000 | 1 | 2500000 | 5% | 50 | 50000 | 1 | 2500000 |
| 线体内工业控制 | 250 | 50000 | 1 | 12500000 | 5% | 250 | 50000 | 1 | 12500000 |
| 整间车间生产控制 | 250 | 100000 | 1 | 25000000 | 10% | 250 | 100000 | 1 | 25000000 |
| AGV 控制 | 100 | 4000 | 1 | 400000 | 0.40% | 100 | 4000 | 1 | 400000 |
| AGV 视频 (4K) | 32000 | 3000 | 0 | 0 | 0.30% | 32000 | 3000 | 1 | 96000000 |
| AGV 视频 (8K) | 127000 | 1000 | 0 | 0 | 0.10% | 127000 | 1000 | 1 | 127000000 |
| 缺陷检测(4K) | 64000 | 3000 | 0 | 0 | 0.30% | 64000 | 3000 | 1 | 192000000 |
| 缺陷检测(8K) | 254000 | 1000 | 0 | 0 | 0.10% | 254000 | 1000 | 1 | 254000000 |
| 震动传感器 | 480 | 4000 | 0 | 0 | 0.40% | 480 | 4000 | 1 | 1920000 |
| 海量传感器 | 1 | 750000 | 1 | 750000 | 75% | 1 | 750000 | 1 | 750000 |
| 音频电话 | 100 | 10000 | 1 | 1000000 | 1% | 100 | 10000 | 1 | 1000000 |
| 视频电话 | 1536 | 10000 | 1 | 15360000 | 1% | 1536 | 10000 | 1 | 15360000 |
| AR (4K 3D) | 64000 | 3000 | 1 | 192000000 | 0.30% | 64000 | 3000 | 1 | 192000000 |
| AR (8K 3D) | 255000 | 1000 | 1 | 255000000 | 0.10% | 255000 | 1000 | 1 | 255000000 |
| 智能诊断维护 | 500 | 10000 | 0.001 | 5000 | 1% | 500 | 10000 | 0.001 | 5000 |

**表 5：**场景2中远期部署的基本业务参数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 远期 | | | | | | | | |
|  | 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 | 100000 | 1 | 5000000 | 50 | 100000 | 1 | 5000000 |
| 线体内工业控制 | 250 | 100000 | 1 | 25000000 | 250 | 100000 | 1 | 25000000 |
| 整间车间生产控制 | 250 | 200000 | 1 | 50000000 | 250 | 200000 | 1 | 50000000 |
| AGV 控制 | 100 | 8000 | 1 | 800000 | 100 | 8000 | 1 | 800000 |
| AGV 视频 (4K) | 32000 | 5000 | 0 | 0 | 32000 | 5000 | 1 | 160000000 |
| AGV 视频 (8K) | 127000 | 3000 | 0 | 0 | 127000 | 3000 | 1 | 381000000 |
| 缺陷检测(4K) | 64000 | 5000 | 0 | 0 | 64000 | 5000 | 1 | 320000000 |
| 缺陷检测(8K) | 254000 | 3000 | 0 | 0 | 254000 | 3000 | 1 | 762000000 |
| 震动传感器 | 480 | 8000 | 0 | 0 | 480 | 8000 | 1 | 3840000 |
| 海量传感器 | 1 | 1500000 | 1 | 1500000 | 1 | 1500000 | 1 | 1500000 |
| 音频电话 | 100 | 20000 | 1 | 2000000 | 100 | 20000 | 1 | 2000000 |
| 视频电话 | 1536 | 20000 | 1 | 30720000 | 1536 | 20000 | 1 | 30720000 |
| AR (4K 3D) | 64000 | 5000 | 1 | 320000000 | 64000 | 5000 | 1 | 320000000 |
| AR (8K 3D) | 255000 | 3000 | 1 | 765000000 | 255000 | 3000 | 1 | 765000000 |
| 智能诊断维护 | 500 | 20000 | 0.001 | 10000 | 500 | 20000 | 0.001 | 10000 |

### 电子信息制造场景频谱需求计算结果分析

结合**表 1**中的无线参数，以及**表 2**，**表 3**，**表 4**和**表 5**中的业务参数，采用本报告第二章中频率需求预测方案，可以计算得出电子信息制造场景下的频率需求计算结果分别如**表 6**和**表 7**所示。

**表 6：**电子信息制造场景1的频谱需求计算结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 全向小区部署 | | 三扇区小区部署 | |
| 近期 | 中远期 | 近期 | 中远期 |
| 上行频率需求 | 208MHz | 847MHz | 69MHz | 282MHz |
| 下行频率需求 | 57MHz | 132MHz | 19MHz | 44MHz |
| 合计频率需求 | 265MHz | 979MHz | 88MHz | 326MHz |
| 上下行时隙配比 | 3.7：1 | 6.4：1 | 3.7：1 | 6.4：1 |

**表 7：**电子信息制造场景2的频谱需求计算结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 全向小区部署 | | 三扇区小区部署 | |
| 近期 | 中远期 | 近期 | 中远期 |
| 上行频率需求 | 139MHz | 335MHz | 46MHz | 111 |
| 下行频率需求 | 45MHz | 107MHz | 19MHz | 36 |
| 合计频率需求 | 184MHz | 442MHz | 61MHz | 147 |
| 上下行时隙配比 | 3:1 | 3:1 | 3:1 | 3:1 |

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。

•电子信息制造工业场景工厂部署的频谱需求，考虑全向小区部署近期至少要在184~265MHz，中远期可能需要442MHz~979MHz。如果考虑三扇区部署，近期频率需求可以在100MHz以内，远期频率需求大约330MHz以内。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
3. AII-S-13-02\_电子信息制造业工厂频谱需求研究-FoxconnQCNokiaChinaTowe-v1.2
4. AII-S-13-06\_工业互联网频谱需求和管理模式研究chapter6-ZTE