**工业互联网产业联盟第十四次全会**

**会议名称：频率工作组**

**会议地点：**

**会议时间：2020年9月28日**

**题目：汽车制造场景下的工业互联网频谱需求计算**

**来源：上海诺基亚贝尔有限公司，中国信息通信研究院，高通无线通信技术（中国）有限公司，爱立信（中国）通信有限公司，吉利汽车研究院（宁波）有限公司**

**目的：讨论并采纳到白皮书《工业互联网频谱需求和管理模式研究》中**

联系人：王丽娜，李晓帆，高路，王卫，姚军, 荆丽振

邮箱: [lina.2.wang@nokia-sbell.com](mailto:lina.2.wang@nokia-sbell.com);[lixiaofan@caict.ac.cn](mailto:lixiaofan@caict.ac.cn); [lgao@qti.qualcomm.com](mailto:lgao@qti.qualcomm.com); [victoria.wang@ericsson.com](mailto:victoria.wang@ericsson.com) ;[yaojun2@geely.com](mailto:yaojun2@geely.com)； [lizhen.jing@geely.com](mailto:lizhen.jing@geely.com) ;

本文稿主要针对汽车制造场景下的工厂内网络频率需求开展研究，研究了汽车制造场景下的各种业务数据模型和参数，并且根据5G系统的无线参数假设，针对高业务密度、中业务密度和低业务密度分别提出了汽车制造场景的频谱计算结果和建议。建议将附件采纳到工业互联网联盟的白皮书《工业互联网频谱需求和管理模式研究》第六章中。

附录

# 典型场景下的工业互联网频率需求计算

## 6.1 汽车制造场景下的工业互联网频谱需求计算

在不同工业领域中，汽车制造属于自动化实现程度较高的行业。随着竞争加剧，整车制造商们急需实现产品个性化，提高整车质量，提升生产效率，因此对生产过程中的柔性制造、质量检测和流程监控提出了更高的要求。

工业互联网技术的发展，培育了新模式新业态。通过构建连接企业信息系统、智能机器、物料、人等的工业互联网平台，贯穿汽车智能制造全产业链、全生命周期，实现工业互联网数据的全面感知、动态传输、实时分析，为智能制造、个性化定制生产模式创新提供良好支撑和契机。5G低时延，高可靠，大带宽的特性，能更好的支撑工业场景下多传感器、移动云机器人、视频监控、AR/VR远程指导和辅助操、AI机器视觉质量检测、远程控制、物流运送等对高效连接、低时延、高可靠和大容量数据传输特性的需求。

根据德国商业杂志Wirtschaftswoche的一份报告显示，德国汽车制造商大众汽车将于2020年在德国的122家工厂开始建设自己的5G移动网络，其他制造商如戴姆勒和宝马，也表达希望在工厂中建立5G无线网络的意向，希望通过工业互联网来实现工厂转型，提高效率，降低成本。因此，5G应用在汽车制造领域已经迫在眉睫。首先需要根据工厂的业务部署需求，计算特定地理面积内的业务量情况，结合5G无线技术参数和无线基站部署的假设，对频率需求总量进行评估。

### 汽车制造场景的无线参数假设

做为精益生产的典型场景，汽车制造的整个业务流程，都是基于严密而精确的设计，发送什么类型的数据，什么时候发送，都具有很强的计划性和确定性。因此，在计算汽车制造场景的频谱需求时，可以采用第X章中基于应用的方式，公式（13）也可以表述如下：

Fes = Total traffic data rate/ Nb of sectors/load factor /Spectral Efficiency （）

Fes Total  (Fes uplink + Fes downlink) （）

其中：Fes 表示需要的频谱数量

Total traffic data rate：数据速率总量

我们假设一天24小时的生产时间周期，因此将根据工厂的业务设计，统计24小时内的业务数据总量，再计算出该工厂内平均每秒所需的总吞吐率。

Load factor：网络负载因子

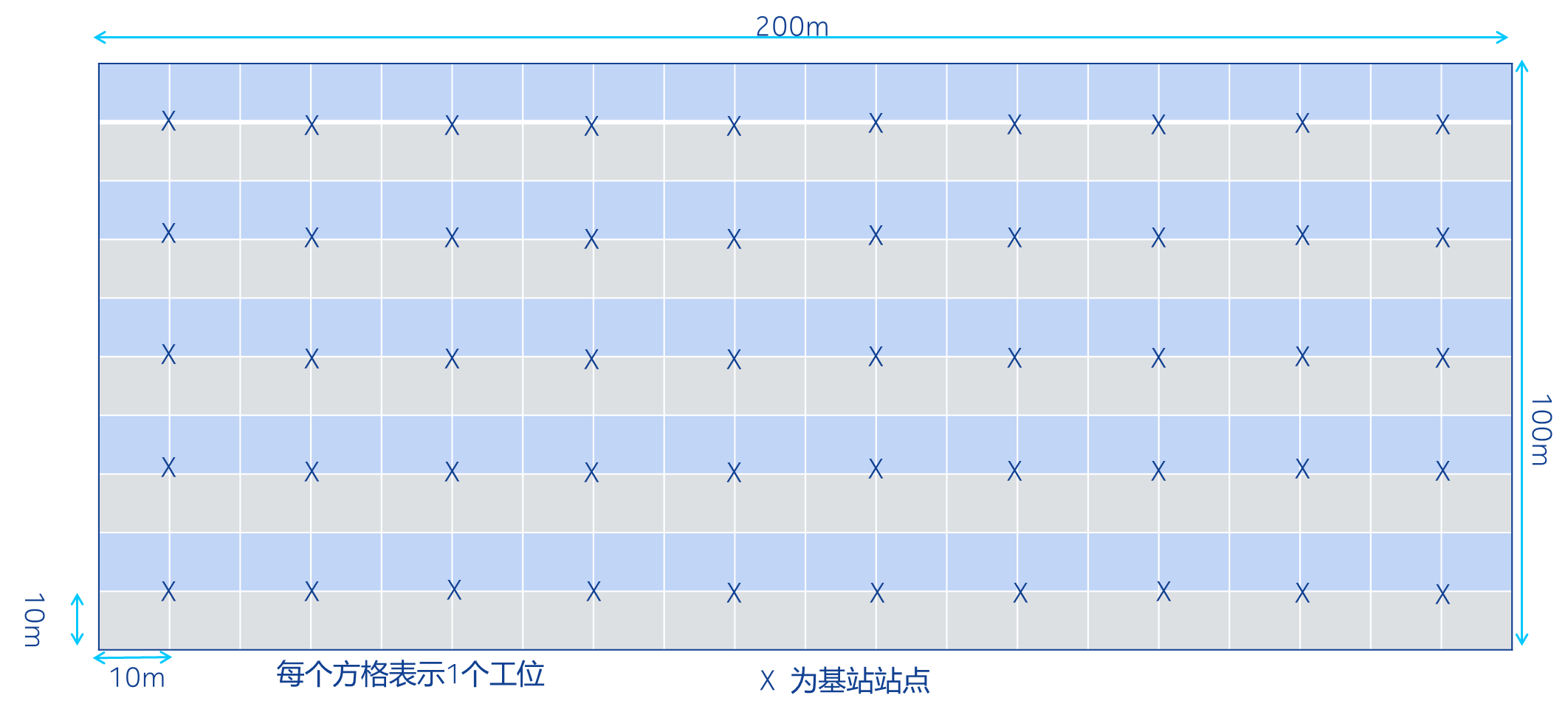
考虑到工业场景中有大量URLLC类型的数据，它们数据包不大，但对可靠性和时延都有很高的需求，因此该式中的Load Factor取值为50%。

Spectral Efficiency : 频谱效率

频谱效率采用ITU-R对5G 室内热点场景的最小需求值, 上行为6.75bit/s/Hz，下行为9 bit/s/Hz。

工厂环境和业务模型假设：

工厂面积为20000m2，里面有200个操作工位，每个工位平均面积100 m2 。



其中基站的部署采用矩阵模型，根据3GPP的参数，站间距设为20m, 对应也就是50个基站，相当于1个室内全向基站负责覆盖和处理4个工位上的数据业务。如果考虑高频段采用3扇区天线，则工厂内一共有150个小区。

### 汽车制造场景下的业务数据模型

2018年11月，在通信、汽车制造行业会员的努力下，工业互联网联盟发布了《无线应用场景白皮书—汽车制造领域（2018年）》，对整车制造场景下的无线应用场景做了非常详细的介绍。因此，本次频谱需求的计算，主要采用了该白皮书中的业务模型，并通过调研，对各应用场景下的消息数据包大小，发送频率，终端密度等数据进行了初步估计，从而计算出整车制造场景下的无线通信数据总量范围。

汽车制造从流程上分为冲压，焊接，涂装和总装四道工序。其中，总装车间，由于同时兼具视频检测和基于VR/AR的装配辅助应用场景，无线业务数据量是最高的（表XXX和表XXX 给出了三类工序下的业务模型），因此最终的汽车制造场景下的频谱需求就以总装场景的频谱计算结果。

在所有的业务种，明显红外相机、机器视觉以及VR/AR眼镜是最消耗带宽的应用：

根据《无线应用场景白皮书—汽车制造领域（2018年）》中描述，在汽车制造车辆质检中，会用到红外相机，速率为>250Mbps。由于每个工位的工作内容有差异，红外相机对于每个工位不是必备配置，只有部分工位需要，在低业务量场景下，我们假设红外相机数量为50台，中等情况下为80台，最高业务量场景下为100台。

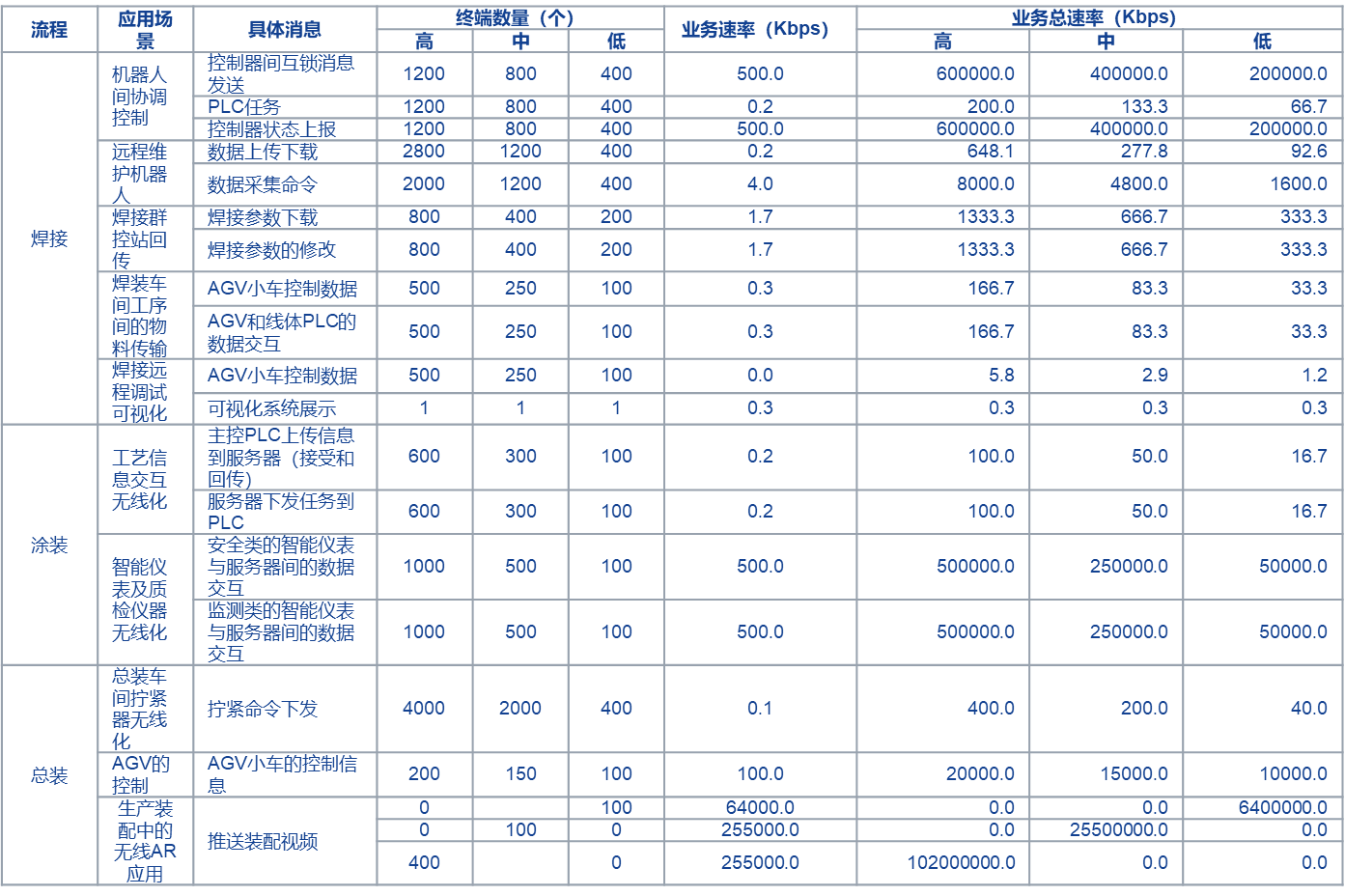
利用机器视觉实现质检已经得到越来越多的应用，比如使用机器视觉进行划痕检测。我们则假设使用8K视频，30fps，H.265的编码方式，数据速率为127Mbps。由于汽车体积较大，在进行质检时，假设1个工位需要6个可见光相机摄像头，每60度视角设置一个可见光相机摄像头。在低业务量场景下，我们假设100个工位部署了可见光相机摄像头（50%），则整个工厂共有600个摄像头，中等情况下为900台，最高业务量场景下，假设每个工位都部署可见光相机摄像头，则数量为1200台。

在装配实时视频上传场景中，我们假设低、中、高业务量场景下，整个工厂分别有100个4K VR/AR眼镜，100个8K VR/AR眼镜；400个8K VR/AR眼镜的使用。这里我们假设4K和8K VR/AR的DL数据速率分别为64Mbps和255Mbps，上行由于依然传送眼镜显示屏的摄像头数据，所以4K和8K VR/AR的UL数据速率分别为32Mbps和127Mbps.

表XXX 汽车制造三类工艺下的UL业务速率计算



表XXX 汽车制造三类工艺下的DL业务速率计算



### 汽车制造场景频谱需求计算结果

由于频谱的热点效应，频谱需求的测算需要基于累加业务量需求最高的场景进行计算，因此在汽车制造的4类车间中，选择总装车间作为汽车制造场景频谱需求计算结果。

可以得出汽车制造场景频谱需求计算结果如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率需求（MHz） | 全向小区部署 | | | 三扇区部署 | | |
| 高 | 中 | 低 | 高 | 中 | 低 |
| 下行 | 455 | 114 | 29 | 152 | 38 | 10 |
| 上行 | 1355 | 872 | 545 | 452 | 291 | 181 |
| 总计 | 1810 | 986 | 574 | 604 | 329 | 191 |