

多信道无线通信网络数据安全迁移研究

于 宁¹
YU Ning

摘 要

在多信道无线通信网络中,业务类型的多样化和数据流量的急剧增长导致不同业务对信道资源的需求存在显著差异。固定信道分配策略因无法依据网络状态的实时变化,对通信信道进行动态分配,特别是在网络负载波动大或突发通信高峰时,常导致信道资源利用不均、数据传输延迟增加甚至丢包,严重影响通信质量。为此,文章提出了一种基于自适应迁移策略的数据安全迁移方法。该方法构建无线网络的多信道通信模式,通过实时监测网络各信道的传输质量、负载状况及干扰水平,依据动态数据映射标准,智能标定传输数据的通信线程,实现多信道间的灵活切换与负载均衡。当数据在不同信道间迁移时,对通信地址进行解析与转换,结合信道动态分配结果,配置高效迁移链。该迁移链能够智能识别网络拥塞点,自动规划最优迁移路径,确保目标数据在拥塞发生时迅速迁移,同时保障其他通信数据的连续传输,避免数据传输中断和丢包现象。实验结果表明,所提方法在应对网络拥塞问题时表现出色,能够立即迁移目标数据,且在迁移过程中其他通信数据的数据传输行为不受影响,既保证了数据传输速率,又避免了丢包问题的发生。

关键词

多信道通信;无线网络;数据迁移;动态映射;线程标定;地址解析

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2025.10.031

0 引言

无线通信网络是由多个基站设备共同组成的网络体系,以无线电载波作为主要通信介质,可在非有线连接的情况下,完成对数据信息的传输。关于无线通信网络中的数据共享与传输问题,周姿含等人^[1]提出了基于迁移学习的数据迁移方法,定义基站终端用户在目标时序数据上的标签,并将其作为通信数据的目的共享域,从而在批量推荐时序数据样本的同时,建立信息参与与用户主机之间的共享传输关系。该方法在建立共享传输关系后,缺乏根据网络负载实时变化动态调整信道分配的机制。当网络负载突然增加时,原本建立的共享传输关系仍然按照之前的信道分配方式进行数据传输,导致信道拥堵,数据传输延迟增加甚至丢包。孙倩等人^[2]提出了基于超粒子引导的数据迁移方法,根据目标通信数据之间的相似程度调节信息传输速率,进而促进通信数据的正向迁移,再参考超粒子引导算法设置搜索条件,定义具体的通信数据迁移方案。该方法仅依据数据相似度调节传输速率,无法根据不同业务的特点和对信道的需求来动态分配信道,导致高需求业务无法获得合适的信道资源,数据传输延迟增加。为更好地解决上述问题,本研究基于理想化的通信线程

划分标准,设计新型的无线通信网络数据安全迁移方法。

1 多信道无线网络通信线程划分

1.1 多信道通信模式构建

在无线通信网络的数据迁移过程中,单一信道的固定带宽难以满足业务多样化和突发流量的高吞吐量、低时延需求,易导致网络拥塞和服务质量(QoS)下降。构建多信道通信模式能够提供一个灵活、高效的通信基础架构。该模式通过频分、时分、码分的多信道并行传输方式扩展总带宽容量,结合动态资源分配算法将数据流分散到多个信道,同时利用差异化调制策略适配不同业务需求,从而避免部分信道闲置或拥堵,提高数据传输的实时性和可靠性。

多信道通信模式旨在同时开放多个传输信道,以提升无线网络的容量水平。在迁移数据的过程中,这种多信道传输模式有助于提高无线网络的实时通信效率。在这种模式下,被定义为信源的节点通常是接入点(AP)终端或无线设备^[3]。传输通信数据的过程中,信源节点具有自定义加密机制与编码机制的能力,并可以根据无线网络内的实时负载情况进行通信调用,确保数据传输媒介两侧的发射终端与接收终端能够时刻保持对通信数据的敏感性。无线网络多信道通信模式的基础模型如图1所示。

1. 潍坊科技学院信息科学与工程学院 山东寿光 262700

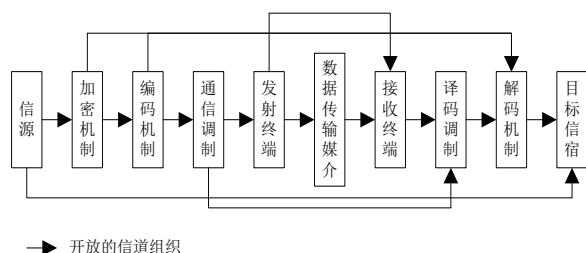


图1 无线网络多信道通信模式的基础模型

多信道通信模式中存在多种不同的无线对应关系：信源对应目标信宿，决定了通信数据的初始位置与目标传输位置；加密机制与编码机制对应解码机制，决定了通信过程中数据样本的加解密原则；通信调制对应译码调制，决定了通信数据在无线网络中的存在形式；发射终端对应接收终端，决定了无线网络对通信数据的收发处理能力。

1.2 动态数据映射规则定义

在无线通信网络的数据迁移过程中，多信道通信模式虽提供了多个传输信道，但要实现高效稳定的数据传输，必须依据实际需求合理分配数据。当某个信道负载较重时，系统会自动减少该信道的数据分配量；而当信道负载较轻时，则会增加数据分配量，以此实现信道资源的动态平衡。

这一动态分配机制的实现，依赖于符合数据传输需求的动态映射条件的定义。动态数据映射条件可理解为数据传输过程中与通信样本相关的信息关联条件，其对基站设备处理通信数据的能力有着重要影响^[4]。在多信道通信模式下，只有精确定义这些动态映射条件，才能建立起数据与通信样本的有效关联机制，使数据能够根据实时网络状况进行智能分配，进而最大化利用信道资源。

通常情况下，信源端输出的通信数据越多，在定义动态映射条件时，所需关联的样本参量也就越多。在数学运算条件下，可将多信道无线网络中的动态通信数据映射表达式定义为：

$$M = m_{\max} - \delta \left| \frac{\bar{m}}{m_{\chi}} \right|^{\chi-1} \quad (1)$$

式中： $m_{\max}$ 表示信源端所输出通信数据样本的最大值； χ 表示动态化通信参数； m_{χ} 表示 χ 参数条件下的通信数据样本实时传输量； δ 表示信道组织的动态分配系数； $\bar{m}$ 表示无线网络中的通信数据传输均值。

动态数据映射条件结合了动态信道分配的优点，在划分通信线程时，基于该方法能够确保通信数据在无线网络中的传输稳定性。

1.3 传输数据通信线程标定

在无线通信网络的数据迁移过程中，不同通信业务具有

不同的优先级、时延要求和带宽需求等特性。传统资源分配方式往往难以根据业务的实际需求动态调配资源，这会导致部分业务资源匮乏，而部分业务资源却过剩。因此，需要根据业务的实时状态以及网络拥塞状况，动态调整业务优先级。

通常情况下，无线网络的多信道通信模式允许优先级更高的通信线程优先通过网络基站，再按照标定次序组织其他线程通过同一个基站终端^[5]。推导多信道无线网络中传输数据的通信线程标定表达式为：

$$B = \beta \times b + \frac{1}{M} \sum_{\alpha \rightarrow \infty} v_{\alpha}^2 (C_{\alpha}) \quad (2)$$

式中： β 表示通信资源管理系数； b 表示目标通信线程的数值定义项； α 表示动态数据映射条件下的通信数据编码； v_{α} 表示通信数据在无线网络中的实时传输速率； C_{α} 表示 α 类通信数据在线程中的响应参数。

2 无线通信网络的数据迁移方法设计

2.1 通信地址解析及转换

在多信道无线网络中，数据迁移需要明确的目标地址来指引传输方向。标识符作为目标地址的一部分或关联信息，其格式正确性直接影响数据能否被正确解析并传输到目标地址。

通信地址可理解为多信道无线通信网络数据的目标迁移位置，其解析命名通常包含大量标识符。解析通信地址，即把密码格式的标识符转换为无线通信网络可理解的明码格式，以避免迁移过程中通信数据错误传输^[6]。推导通信地址的解析表达式为：

$$X_0 = \log_{Z_0} \gamma B A_0 \quad (3)$$

式中： Z_0 表示通信数据的源码格式； γ 表示标识符转换参数； A_0 表示源码模板。

通信地址转换就是利用明码标识符，规定目标地址端的数据样本编码格式，从而最大化保障通信数据在无线网络中的传输速率。推导目标通信地址的转换表达式为：

$$X_1 = \varphi^{-a} X_0 \quad (4)$$

式中： φ 表示通信数据的瞬时转码量； a 表示明码标识符下的数据编码格式定义项。

通过对通信地址进行解析与转换，无线通信网络能更准确地定义数据目标迁移节点所在位置，进而为通信操作的安全性提供保障。

2.2 信道资源分配

在无线通信网络的数据迁移过程中，完成通信地址的解析及转换后，明确了数据的目标迁移位置，但无线通信网络

中的信道资源是有限的,且多信道通信模式存在数据冲突问题。为了使数据迁移操作能在较为安全的环境下进行,需要合理规划和利用信道资源,因此需要进行信道分配^[7]。信道分配为迁移链配置提供了可用的信道资源,迁移链配置可基于已分配的信道资源来规划数据传输路径和方式。可将信道分配表达式定义为:

$$D = fX_1 + \phi s + d^2 \quad (5)$$

式中: f 表示通信数据分配系数; s 表示目标分配信息; ϕ 表示非冲突分配参量; d 表示信宿节点与数据输出节点之间的通信路径长度。

合理分配信道不仅能有效提升多信道无线网络数据迁移的效率,还能确保目标信宿节点与原通信节点之间建立稳固的对应性连接关系,进而显著增强迁移操作的安全性。

2.3 迁移链优化配置

无线网络信道资源有限且存在时变特性,仅分配信道无法保证持续稳定的数据传输。为避免因链路不稳定导致的数据丢包、错序或重复迁移,以及根据信道容量动态适配数据迁移量,防止过载或资源浪费,需要对数据传输路径和方式进行优化,因此需要进行迁移链配置。

在配置过程中,通信主机高效利用无线网络为其分配的信道资源,并在定容条件下,确定单位迁移链所能负载通信数据样本的最大值^[8]。从功能性角度来看,配置迁移链既能保证无线通信的时效性,又能有效避免数据样本的错误迁移。通信数据迁移链的标准配置表达式可定义为:

$$K = \frac{1}{\lambda} |lD|^2 + \sqrt{\eta t H} \quad (6)$$

式中: λ 表示无线网络中的数据样本定容值; l 表示信道资源利用率; η 表示单位传输周期内的通信数据迁移效率; t 表示无线网络所设定的通信周期; H 表示链结构对于通信处理的负载向量。

基于理想化通信线程划分标准所设计的无线网络数据安全迁移算法,对迁移链的配置提出了明确要求。应用该算法既能保证在单次迁移任务中大规模转移通信数据,又能避免迁移过程中出现数据丢包的问题。

3 实验分析

3.1 实验原理

在无线网络中设计如下对比实验,一方面验证目标数据迁移时刻与网络拥塞时段的符合关系,另一方面分析迁移过程中数据传输速率与丢包率的具体实验情况。将无线网络划分为基础系统与区块组织两部分,对于各网络区域内环境参数的设置如表1所示。

表1 无线网络的环境参数设置

分类	配置	参数
系统部分	主机系统	CentOS Linux release 7.6.1810 (Core)
	CPU	Threadripper i7-12600K
	内存	256 GB
区块组织部分	CPU	Ryzen 75700U
	内存	128 GB
	版本	v2.0
	共识	Raft
序列节点数量		3 个

通信数据在无线网络中的传输主要基于没有实体结构的信道组织,因此为保证实验的顺利进行,要求信道组织在整个实验过程中必须保持完全响应的连接状态,如图2所示。不同颜色的线条代表不同的信道组织,在监测时段内,所有线条均保持连续无中断,这表明目标信道组织对通信数据始终保持着高度敏感的反应状态。

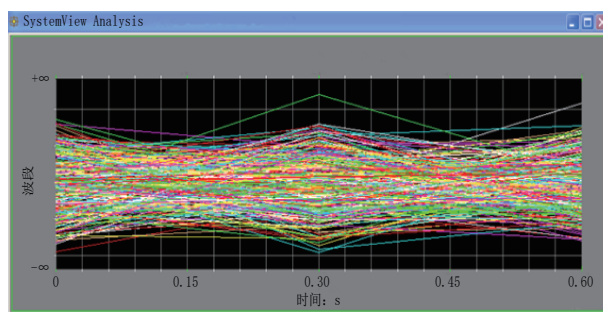


图2 无线通信网络的信道响应情况

3.2 数据处理

在通信网络发生拥塞时,其数据传输能力显著降低,导致拥塞时段的网络实时功率水平下降。实验过程中通信网络功率的实时监测数据如图3所示。

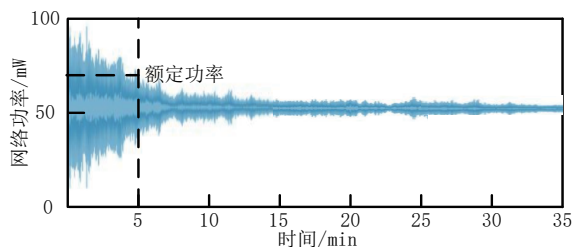


图3 通信网络功率

根据图3可知,实验进行到5 min时,网络功率达到额定值。此后,实时功率持续低于该额定水平,这表明目标通信网络从5 min开始进入了拥塞状态。

在数据迁移过程中,网络通信数据传输量会出现瞬时下降直至归零,随后逐渐恢复。将这一从骤降开始到归零的时段定义为数据迁移周期。采用不同方法实验获得的数据迁移

周期对比结果如图4所示。

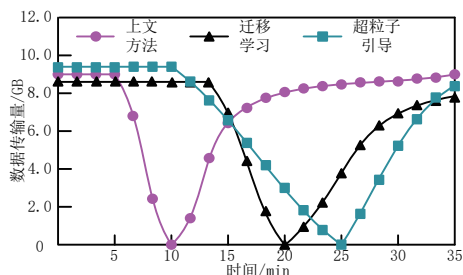


图4 数据迁移周期

根据图4可知，上文方法所定义的数据迁移周期为5~10 min，与目标通信网络拥塞时段的开始时间相同；基于迁移学习方法所定义的数据迁移周期为13~20 min，滞后于目标通信网络拥塞时段的开始时间；基于超粒子引导算法所定义的数据迁移周期为10~25 min，也明显滞后于目标通信网络拥塞时段的开始时间。这表明本文方法能够更及时地响应网络拥塞情况。通过实时监测网络各信道状况并依据动态数据映射标准智能标定通信线程、实现多信道灵活切换与负载均衡，有助于快速感知网络拥塞并作出反应，使得数据迁移周期能与拥塞时段开始时间同步，从而确保目标数据在拥塞发生时迅速迁移，保障其他通信数据的连续传输。

实验过程中，对于通信数据丢包率的计算为：

$$\theta = \frac{i-i'}{i} \times 100\% \quad (7)$$

式中： i 表示开始实验时的数据传输量； i' 表示结束实验时的数据传输量。

根据式（7）进行计算可知，上文方法的丢包率为0，基于迁移学习方法的丢包率为7.2%，基于超粒子引导算法的丢包率为9.8%，明显上文方法的丢包率最低。

图5反映了迁移过程中，通信数据传输速率的具体实验情况。

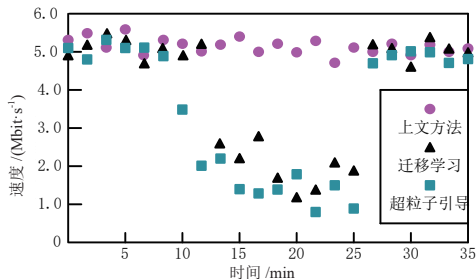


图5 数据传输速率

分析图5可知，采用基于迁移学习方法和基于超粒子引导算法进行实验时，迁移周期内的数据传输速率均维持在较低水平，这表明数据迁移对无线网络中的其他数据传输行为产生了影响；而采用上文所提方法进行实验时，迁移周期与

非迁移周期内的数据传输速率并无明显差异，由此可认为数据迁移不会影响无线网络中其他数据的传输。配置高效迁移链，使其能智能识别拥塞点、自动规划最优路径，可在保障目标数据迅速迁移的同时，避免对其他数据传输造成干扰，从而保障传输速率。

4 结语

本研究提出的多信道无线通信网络安全迁移方法，通过创新性地融合通信线程划分与自适应迁移策略，在保障通信质量方面展现出显著优势。实验证明，该方法在应对网络拥塞时成效显著，可迅速迁移目标数据，且不影响其他通信数据传输，保障了传输速率并避免丢包。与其他迁移技术相比，该方法不仅提高了迁移效率，更在保障无线通信网络稳定运行的同时，有效解决了网络环境中的通信安全隐患问题。

参考文献：

- [1] 周姿含,王叙萌,陈为.基于迁移学习的交互时序数据可视化生成方法[J].浙江大学学报(工学版),2024,58(2):239-246.
- [2] 孙倩,王磊,徐庆征,等.一种基于超粒子引导的自适应知识迁移多任务差分进化算法[J].控制与决策,2024,39(1):26-38.
- [3] 蒲勇霖,许小龙,于炯,等.流式大数据平台下的弹性数据迁移能效优化策略[J].通信学报,2024,45(2):188-200.
- [4] 吴敏浩,陈靖,郑子宇,等.基于迁移成分分析的火星LIBS光谱数据定量分析方法[J].量子电子学报,2024,41(3):463-472.
- [5] 马乐乐,刘向杰,高福荣.基于知识迁移的数据驱动迭代学习模型预测控制[J].中国科学:信息科学,2024,54(7):1752-1774.
- [6] 高爽,栾小丽,赵顺毅,等.多率量测下随机跳变系统迁移交互多模型估计[J].自动化学报,2023,49(1):210-218.
- [7] 刘靖宇,李萧言,李浩鹏,等.一种提高N-Code可扩展性的数据重组方案[J].小型微型计算机系统,2023,44(2):442-448.
- [8] 鲍光海,黄逸欣.基于ResNeXt网络和迁移学习的非侵入式负荷监测[J].电力系统自动化,2023,47(13):110-120.

【作者简介】

于宁(1979—),男,山东潍坊人,硕士,教师、副教授,研究方向:计算机网络。

(收稿日期:2025-04-16 修回日期:2025-10-10)