

5G：非正交多址技术（NOMA）的性能优势

移动通信技术发展到今天，频谱资源也变得越来越紧张了。同时，为了满足飞速增长的移动业务需求，人们已经开始在寻找既能满足用户体验需求又能提高频谱效率的新的移动通信技术。在这种背景下，人们提出了非正交多址技术（NOMA）。

非正交多址技术（NOMA）的基本思想是在发送端采用非正交发送，主动引入干扰信息，在接收端通过串行干扰删除（SIC）接收机实现正确解调。虽然，采用 SIC 技术的接收机复杂度有一定的提高，但是可以很好地提高频谱效率。用提高接收机的复杂度来换取频谱效率，这就是 NOMA 技术的本质。

NOMA 的子信道传输依然采用正交频分复用（OFDM）技术，子信道之间是正交的，互不干扰，但是一个子信道上不再只分配给一个用户，而是多个用户共享。同一子信道上不同用户之间是非正交传输，这样就会产生用户间干扰问题，这也就是在接收端要采用 SIC 技术进行多用户检测的目的。在发送端，对同一子信道上的不同用户采用功率复用技术进行发送，不同的用户的信号功率按照相关的算法进行分配，这样到达接收端每个用户的信号功率都不一样。SIC 接收机再根据不同用户信号功率大小按照一定的顺序进行干扰消除，实现正确解调，同时也达到了区分用户的目的，如图 1 所示。



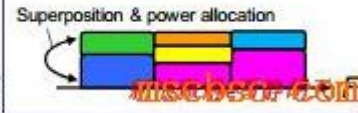
通信系统	3G	3.9/4G	5G
多址方式	Non-orthogonal (CDMA)	Orthogonal (OFDMA)	Non-orthogonal with SIC (NOMA)
信号波形	Single carrier	OFDM (or DFT-s-OFDM)	OFDM (or DFT-s-OFDM)
自适应技术	Fast TPC	AMC	AMC + Power allocation
频谱图	Non-orthogonal assisted by power control 	Orthogonal between users 	Superposition & power allocation 

图 1：下行链路中的 NOMA 技术原理

总的来说，NOMA 主要有 3 个技术特点：

1、接收端采用串行干扰删除（SIC）技术。NOMA 在接收端采用 SIC 技术来消除干扰，可以很好地提高接收机的性能。串行干扰消除技术的基本思想是采用逐级消除干扰策略，在接收信号中对用户逐个进行判决，进行幅度恢复后，将该用户信号产生的多址干扰从接收信号中减去，并对剩下的用户再次进行判决，如此循环操作，直至消除所有的多址干扰。与正交传输相比，采用 SIC 技术的 NOMA 的接收机比较复杂，而 NOMA 技术的关键就是能否设计出复杂的 SIC 接收机。随着未来几年芯片处理能力的提升，相信这一问题将会得到解决。

2、发送端采用功率复用技术。不同于其他的多址方案，NOMA 首次采用了功率域复用技术。

功率复用技术在其他几种传统的多址方案没有被充分利用，其不同于简单的功率控制，而是由基站遵循相关的算法来进行功率分配。在发送端中，对不同的用户分配不同的发射功率，从而提高系统的吞吐率。另一方面，NOMA 在功率域叠加多个用户，在接收端，SIC 接收

机可以根据不同的功率区分不同的用户。

3、不依赖用户反馈 CSI。在现实的蜂窝网中，因为流动性、反馈处理延迟等一些原因，通常用户并不能根据网络环境的变化反馈出实时有效的网络状态信息。虽然在目前，有很多技术已经不再那么依赖用户反馈信息就可以获得稳定的性能增益，但是采用了 SIC 技术的 NOMA 方案可以更好地适应这种情况，从而 NOMA 技术可以在高速移动场景下获得更好的性能，并能组建更好的移动节点回程链路。

从上面的描述中我们也可以看出，NOMA 虽然是一种新的技术，但是也融合了一些 3G 和 4G 的技术和思想。例如，OFDM 是在 4G 中用到的，而 SIC 最初是在 3G 中用到的。那么与传统的 CDMA (3G) 和 OFDM (4G) 相比，NOMA 的性能又有哪些优势呢？

3G 的多址技术采用的是直序扩频码分多址 (CDMA) 技术，采用非正交发送，所有用户共享一个信道，在接收端采用 RAKE 接收机。非正交传输有一个很严重的问题，就是远近效应，在 3G 中，人们采用功率控制技术在发送端对距离小区中心比较近的用户进行功率限制，保证在到达接收端每个用户的功率相当。

4G 的多址技术采用的是基于 OFDM 的正交频分多址 (OFDMA) 技术，不同用户之间采用正交传输，所以远近效应不是那么明显，功率控制也不再是必需的了。在链路自适应技术上，4G 采用了自适应编码 (AMC) 技术，可以根据链路状态信息自动调整调制编码方式，从而给用户提供最佳的传输速度，但是在一定程度上要依赖用户反馈的链路状态信息，如图 2 所示。

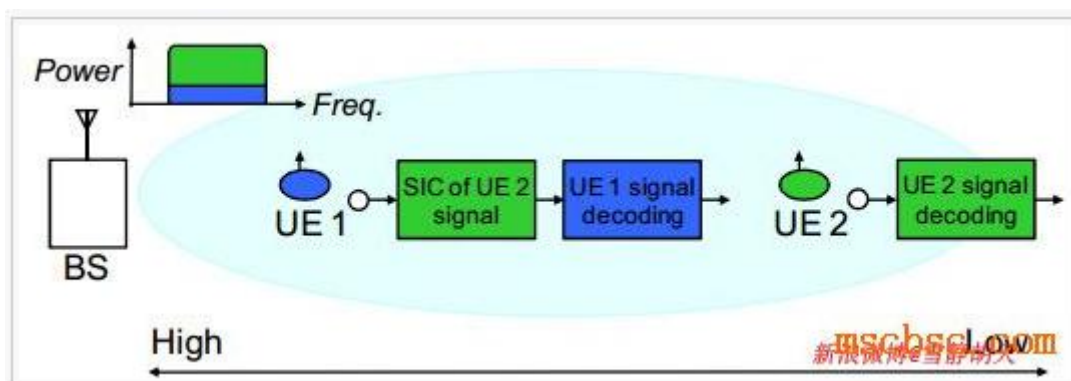


图 2：各种多址方式的技术方案

跟 CDMA 和 OFDMA 相比，NOMA 子信道之间采用正交传输，不会存在跟 3G 一样明显的远近效应问题，多址干扰（MAI）问题也没那么严重；由于可以不依赖用户反馈的 CSI 信息，在采用 AMC 和功率复用技术后，应对各种多变的链路状态更加自如，即使在高速移动的环境下，依然可以提供很好地速率表现；同一子信道上可以由多个用户共享，跟 4G 相比，在保证传输速度的同时，可以提高频谱效率，这也是最重要的一点。

虽然 5G 的具体技术标准目前还没有制定，但是从国际的一些主要研究组织发布的研究状况来看，频谱效率将是 5G 重点关注的一个方向。从这一点来看，既能满足移动业务速率需求又能提高频谱效率的非正交多址技术（NOMA）很可能将被 5G 采用为新的多址技术。

微信扫描以下二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。

