



Wi-Fi 7(802.11be)前瞻3: HARQ技术



徐方鑫 

Wi-Fi话题下的优秀答主

已关注

38 人赞同了该文章

收起

序言

虽然802.11be的技术还没有出,但是其将会应用到的一些技术在别的通信协议中已经有所采用,所以我们可以先了解下相关的技术特点,等协议出来以后再具体看802.11中的HARQ是怎么做的。

FEC和ARQ

FEC和ARQ技术是通信网络中为了解决传输误码而提出的两个技术，但是通常我们在学习网络协议的时候对这点可能不是很明显。

FEC (Forward Error Correction)：前向纠错机制，在802.11里面主要指的是卷积码或者LDPC用来做数据的纠错的。由于发送数据中有冗余的bit，所以如果部分bit受到干扰以后，就可以利用冗余的编码进行恢复，保证单帧传输的可靠性。

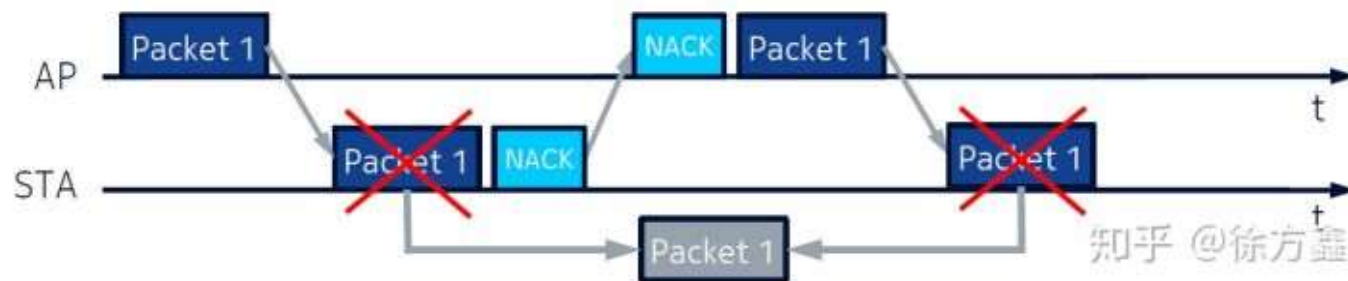
ARQ (Automatic Repeat reQuest)：自动重传机制，在802.11中我们知道是有ACK机制。当接收方接收到数据以后，需要做FCS校验，如果FCS校验失败，则不会反馈给发送方ACK。如果发送方没有收到ACK，则会重传当前的数据包。这个就是重传机制ARQ。

ARQ和FEC的区别：ARQ和FEC都是用来解决无线信道上误码率比较高的时候，如何提升可靠性的。ARQ技术可以做到利用ACK和重复发送来提高可靠性，但是需要额外的信道占用时间。而FEC是利用本身编码的冗余性，本身还是类似的。不过对于不同业务，ARQ和FEC的需求还是不一样的，如果是一个**时延敏感的业务**，为了提升可靠性，那么是要**采用FEC技术**，因为重传的时间开销会更长（比如在802.11中还需要重新竞争信道），而那些**时延不敏感的业务推荐采用ARQ技术**，因为如果传输无错，那么就不需要重传了，所以可以节省信道资源。还有一点需要注意，即**广播场景中只能够采用FEC技术**，而不好采用ARQ技术，所以在这个场景中，FEC具有独特性。另外在实际场景中，为了提升传输效率提高可考虑，可以考虑将业务进行分类，将传输错误率低的数据放在前面，时延敏感业务放在后面，然后前面的业务用ARQ传输，后面的用FEC，这样可以综合提升效率，并且保证一定的可靠性。

HARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest)

混合自动重传请求（Hybrid Automatic Repeat reQuest, HARQ），是一种将前向纠错编码（FEC）和自动重传请求（ARQ）相结合而形成的技术。

HARQ实际上是基于ARQ的基础上，将前面传输的数据包和重传数据包进行结合解码，提升成功解码的效率。其实HARQ早在802.11a的时代就有学术文章提出研究了，直到802.11be中才被应用，我在协议通讯中看到的说法是，“The time for long hanging fruits is over. Now we have to do the hard work”，就是简单的工作已经结束了，现在要去做一些困难的工作了。



HARQ的基本机制我们可以用上面的图来表示：

技术图例比较简单，如果有一个数据包在传输时发生了解码错误（即Packet 1），那么需要确认该数据包是解码错误的（即引入NACK，802.11be以前没有这机制），然后进行重传。如果重传的数据包还是错误，那么就将两个错误数据包进行合并重组（两个蓝色Packet 1合并成灰色的Packet-1），比如说Chase合并，最后形成一个正确的数据包。

我们可以参考LTE中的HARQ，大致可以分成两种HARQ机制

- 1) **基于软合并的（Chase合并）**，每一次HARQ重传都是整个数据包，然后利用软合并算法进行重组
- 2) **基于增量冗余的**。比如说采用删余编码（Punctured encoding）的，删余编码是利用本身冗余编码的性质，也就是我编码后的数据，初始是有冗余的，但是为了提升速率，我可以把冗余的内

容进行部分删除，类似于打孔删除，然后进行发送，这个机制就是删余编码了。那么在HARQ的情况下，就把前面打孔删除的信息重新加上，然后合并解码提升性能。所以删余编码可以进行增量重传。

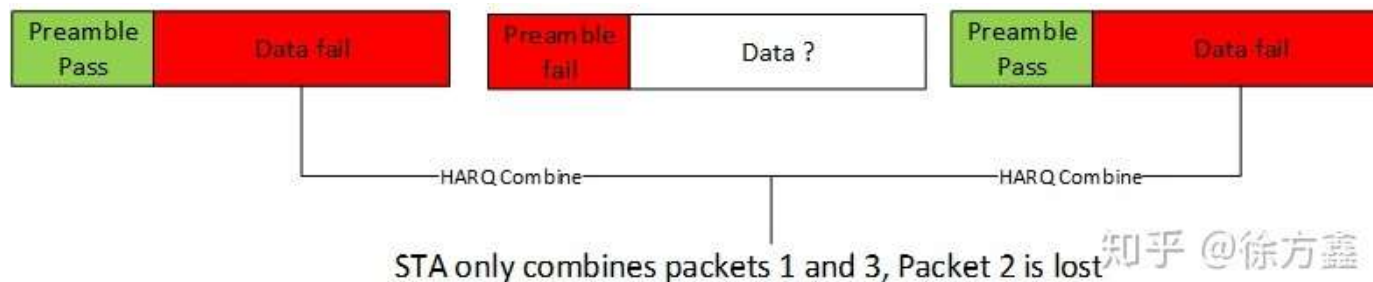
其实还有一种是部分冗余重传的，不过属于LTE的细节了，这里由于讨论的是802.11be里面的HARQ，所以就不是很关注了。

802.11be中HARQ的难点

在802.11be中部署HARQ还是有一些难点的，难点主要是源于802.11协议本身。

1) HARQ如何工作在冲突和解码错误的场景下？ 与LTE不同，802.11中目前还没有NACK机制，如果发生了ACK缺失的问题，那么该问题到底是通过冲突发生，还是解调误码发生，实际上是不得而知的。按照HARQ的理论，如果发生冲突是无法用的上HARQ的，目前看到的802.11be通讯文件中，这里还显示需要好好思考。

2) Preamble部分不采用HARQ，仅仅Payload？ 这也是802.11的特点了，802.11的帧结构可以说是信令和信元是封装在一起的，和LTE不同，LTE信元是单独的，所以HARQ直接作用于信元。而目前802.11中，Preamble部分承载了解调很多关键性的信息，包含了用于同步的STF，LTF（这里包含了多种同步，就不展开了），以及上层解调所需要的Length，MCS这样关键信息的SIGNAL字段。当获取这些信息后，才可以解调数据Payload。但是如果这些信息发生错误，目前还是无法用HARQ解决的，目前看到的协议部分还是关注于数据体Payload部分的合并重组，这点还有待关注。



IEEE 802.11-19/0791r1

好比该图所示，如果Preamble部分发生错误，是无法进行HARQ的。不过这个还要看协议最后怎么做的，学术paper上其实看到过很多这样的场景，其实Preamble部分按照道理也可以HARQ，但是具体工程协议而言，就需要考虑东西比较多了。

3) HARQ的具体算法。目前看来802.11be可能会采用最直接HARQ重传合并的算法，不过删余编码（Punctured encoding）这种机制也有其价值，802.11最终会采用哪一种HARQ的算法，也是要看协议最后出来才知道了。

4) 如何结合Link Adaption技术（AMC）。目前的802.11重传并不是单纯的直接重传，而是重传的时候会动态的调节物理层的编码机制，通过降低速率来增加冗余，提升抗干扰的能力。所以在这个机制下，HARQ如何与Link Adaption结合，也还要看具体最后的协议设计了。

综上还是HARQ协议中的一些待解决问题，技术上的难点并不是太多，学术上已经做过不少类似的研究了，但是落实到商业协议上，如果最可行的做到802.11的HARQ，我们最后还是看协议最后的版本才知道。

本文为原创文章，如需转载须注明出处和原文链接。