摘要

1. 绪论

第一节 5G研究背景和意义

1.1.1移动通信发展（2G，3G的优缺点，标准区别）

1.1.2 5G研究现状和研究意义

第二节 频偏算法研究现状

第三节 论文所做工作和章节安排

1. 系统介绍

第一节 多载波技术

第二节 OFDM系统原理

（分析优缺点，引出F-OFDM系统）

第三节 F-OFDM系统模型，系统性能等

1. 无线通信系统中频偏的影响和经典估计算法

第一节 频偏在系统中的产生及影响

1.无线信道的特性

2.本地振荡器得特性

3.频偏产生原因和影响

第二节 介绍几种频偏估计经典算法

（多挪列几种算法，从时域和频域两个方面，原理，核心，逻辑）

3.2.1基于循环前缀的频偏估计算法

3.2.2基于符号重传的频偏估计算法

3.2.3基于时域等值导频频偏估计

四、提基于卡尔曼滤波自适应频偏估计算法

第一节 卡尔曼滤波算法

4.1.1 EF算法和EKF算法

4.1.2卡尔曼滤波在FO中的应用

第二节 基于EKF的自适应频偏跟踪算法

第三节 MATLAB仿真及性能分析

五、改进的卡尔曼滤波算法

六、总结与展望

参考文献

第一章 绪论

**第一节 无线通信的发展**

　　移动通信的发展历史可以追溯到19世纪。1864年麦克斯韦从理论上证明了电磁波的存在，1876年赫兹用实验证实了电磁波的存在，1896年马可尼在英国进行的14.4公里通讯试验成功，从此世界进入了无线电通信的新时代。现代意义上的移动通信开始于20世纪20年代初期。而现代通信技术发展从上世纪20年代起到如今，大致经历了五个阶段。其中从上世纪60年代中期到70年代中期为第四阶段，这一阶段是移动通信的蓬勃发展期，1G也是始于这一时期。

　　1G的发展

　　1978年底，美国贝尔试验室研制成功先进移动电话系统(AMPS)，建成了蜂窝状移动通信网，大大提高了系统容量。1976年美国摩托罗拉公司的工程师马丁·库珀于首先将无线电应用于移动电话。

　　同年，国际无线电大会批准了800/900MHz频段用于移动电话的频率分配方案。在此之后一直到20世纪80年代中期，许多国家都开始建设基于频分复用技术(FDMA)和模拟调制技术的第一代移动通信系统即1G，传输速率约2.4kb/s。

然而由于采用的是模拟技术，1G系统的带宽容量十分有限。此外，安全性和干扰也存在较大的问题。再加上1G系统的先天不足，使得它无法真正大规模普及和应用，价格更是非常昂贵，成为当时的一种奢侈品和财富的象征。

即将迈入21世纪，通信技术也进入到了2G时代，和1G不同2G采用的是数字传输技术。这极大的提高了通信传输的保密性。2G技术基本可被切为两种，一种是基于TDMA所发展出来的以GSM为代表，每200KHz支持8个用户间隙。另一种则是CDMA规格，复用﹙Multiplexing﹚形式的一种，每1.25MHz信道上同时支持64个正交码的用户。随着2G技术的发展，手机逐渐在人们的生活中变得流行，虽然价格仍然较贵，但并不再是奢侈品。

　　过渡的2.[*5G*](http://www.eepw.com.cn/news/listbylabel/label/5G)

　　2G到3G的发展并不像1G到2G那样平滑顺畅，由于3G是个相当浩大的工程，要从2G直接迈向3G不可能一下就衔接得上，因此出现了介于2G和3G之间的衔接技术——2.5G。我们所熟知的HSCSD、WAP、EDGE、蓝牙(Bluetooth)、EPOC等技术都是2.5G技术。

　　2.5G功能通常与GPRS技术有关，GPRS技术是在GSM的基础上的一种过渡技术。GPRS的推出标志着人们在GSM的发展史上迈出了意义最重大的一步，GPRS在移动用户和数据网络之间提供一种连接，给移动用户提供高速无线IP和X.25分组数据接入服务。较2G服务，2.5G无线技术可以提供更高的速率和更多的功能。

　　2、移动通信发展历程(二)

　　3G的发展

　　随着移动网络的发展，人们对于数据传输速度的要求日趋高涨，而2G网络10+KB每秒的传输速度显然不能满足人们的要求。于是高速数据传输的蜂窝移动通讯技术——3G应运而生。目前3G存在3种标准：CDMA2000、WCDMA、TD-SCDMA。

　　中国国内支持国际电联所确定的三个无线接口标准，分别是中国电信的CDMA2000，中国联通的WCDMA，中国移动的TD-SCDMA。可以说3G的发展进一步促进了智能手机的发展，由于3G的传输速度可以达到几百KB每秒。

　　通过3G，人们可以在手机上直接浏览电脑网页，收发邮件，进行视频通话，收看直播等，还一度引出了3G手机可否取代PC的设想。

[*4G*](http://www.eepw.com.cn/news/listbylabel/label/4G)的发展

　　作为3G的延伸，[*4G*](http://www.eepw.com.cn/news/listbylabel/label/4G)近几年被人们所熟知，2008年3月，在国际电信联盟-无线电通信部门(ITU-R)指定一组用于4G标准的要求，命名为IMT-Advanced规范，设置4G服务的峰值速度要求在高速移动的通信(如在火车和汽车上使用)达到100Mbit/s，固定或低速移动的通信(如行人和定点上网的用户)达到1Gbit/s。

该技术包括TD-LTE和FDD-LTE两种制式(严格意义上来讲，LTE只是3.9G，尽管被宣传为4G无线标准，但它其实并未被3GPP认可为国际电信联盟所描述的下一代无线通讯标准IMT-Advanced，因此在严格意义上其还未达到4G的标准。相对于前几代，4G系统不支持传统的电路交换的电话业务，而是全互联网协议(IP)的通信。4G将为用户提供更快的速度并满足用户更多的需求。

**第二节 5G无线通信技术背景与研究意义**

三十年里，移动通信经历了从语音业务到移动宽带数据业务的飞跃式发展，不仅深刻地改变了人们的生活方式，也极大的促进了社会和经济的飞速发展。移动互联网和物联网作为未来移动通信发展的两大主要驱动力，为第五代移动通信（5G）提供了广阔的前景。面向2020年以及未来，数据流量的千倍增长，千亿设备连接和多样化的业务需求都将对5G系统的设计提出严峻的挑战。与4G相比，5G将支持更加多样化的场景，融合多种无线接入方式，并充分利用低频和高频等资源。同时，5G还将满足网络灵活部署和高效运营维护的需求，大幅度提升频谱效率、能源效率、和成本效率，实现移动网络的可持续发展。

显然，随着时代的发展，与以往的移动通信系统相比，5G需要满足更加多样化的场景和极致的性能挑战，归纳未来移动互联网和物联网主要场景和业务需要特征，其主要场景为：连续广域覆盖、热点高容量、低时延高可靠和低功耗大连接。于5G系统的设计满足的业务特征即：机对机通信（M2M），频谱碎片化，实时应用和异构网络。从无线传输层面看，即：

a)       由于 M2M 的大规模和不定时性，不宜采用对同步要求高的方案；

b)      若要充分挖掘已用频带之间的碎片资源，不宜采用旁瓣功率泄露较大的方案；

c)       实时应用，频繁地使用短帧传输数据；

d)      在异构网中不同子带应当是异步的、可灵活分配的。

因此对于多载波技术的选择具有很高的要求，正交频分复用（OFDM）作为当下应用最为广泛的多载波传输技术，其具有结构简单，理想状况下无载波和符号间干扰及与多天线技术完美结合等优点。然而，随着第五代移动通信的发展，OFDM 所具有的旁瓣泄漏大导致在由于频率时间同步有偏差时正交性丢失，以及由于添加循环前缀（CP）导致频谱效率低下等缺点就凸显出来了，限制了其在第五代移动通信中的应用。因此，5G候选波形的研究不可忽视，目前人们提出了多种热门的候选波形，例如 Filter-OFDM，FBMC，UFMC，GFDM等，本文主要是针对Filter-OFDM系统进行研究和仿真。

**第三节 论文工作和内容安排**

**第二章 F-OFDM系统介绍**

**第一节 OFDM系统介绍**

**2.2.1 多载波系统介绍**

通常我们的通信系统是单载波方案，如图2.1。其中g(t)是匹配滤波器，这种系统在数据传输速率不太高的情况下，多径效应对信号符号之间造成的干扰不是特别严重，可以通过合适的均衡算法使得系统能够正常的工作。但是对于宽带业务说，由于数据传输的速率较高，时延扩展造成数据富豪之间相互交叠，从而产生符号之间的串扰(ISI)，所以要求均衡算法更好，就引入了复杂的均衡算法，还要考虑到算法的可实现性和收敛速度。从另一个角度去看，信号的带宽超过和接近信道的相干带宽时，信道的时间弥散将会造成频率选择性衰落，使得同一个信号中不同的频率成分体现出不同的衰落特性，因此我们考虑多载波传输方案。

g(t)

信道

g\*(t)

图2.1 单载波系统基本结构

多载波传输通过把数据流分解为若干个自比特流，这样每个子数据流比特速率降低很多，用这样低比特速率形成的低速率多状态符号再去调制相应的子载波，从而构成多个低速率符号并行发送的传输系统。在单载波系统中，一次衰落或者干扰就可以导致整个链路失效，但是在多载波系统中，某一时刻只会有少部分的子信道会受到深衰落的影响，图2.2给出多载波系统的基本结构示意图。

g(t)

g(t)

g(t)

...

**+**

信道

g\*(t)

g\*(t)

g\*(t)

图2.2 多载波系统的基本结构

...

多载波技术有多种提法，如正交频分复用(OFDM)，离散多音调制(DMT)和多载波调制(MCM)，这三种提法在一般情况下等同，只是在OFDM中各子载波保持相互正交，而在MCM中不一定成立。

**2.2.2 OFDM系统介绍**

如上文所述，正交频分复用(OFDM)是一种多载波传输方案，但它既可以被看作是一种调制技术，也可以当作一种复用技术。在传统的并行数据传输系统中，整个信号频率段被划分为N个相互不重叠的频率子信道。每个子信道传输独立的调制符号，然后再将N个子信道进行频率复用。这种避免信道频谱重叠看起来有利于消除信道间干扰，但是这样不能有效利用宝贵的频谱资源。每个子信道之间要留有足够的保护频带，而且多个滤波器的实现也有不少困难。但对于OFDM系统，由于各个子载波存在正交性，允许子信道的频谱相互重叠，因此可以最大限度的利用频谱资源，如图2.3所示

(a)

(a)传统FDM 信道分配 (b) OFDM信道分配

节省的带宽

图2.3 传统频分复用与OFDM的信道分配

频率

频率

信道1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(b)

**2.2.3 OFDM系统的实现**

OFDM系统的框图如图2.4所示，数据流经过信道编码，数字调制，串并变化，实现

数据流

编码

数字

调制

S/P

IFFT

P/S

**...**

**...**

插入CP

DAC

信道

ADC

去CP

S/P

**...**

FFT

**...**

P/S

数字

解调

解码

数据接收

OFDM

反OFDM

图2.4 OFDM系统框图