

## 第 6 篇:《Adaptive Digital Beamforming Algorithm of Circle Array Based on Compressed Sensing》

—基于压缩感知的圆阵列自适应数字波束形成算法

该论文主要讲的是: 本文提出了一种基于压缩感知的应用在雷达接收站上的圆阵列自适应数字波束形成算法。根据空间中目标物的稀疏性, 我们利用压缩感知的理论设计了一个波束形成器。在相同的阵列孔径下, 该方法大大减少了实际阵列传感器的个数。在稀疏阵列的情况下, 首先利用压缩感知的理论对失踪信道中的回音信息进行了恢复, 然后利用该恢复出来的信号进行数字波束形成器权值的设计。最后, 仿真实验结果显示了所提方法的正确性。 **该文中明确提到了利用压缩感知的理论, 在相同的阵列孔径下大大减少了阵元个数, 这和我之前论文的想法不谋而合, 可以好好看看, 但要注意区别以及将其从圆阵转换到线阵或者平面阵**

## 第 10 篇:《基于压缩感知的圆阵自适应数字波束形成算法》

该论文主要讲的是: 根据目标在空间的稀疏性, 在圆形面阵的接收端, 提出了一种基于压缩感知的自适应数字波束形成算法。该算法在不改变波束性能与天线口径的前提下, 可以大大减少实际的阵元数目, 是一种新的稀布阵方法。在阵元稀布的情况下, 根据压缩感知的压缩采样理论, 先用重构算法恢复缺失通道的回波信息, 然后利用恢复得到的信号计算自适应权系数, 得到理想的自适应数字波束方向图。不同信噪比和干噪比情况下的仿真结果验证了所提算法的正确性和有效性。 **该论文是在上述第 6 篇论文的基础上加入一些新的仿真实验而发表的, 这两篇论文是一脉相承的, 看的时候注意一起看!** 阅读完第 6 篇文献以及第 10 篇文献可以明白: 这两篇文章同属一个作者, 而且内容几乎一致。它们的主要思路都是: 以阵元满足等边三角形分布的圆形面阵为参考, 在此基础上利用压缩感知理论对空域稀疏来波信号进行压缩采样, 这时就提出了本文的主要创新点——如何从一个圆面阵的所有阵元中抽取少部分阵元作为压缩采样的阵元, 这里是提出了一种阵元选取的**规则**。然后利用正交匹配追踪算法 **OMP** 对采集的信号进行重构得到整个阵列的通道数据 (全部数据), 最后利用采集到的数据计算阵元的自适应权系数 (采用 **LCMV** 算法), 最终得到波束图。上述提到的**阵元选取规则**就是本文的创新点, 同时也是实现稀疏布阵的方法, 它能够在大大减少阵元个数同时保持阵列孔径不变的基础上实现全阵列下的波束形成, 也就是达到了减少阵元个数的目的, 其余的信号模型、信号重建以及自适应系数计算等都是利用已有的方法。

## 第 11 篇:《Adaptive Beamforming With Compressed Sensing for Sparse Receiving Array》

—用于稀疏接收阵列的压缩感知自适应波束形成

该论文主要讲的是: 本文提出了一种针对稀疏接收阵列的基于压缩感知的自适应数字波束形成方法。由于到达信号的角度稀疏性, 压缩感知可以被运用到对接收信号的采样上去。然后, 从天线孔径上缺失的阵元上获得的接收信号可以通过压缩感知理论来重建。自适应数字波束形成算法被运用来形成天线波束, 所形成的波束主瓣指向期望信号的方向, 并且零点指向干扰的方向。 **这篇文章是发表在 IEEE 上的很好的文章, 也和我论文思路相符, 一定要将它与上面的该作者的另一篇文章 (第 6 篇) 一起好好看!!** 这篇文章主要是提出一种利用压缩感知和稀疏阵列设计来进行自适应数字波束形成的新方法。引言中主要是: 首先介绍了一下雷达等阵列系统中阵列孔径对波束形的性能的影响, 强调阵列孔径必须较大才能具有比较高的性能, 然而实际情况中阵元个数是受到限制的, 因此可以考虑在不改变阵列孔径的情况下尽量减少阵元个数的方法, 而稀疏阵列恰好满足这个要求。紧接着第二段讲了许多种非均匀周期阵列设计方法 (如: 遗传算法, 粒子群优化, 蚁群算法等), 这些算法能够减少阵元个数, 但引言第二段中所提到的这些算法都有一个缺陷: 只能应用在固定波束形成 (静态波束形成) 中, 而不能应用在自适应的波束形成中。然后引入了压缩感知 (**Compressive**

Sensing)，介绍了一下它的简单原理及应用。引言最后一段则是将本文的主要创新点进行了阐述：提出了一种基于压缩感知的针对大规模稀疏接收阵列的自适应数字波束形成方法；主要的成果是：大大减少了阵元的个数，同时还保证了阵列的性能与原始的全阵元阵列的性能几乎一致（也就是在保证阵列孔径或者说是波束性能的前提下减少了阵元个数）。第二部分主要讲的是一些基本原理：A、信号模型（同线阵接收模型，自己已推）；B、压缩感知的基本原理（信号的稀疏表示）与信号重建方法（以 OMP 算法为例）；C、两种自适应数字波束形成方法——正交投影算法和 LCMV（线性约束最小方差）算法的基本原理公式。第三部分则是本文的创新点——阵列阵元位置优化算法，该算法是本文提出的，这一部分很重要。第四部分则是对第三部分的阵元位置优化算法的补充（特殊情况解决方案），需要好好看看。最后则是仿真实验，主要包含四个大的实验：A、对本文提出的阵元位置优化算法进行检验；B、给出了两种数字波束形成方法的波束图（正交投影算法和 LCMV（线性约束最小方差））；C、进行蒙特卡洛实验，检验本文所提算法的有效性；D、给出了一些不在网格内的目标仿真实验（？）。文献 6/10/11 的思路都是：在已知某种阵列的基础上，通过压缩感知的理论实现阵列孔径不变情况下的阵元数的巨大减少，而基于这些阵列的波束形成性能没有受到影响。

#### 第 14 篇：《Wideband Beamforming Based on Compressive Sensing》

##### —基于压缩感知的宽带波束形成

该论文主要讲的是：宽带波束形成在阵列处理领域中具有重大意义。然而，现有的大多数算法在接收阵列的某些传感器出现问题时会停止工作，而且这种情况频繁的出现在实际的实验中。为了解决这个问题，本文提出了一种基于压缩感知的新的宽带波束形成方法。首先将接收到的信号分解得到多个子带信号，然后在每个子带上进行全阵列信号的构建并用波束形成技术进行处理。最后对信号进行综合来得到宽带信号。仿真实验结果显示了本文所提方法的优越性能，同时设计了一些额外的实验以便未来对其进行有效性的核实实验。该论文直接针对宽带信号，提出了一种针对宽带信号的、采用压缩感知技术进行波束形成的新方法，很值得看！通过认真阅读文章，我知道了：该文主要是解决了传感器阵列中某些阵元出现问题时候波束形成效果不好的问题，简单说就是利用压缩感知理论对损失的接收信号进行了恢复——在阵列无法接收到全部信号的情况下，没有利用全部的传感器进行信号的接收，而只是利用了部分传感器，以此来避免了信号的丢失。然后利用波束形成技术进行了波束形成，证明了利用压缩感知方法得到的信号能够较好的还原原始信号以及形成较好的波束图，这是本文的最主要创新点。

#### 第 15 篇：《Compressive Sensing for Array Signal Processing》

##### —基于压缩感知的阵列信号处理

该论文主要讲的是：压缩感知是一个新兴领域，其中传统的两步数据采集和压缩处理过程可以集成到一个步骤。压缩感测利用信号的稀疏性，并允许从比信号的原始大小少得多的测量数据中重建数字信号，只要测量满足某些合理的条件，例如受限等距特性，不相关性等，就有可能实现上述的数字信号重建。压缩感知理论也可以被运用到传感器阵列信号处理中去，本文将压缩感知应用到波达方向估计（DOA）中。本文使用两种不同的方法来实现压缩波束形成：在时域实现方法中，可以运用压缩感知理论来降低模数转换器的采样率即可以降低每一个传感器接收到的样本的个数；在空间域实现方法中，可以运用压缩感知理论将原本具有大量阵元的阵列压缩为少量阵元个数的阵列（即可以大大减少阵列阵元的个数）。本文将这两种方法与常规波束形成进行了比较，同时还发现它的输出与理想脉冲输出很接近。本文使

用子空间追踪的方法实现了压缩感知信号的恢复，同时也对上述两种方法进行了比较，得出结论：使用子空间追踪获得的结果优于先前论文中获得的结果。该论文主要提出了基于压缩感知实现波束形成的时域和空域的两种方法，信号恢复则采用的是子空间追踪法，值得好好看看，应该会有比较大的作用。这篇论文主要是对压缩感知在阵列信号处理中的应用进行了研究，主要内容安排是：引言主要说的是压缩感知理论的基本背景介绍，基于压缩感知的信号恢复方法的思路（第一种是凸优化的基追踪（Basic Pursuit, BP）方法，另外一种就是诸如 OMP（正交匹配追踪）法的贪婪算法），然后提到了一种比上述两种恢复算法更优的子空间追踪（Subspace Pursuit）算法。最后提到了可以将压缩感知应用到阵列信号处理中去的思路，其中已有文献【3】提出的对阵列中的阵元上的到达信号进行压缩测量的方法以及文献【4】提出的减少阵列阵列个数的方法，而基于 SP 方法的上述两种应用思路的效果比文献【3】和【4】更好。第二部分主要讲了 a、波束形成的基本原理；b、压缩感知基本原理。第三部分主要讲的是应用压缩感知进行阵列信号处理的时域实现方法以及空间域实现方法。第四部分主要讲的是子空间追踪算法的基本原理以及迭代数学过程。最后一部分是仿真实验，但实验是以 DOA 估计为主。