

審査結果の要旨

論文提出者 中村 勝洋

本論文は、「整数剰余環上の誤り訂正符号とそのデジタル通信系への応用に関する研究」と題し、5章より構成されている。大量のマルチメディア情報が高速に通信・蓄積・処理されている高度情報化社会において、信頼性の高い大容量通信が要求されており、それを実現するための誤り訂正符号技術は、現在必要不可欠な技術となっている。従来、誤り訂正符号は、有限体上で構成され、符号語間の距離はHamming距離に基づくものがほとんどであった。しかし、通信基幹回線の大容量化につれて多値直交変調方式が用いられることが多くなるに伴い、その変調方式に適したLee距離で測った誤りを訂正できる符号が必要となっており、さらにLee距離での誤り訂正に適した整数剰余環上の誤り訂正符号の実現が要求されている。本論文は、二重Lee誤り訂正可能な符号を整数剰余環上で構成する手法および理論を新たに構築すると共に、それらの符号を、差動符号化多値直交変調方式を用いた大容量マイクロ波無線通信システムへ適用するためのインプリメント手法を与え、その有効性を示したものである。

第1章は、序論であり、本研究の背景と目的を述べると共に、従来の符号理論の研究における本研究の位置付けを与えている。また、本論文の構成を示している。

第2章は、「整数剰余環 Z_q 上のLee距離に基づく誤り訂正符号」と題し、新しい符号の提案を行っている。まず、2.1節では、整数剰余環 Z_q 上のLee距離に基づく線形符号の定義を与えると共に、その符号を構成するために重要な役割をはたす整数剰余環 Z_q 上の線形フィードバックレジスタを取り上げ、それらに対して成立する性質（状態ベクトルの分類、特性多項式、周期、最大周期多項式など）を理論的に導出している。2.3節では、整数剰余環のガロア拡大環を考え、その表現方法を与えると共に、ガロア拡大環上で成立する性質を明らかにしている。2.4節では、2.1節～2.3節で示した性質を利用して、一重Lee誤り訂正符号の構成法と復号法を与えている。2.5節では、有限体上での符号構成手法を有限環上に適用することにより、一重Lee誤りのすべてと、二重Lee誤りのほとんどすべてを訂正可能な符号（準二重Lee誤り訂正符号）の構成法を示している。さらに、2.6節では準二重Lee誤り訂正符号を基本にして、いくらかの変更を加えることにより、すべての一重Lee誤りとすべての二重Lee誤りを訂正可能な符号の構成法を与えている。準二重Lee誤り符号および二重Lee誤り訂正符号は、ほぼ同様のアルゴリズムで復号できるため、それらの復号アルゴリズムをまとめて2.7節で説明している。最後に、2.8節では、2以上のLee誤りを訂正する一般的な t 重Lee誤り訂正符号の構成に

関する試みと展望が書かれている。

第3章は、「整数剰余環 Z_q 上の誤り訂正符号のインプリメンテーション」と題し、第2章で与えた誤り訂正符号をハード的に構成するためのインプリメント法を示している。特に、3.2節では、符号化・復号化処理を並列化して高速処理できることを示しており、それらの原理に基づいて作製された二重Lee誤り訂正符号LSIの性能を、3.3節に示している。

第4章は、「整数剰余環 Z_q の上の誤り訂正符号のデジタル通信系への応用」と題し、高密度デジタル通信系への誤り訂正符号の導入における問題点と、それを解決する手法が述べられている。具体的には、位相情報の差に情報をのせる差動符号化多値直交振幅変調系へ誤り訂正符号を導入する場合、誤り訂正能力を高めるために、位相が不確定な差動符号化・復号化の内側に誤り訂正符号を入れなくてはならないことから、位相の不確定さが誤り訂正に影響をおよぼさないtransparentな符号が必要となる。4.2節では、差動符号化多値直交振幅変調系に対して、Lee距離に基づく多値transparent誤り訂正符号を用いることを提案しており、そのためのシステム構成を与えている。また、transparentな誤り訂正符号構成が可能となる、多値直交振幅変調系における信号点の表現方法を与えるとともに、第2章で提案した剰余環上の符号を用いることにより、transparentな二重Lee訂正符号を具体的に与えている。さらに、それらの符号の復号誤り確率を理論的に導出すると共に、その性能を実測により確認し、符号の有効性を明らかにしている。多値直交振幅変調系では、信号点配置の四隅で振幅が最大となり、歪みが生じやすい欠点がある。これら四隅の信号点を移動し、全体として円形に近く信号点を配置したstepped多値直交振幅変調系を用いるとエネルギー効率がよくなる。4.3節では、そのようなstepped多値直交振幅変調系にLee誤り訂正符号を適用する場合の問題点を明らかにすると共に、それらを解決する手法を与えている。

第5章は結論であり、本論文の内容がまとめられていると共に、今後の展望が示されている。

以上要するに、本論文は、大容量高速情報通信システムで用いられる差動符号化多値直交変調方式に適した二重Lee誤り訂正符号を、整数剰余環上で構成する新しい手法を提案するとともに、その符号を実際にハードウェアとしてインプリメントして差動符号化多値直交変調方式に適用することにより、その有用性を示したものである。従来の有限体上の符号では実現が困難であった誤り特性を達成しており、符号理論分野における理論面および応用面での研究に大きく貢献するとともに、数理工学の進歩に対して寄与することが大であると認められる。よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。