

審査の結果の要旨

氏 名 中 邨 浩

本論文は「高い電力効率を持つデジタル無線中継システムの研究」と題し、デジタル伝送方式の一つであるハネカムAPSKを中心とし、その特性の理論的解析からハードウェア試作設計による実証に至るまでを扱った研究であり、七章から構成されている。

第一章は「序論」であり、マイクロ波の見通し内伝搬の歴史について概観し、デジタル無線中継システムにおいては送信電力を抑えること及び、ハードウェア設計においてアナログ回路部分の設計精度がシステム全体の性能に与える影響が大きいことなど、システム開発上の課題を抽出すると共に、本論文で扱う研究範囲の明確化を行っている。

第二章は「特性関数法による誤り率の評価方法」と題し、本論文で提案するハネカムAPSKの誤り率を計算するに当たって、従来知られていたフーリエ変換を行った変換領域で計算を行う特性関数法のハネカムAPSKへの拡張を行い、これにより理論的に比較的容易に誤り率が計算出来ることを示した。また符号間干渉、熱雑音を考慮し、信号点配置のハミング距離等を正確に反映する式を与えることにより、ビット誤り率の計算が理論的に厳密に行えることを示した。更に、試作システムによる測定値と提案理論値の間の誤差について論じ、提案手法の妥当性を実証した。

第三章は「変復調器に要求される設計精度の検討」と題し、二章で提案した手法を用いて、ハネカムAPSKの変復調器に要求されるパワーペナルティを明らかにしている。再生キャリアの位相誤差、タイミング誤差、振幅1次傾斜、遅延1次傾斜のそれぞれに対するパワーペナルティをQAMの場合と対比させながら示すことにより、両者のパワーペナルティはほぼ同等の特性を示すが、わずかにAPSKの方がパワーペナルティが小さいことを明らかにした。また、これによってQAMシステムを製造する技術と同等の技術でAPSKシステムを製造することが可能であること、設計精度はQAMの場合のデータが援用できることを示した。

第四章は「周波数選択性フェーディングに対する耐歪特性」と題し、QAMシステムを設計する際に、周波数選択性フェーディングに対する耐歪特性を示すシグニチャーが計算できると、システム開発前に瞬断率が推定可能となるなどシステム開発上有用な情報が得られることを指摘したうえで、QAMのシグニチャーの計算方法を示した。また、ハネカムAPSKシステムのシグニチャーの実測を通じて、これがQAMの場合とほぼ同等の特性を示すことを示し、QAMシグニチャーの理論値を用いればAPSKのシグニチャーがほぼ推測できることを明らかにした。また、トランスバーサル等価器を含むシステムのシグニチャーの計算方法を示し、所望の瞬断率を満足するための等価器の所要タップ数等の決定手法を解明した。

第五章は「ハネカム・コンステレーションによる低消費電力化」と題し、信号点配置を六角形のハネカム状にすることによる送信電力の低減効果を理論的に検討した。まず、ハネカムAPSKにおいては、各データ点と隣接するデータ点の間のハミング距離は4点について1、2点について2とすることが最適であることを示した上で、多値QAMの信号点配置を適切に二次元的に歪めてやれば、ほぼ所望の信号点配置となることを明らかにした。

また、このようにして得られた68値ハニカムAPSKにおいては、QAMに対して平均電力を0.6-0.8dB、ピーク電力を1.0-1.5dB程度抑制することができることを示した。更に、電力増幅器の非線形歪を考慮して誤り率を計算する方法を導出し、これを用いてバックオフをパラメータとして誤り率特性を計算し、APSKによる改善効果を定量的に示した。

第六章は「ハニカムAPSKシステムの試作」と題し、五章までの知見に基づいて開発したAPSKシステムの内容を示すと共にその特性を明らかにしている。まず、パイロット・キャリア注入法を用いると再生キャリアの絶対相が得られるので実システムへの適用可能性が増大し、若干のデジタル信号処理を工夫すれば変復調器は従来の直交変復調器がそのまま使用できることを示した。また5タップTEQLを装備した68値ハニカムAPSKシステムを開発し、周波数選択性フェーディングに対する改善効果をシグニチャーで評価し、その瞬断率が2.5秒程度/年と推定できることを示した。なお、本方式はデジタル信号処理を複雑にする代わりにアナログ回路を単純したものであり、製造コストを下げる手法としても先駆的なものである。

第七章は「本研究の成果と今後の展開」であり、論文の成果と今後の展開及び、無線中継システムの研究開発を通じた研究の方法論をまとめている。

以上これを要するに、本論文では、デジタル無線中継システムの特性を理論的に計算する手法を提示すると共に、ハニカムAPSKシステムの提案を行い、また提案システムの特性を理論と実験から解明し、既存のQAMシステムに対する優位性を明らかにした研究であり、電子情報学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位論文として合格と認められる。