

University of Mosul
College of Engineering



**Design and Implementation of Lattice
Wavelet Filter Banks for Less-Complex
Cognitive Transceivers**

Samar Ammar Yasir Al-Kishawi

Doctor Philosophy Thesis in
Computer Engineering / Digital Signal Processing

Supervised by

Prof. Dr. Jassim Mohammad Abdul-Jabbar

Prof. Dr. Qutaiba Ibrahim Ali

2020 A.D.

1441 A.H.

Abstract

In this thesis, the wavelet packet multicarrier modulation (WPMCM) transceiver systems are designed and realized as filter banks with tree structures based on two pairs of half-band filters. The proposed filter banks are designed and realized in the forms of FIR and IIR filter banks in two different lattice structures. One of the proposed designs is a polyphase lattice structure FIR filter bank, called LD-10FB. While the second is the bi-reciprocal lattice all-pass wave structure IIR filter bank (BLAWDFB).

The most distinguished benefit of lattice structures is the enhancement of the filter banks efficiency by realizing them with less-complex implementations. Such an aim is achieved by reducing the number of filter coefficients which in turn reduce the number of multiplications. The resulting structures are realized in a less number of computations, thus improve the complexity of filter bank and speed of processing.

Two approaches for synthesizing dual-channel filter banks proposed using Lattice structures (LD-10 FB) and (BLAWDFB) are shown. Each of the analysis and synthesis filters is accomplished with the assistance of pair half-band filters. Both designed filter banks possess an approximate perfect reconstruction filter banks.

The FIR and IIR proposed filter banks are better in the sense of complexity reduction, lower costs and more speed of operation. Also the

transition bands of the designed filter banks are decreased from 1.414 (rad./sample) for the 4th- order FIR to 0.534, 0.471 and 0.471 (rad./sample) for the proposed IIR BLAWDFBs; 7th-order IIR filter banks, 4th –order IIR BLAWDFB and the IIR BLAWDFB (bit-serial), respectively.

The proposed WPMCM transceiver systems are implemented in Matlab environment using three-level wavelet decompositions to generate 8 channels based on the designed lattice D10 filter banks and on the proposed lattice structures (LD-10 FB) and (BLAWDFB) filter banks. FPGA implementations of the proposed WPMCM transceiver systems are accomplished on Spartan-3E Kit device XC3S500E, highlighting their less- complexity property compared to many other previously issued WPMCM transceiver systems. The performance evaluation proves the superiority of the proposed BLAWDF WPMCM transceiver system. In addition, both proposed WPMCM transceiver systems can replace OFDM systems with less-complexity and high performance.

الملخص

في هذه الأطروحة، تم تصميم وتحقيق أنظمة الإرسال والاستقبال WPMCM كأجراف لمرشحات ذات هياكل شجرية تعتمد على زوجين من المرشحات نصف النطاقية. تم تصميم المرشحات المقترحة وتحقيقها في شكل FIR و IIR في هيكليين متشابكين مختلفين. أحد التصميمات المقترحة هو مرشح متشابك متعدد الأطوار لهيكلية FIR ، يسمى LD-10FB . في حين أن التصميم الثاني هو لأجراف مرشحات موجية متقطعة من النوع IIR الموجي المتشابك ثنائي التبادل (BLAWDFB) .

إن الخاصية الأكثر تميزاً للهياكل المتشابكة هي تعزيز كفاءة أجراف المرشحات من خلال تحقيقها بتطبيقات أقل تعقيداً. وتم تحقيق هذا الهدف من خلال تقليل عدد معاملات المرشح مما يقلل بدوره من عدد عناصر الضرب. كما تم تحقيق الهياكل الناتجة في عدد أقل من الحسابات، وبالتالي تحسين تعقيد بناء جرف مرشح وسرعة المعالجة.

تم عرض طريقتين لتركيب أجراف المرشحات ثنائية القناة المقترحة باستخدام هياكل متشابكة لكل من (LD-10 FB) و (BLAWDFB) وتم تنفيذ كل من مرشحات التحليل والتركيب بمساعدة زوج من المرشحات نصف النطاقية بحيث أصبح كل جرف مرشح مصمم يمتلك مرشحات مثالية في إعادة تركيب الإشارة تقريباً.

تعتبر أجراف الترشيح نوع FIR و IIR المقترحة هي الأفضل من حيث تقليل التعقيد، وإنخفاض التكاليف وزيادة سرعة التشغيل. كما تم تقليل نطاقات الانتقال بين حزمتي الإمرار والتوقف الخاصة بأجراف المرشحات المصممة من 1.414 (rad./sample) لمرشح FIR من الدرجة الرابعة إلى 0.534 و 0.471 و (rad./ample) 0.471 لأجراف مرشحات نوع IIR BLAWDFBs المقترحة وهي على التوالي: أجراف مرشحات نوع IIR من المرتبة السابعة، وأجراف مرشحات نوع IIR BLAWDFB من المرتبة الرابعة وآخر نوع هو IIR BLAWDFB (Bi-serial). ونتيجة لذلك، فإن أجراف المرشحات المقترحة جميعاً أظهرت تحسناً في الحد من التعقيد، وإنخفاضاً في التكاليف ، وسرعات تشغيل أكبر وكذلك نطاقات أصغر للانتقال بين حزمتي الإمرار والتوقف ولجميع المرشحات المقترحة (أي، أنها تظهر تداخلاً أقل بين القنوات).

تم تنفيذ أنظمة الإرسال والاستقبال WPMCM المقترحة في بيئة Matlab باستخدام تحليل الموجات ثلاثية المستويات لتوليد 8 قنوات بإعتماد المرشحات المتشابكة D10 المصممة وأجراف المرشحات المقترحة من نوعي (LD-10 FB) و (BLAWDFB) . لقد تم تنفيذ بناء FPGA لأنظمة الإرسال والاستقبال WPMCM المقترحة وعلى Spartan-3E Kit ، مما

سأهم في إبراز خصائصها الأقل تعقيداً مقارنة بالعديد من أنظمة الإرسال والاستقبال WPMCM الأخرى المصممة سابقاً. وقد أثبتت نتائج تقييم الأداء تفوق نظام الإرسال والاستقبال BLAWDF WPMCM المقترح. بالإضافة إلى ذلك، فقد أمكن لجميع أنظمة الإرسال والاستقبال المقترحة WPMCM إستبدال أنظمة OFDM بأقل قدر من التعقيد وبأداء عالٍ.



جامعة الموصل

كلية الهندسة

تصميم وبناء أجراف مرشحات ذي الهياكل المويجية المتشابكة لمرسلات ومستقبلات الإتصالات الإدراكية الأقل تعقيداً

سمر عمار ياسر القيشاوي

اطروحة دكتوراة فلسفة في
هندسة الحاسوب/معالجة الاشارة الرقمية

ياشرف

أ.د. جاسم محمد عبد الجبار

أ.د. قتيبة إبراهيم علي