

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR QUASI-CYCLIC SHORT PACKET (QCSP)

Camille MONIÈRE

Lab-STICC, CNRS UMR 6285, Université de Bretagne Sud, 56100 Lorient, France, Email :
camille.moniere@univ-ubs.fr

IMS, CNRS UMR 5218, Université de Bordeaux, 33400 Talence, France, Email :
camille.moniere@ims-bordeaux.fr

04/01/2023



Ces travaux de thèse ont été financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) française, et s'inscrivent ainsi dans le projet Quasi-Cyclic Short Packet (QCSP), identifiant ANR-19-CE25-0013-01.



Cette thèse s'est déroulée sous la direction d'Emmanuel BOUTILLON¹,
et l'encadrement de Bertrand LE GAL².

1. Pr, Lab-STICC, CNRS UMR 6285, Université de Bretagne Sud, 56100 Lorient, France, Email : emmanuel.boutillon@univ-ubs.fr
2. MCF, IMS, CNRS UMR 5218, Université de Bordeaux, 33400 Talence, France, Email : bertrand.legal@ims-bordeaux.fr

1. Introduction

2. Système de communication QCSP

3. Étude algorithmique

4. Implémentations

5. Expériences grandeur-natures

6. Conclusion

Avant-propos

Sommaire

Introduction

Système de
communication
QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Contributions

Références

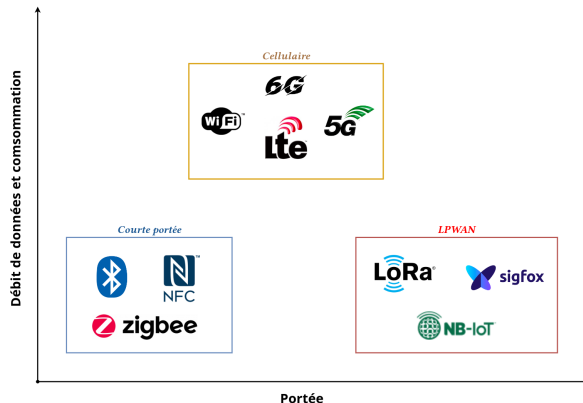
1. Introduction

Contexte

Le projet Quasi-Cyclic Short Packet (QCSP)

Développement des réseaux IoT

Coucou



Problème des préambules

TODO, 1 ou 2 slides

Le projet Quasi-Cyclic Short Packet (QCSP)

IMPLÉMENTATIONS
TEMPS RÉEL D'UN
RÉCEPTEUR QCSP

C. MONIÈRE



Avant-propos

Sommaire

Introduction

Contexte

Le projet Quasi-Cyclic
Short Packet (QCSP)

Système de
communication
QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Contributions

Références

Principes de QCSP

TODO, le spatial, le ccsk et le nbldpc

Cyclic Code Shift Keying (CCSK)

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR QCSP

C. MONIÈRE

Avant-propos

Sommaire

Introduction

Le projet Quasi-Cyclic Short Packet (QCSP)

Système de
 communication
 QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Contributions

Références

TODO, animation comment on module et comment on démodule

Low Density Parity Check (LDPC)

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR QCSP

C. MONIÈRE

Avant-propos

Sommaire

Introduction

Le projet Quasi-Cyclic Short Packet (QCSP)

Système de
 communication
 QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Contributions

Références

TODO, TRES SUCCINCT, vitye fait trois VN et un CN, pour completion

Modèle

Émission

Détection

Synchronisation

Décodage

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ 10

TODO, les trois étapes, et un filtre

Détection : Principe

TODO

Avant-propos

Sommaire

Introduction

Système de
communication
QCSP

Modèle

Émission

Détection

Synchronisation

Décodage

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Contributions

Références

Détection : animation CCSK demod

TODO

Avant-propos

Sommaire

Introduction

Système de
communication
QCSP

Modèle

Émission

Détection

Synchronisation

Décodage

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Contributions

Références

Détection : Problèmes Temps Fréquence

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR QCSP

C. MONIÈRE

Avant-propos

Sommaire

Introduction

Systeme de
communication
QCSP

Détection

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Contributions

Références

TODO

Détection : La grille temps fréquences

TODO

TODO — En fonction du temps, détails ou pas

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ 17

Sensibilité à un facteur d'échelle

Corrélation glissante dans le temps (*Time sliding*)

Sensibilité à un facteur d'échelle

TODO

Corrélation glissante dans le temps (*Time sliding*)

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR QCSP

C. MONIÈRE

Avant-propos

Sommaire

Introduction

Système de
 communication
 QCSP

Étude
algorithmique

Corrélation glissante dans le temps (*Time sliding*)

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Contributions

Références

TODO

L'émetteur

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ 19

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ 20

Le détecteur

TODO

En ville

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ 22

TODO

TODO

Synthèse

Perspectives futures

Conclusion

TODO

Avant-propos

Sommaire

Introduction

Système de
communication
QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Synthèse

Perspectives futures

Contributions

Références

Conclusion

TODO

Avant-propos

Sommaire

Introduction

Système de
communication
QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Synthèse

Perspectives futures

Contributions

Références

Contributions en conférences internationales

- CAMILLE MONIÈRE, BERTRAND LE GAL et al. (juin 2022a). « Efficient Software and Hardware Implementations of a QCSF Communication System ». In proceedings of : *Design and Architecture for Signal and Image Processing, (DASIP'2022)*. T. 13425. Cham : Springer International Publishing, p. 29-41. ISBN : 978-3-031-12747-2 978-3-031-12748-9. DOI : [10.1007/978-3-031-12748-9_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-12748-9_3).
- CAMILLE MONIÈRE, KASSEM SAIED et al. (oct. 2021). « Time Sliding Window for the Detection of CCSK Frames ». In proceedings of : *IEEE Workshop on Signal Processing Systems (SiPS'2021)*. Combria, Portugal : IEEE, p. 99-104. DOI : [10.1109/SiPS52927.2021.00026](https://doi.org/10.1109/SiPS52927.2021.00026).

Contribution en conférences nationales

- CAMILLE MONIÈRE, BERTRAND LE GAL et al. (juill. 2022b). « Implémentations Logicielles et Matérielles Efficientes d'une Chaîne de Communications QCSP ». In proceedings of : *Conférence Francophone d'informatique En Parallélisme, Architecture et Système, (comPAS'2022)*. Amiens, France. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03699091>.

Références I

- SCHMIDL, T.M. et al. D.C. Cox (Dec.1997). « Robust Frequency and Timing Synchronization for OFDM ». In : *IEEE Transactions on Communications* 45.12, p. 1613-1621. ISSN : 00906778. doi : 10.1109/26.650240.
- ETTUS RESEARCH (s. d.). *USRP Hardware Driver and USRP Manual : Table Of Contents*. URL : <https://files.ettus.com/manual/>.
- HackRF One - Great Scott Gadgets (s. d.). URL : <https://greatscottgadgets.com/hackrf/one/>.
- IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks (s. d.). Rapp. tech. IEEE. doi : 10.1109/IEEESTD.2020.9144691.
- IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks-Amendment 2 (s. d.). *IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks-Amendment 2 : Low Power Wide Area Network (LPWAN) Extension to the Low-Energy Critical Infrastructure Monitoring (LECIM) Physical Layer (PHY)*. Rapp. tech. IEEE. doi : 10.1109/IEEESTD.2020.9206104.
- JIM SKEA (UNITED KINGDOM), PRIYADARSHI R SHUKLA (INDIA), ANDY REISINGER (NEW ZEALAND), RAPHAEL, SLADE (UNITED KINGDOM), MINAL PATHAK (INDIA), ALAA AL KHOURDAJIE (UNITED KINGDOM/SYRIA), RENÉE et al. (s. d.). *Climate Change 2022*. Rapp. tech. 6th. Intergovernmental Panel on Climate Change. URL : https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Full_Report.pdf.
- MAIDEN, R., C. LANZANI et al. (s. d.). *Build More Cost-Effective and More Efficient 5G Radios with Intel Agilex FPGAs (WP-01312-1.0)*. Manual. INTEL, Intel Programmable Solution Group.
- OpenStreetMap (s. d.). URL : <https://www.openstreetmap.org/copyright>.
- Quasi Cyclic Small Packet – Oct 2019 – Oct 2023 (s. d.). URL : <https://qcsp.univ-ubs.fr/>.
- BEN TEMIM, Mohamed Amine, Guillaume FERRÉ et al. (fév. 2022). « A New LoRa-like Transceiver Suited for LEO Satellite Communications ». In : *Sensors* 22.5, p. 1830. ISSN : 1424-8220. doi : 10.3390/s22051830.
- CHAUVAT, Rémi, Axel GARCIA-PENA et al. (2022). « Efficient LDPC-coded CCSSK Links for Robust High Data Rates GNSS ». In : *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, p. 1-13. ISSN : 1557-9603. doi : 10.1109/TAES.2022.3190819.
- HOYDIS, Jakob, Sebastian CAMMERER et al. (2022). « Sionna : An Open-Source Library for Next-Generation Physical Layer Research ». In : doi : 10.48550/ARXIV.2203.11854.
- INTEL® (juin 2022). *Architecture Instruction Set Extensions Programming Reference*. URL : <https://cdrdv2.intel.com/v1/dl/getContent/671368?explicitVersion=true>.
- « ISM Radio Band » (oct. 2022). In : *Wikipedia*. URL : https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=ISM_radio_band&oldid=1116815889.
- « NMEA 0183 » (oct. 2022). In : *Wikipedia*. URL : https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=NMEA_0183&oldid=1116811683.
- RADY, Mina, Jonathan Muñoz et al. (oct. 2022). « A Historical Twist on Long-Range Wireless : Building a 103 Km Multi-Hop Network Replicating Claude Chappe's Telegraph ». In : *Sensors* 22.19, p. 7586. ISSN : 1424-8220. doi : 10.3390/s22197586.
- SAIED, Kassem (mars 2022). « Quasi-Cyclic Short Packet (QCSP) Transmission for IoT ». Theses. Université Bretagne Sud. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03628626>.
- SAIED, Kassem, Ali Chamas AL GHOUWAYEL et al. (sept. 2022). « Short Frame Transmission at Very Low SNR by Associating CCSSK Modulation With NB-Code ». In : *IEEE Transactions on Wireless Communications* 21.9, p. 7194-7206. ISSN : 1536-1276, 1558-2248. doi : 10.1109/TWC.2022.3156628.
- VOLPIN, LÉA, LE GAL, BERTRAND et al. (oct. 2022). « Efficient LoRa-like Transmitter Stacks for SDR Applications ». In proceedings of : *Proceedings of the IEEE International Conference on Circuits and Systems (ICECS)*. Glasgow, UK, P-P.
- CASSAGNE, Adrien, Mathieu LÉONARDON et al. (août 2021). « A Flexible and Portable Real-time DVB-S2 Transceiver Using Multicore and SIMD CPUs ». In proceedings of : *2021 11th International Symposium on Topics in Coding (ISTC)*, p. 1-5. doi : 10.1109/ISTC49272.2021.9594063.
- SAIED, Kassem, Ali GHOUWAYEL et al. (oct. 2021). « Time-Synchronization of CCSSK Short Frames ». In proceedings of : *17th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob'2021)*. , Bologna, Italy. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03404770>.
- XILINX (2021). *Vitis High-Level Synthesis User Guide UG1399 (V2021.1)*.
- DELOMIER, Yann, Bertrand LE GAL et al. (fév. 2020a). « Model-Based Design of Flexible and Efficient LDPC Decoders on FPGA Devices ». In : *Journal of Signal Processing Systems*. doi : 10.1007/s11265-020-01519-0.

Références II

- DELMIER, Yann, Bertrand LE GAL et al. (mai 2020b). « Model-Based Design of Hardware SC Polar Decoders for FPGAs ». In: *ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems (RTS)* 13.2. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02612069>.
- DENG, Cailian, Xuming FANG et al. (2020). « IEEE 802.11be Wi-Fi 7: New Challenges and Opportunities ». In: *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 22.4, p. 2136-2166. ISSN: 1553-877X. DOI: 10.1109/COMST.2020.3012715.
- « ISO/IEC/IEEE International Standard - Floating-point Arithmetic » (mai 2020). In: *ISO/IEC 60559:2020(E) IEEE Std 754-2019*, p. 1-86. DOI: 10.1109/IEEESTD.2020.9091348.
- LE GAL, Bertrand et Christophe JEGO (jan. 2020). « High-Throughput FFT-SPA Decoder Implementation for Non-Binary LDPC Codes on X86 Multicore Processors ». In: *Journal of Signal Processing Systems* 92.1, p. 37-53. ISSN: 1939-8018, 1939-8115. DOI: 10.1007/s11265-019-01447-8.
- NGO, Khac-Hoang, Alexis DECURNINGE et al. (juin 2020). « Cube-Split: A Structured Grassmannian Constellation for Non-Coherent SIMO Communications ». In: *arXiv:1905.08745 [cs, math]*. URL: <http://arxiv.org/abs/1905.08745>.
- OPEN SERVICE SIGNAL B2B (juill. 2020). *BeiDou Navigation Satellite System Signal In Space Interface Control Document*. URL: <http://www.beidou.gov.cn/xt/gfzx/P020200803362059116442.pdf>.
- PIGNOLY, Vincent, Bertr LE GAL et al. (nov. 2020). « Fair Comparison of Hardware and Software LDPC Decoder Implementations for SDR Space Links ». In *proceedings of: 2020 27th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS)*, p. 1-4. DOI: 10.1109/ICECS49266.2020.9294906.
- SAIED, Kassem, Ali CHAMAS AL GHOUWAYEL et al. (juin 2020). « Quasi Cyclic Short Packet for Asynchronous Preamble-Less Transmission in Very Low SNRs ». In: *Preprint*. DOI: [ha1-02884668](https://doi.org/10.1109/02884668).
- SCHLÜTER, Martin, Meik DÖRPINGHAUS et al. (oct. 2020). « Bounds on Phase, Frequency, and Timing Synchronization in Fully Digital Receivers With 1-Bit Quantization and Oversampling ». In: *IEEE Transactions on Communications* 68.10, p. 6499-6513. ISSN: 1558-0857. DOI: 10.1109/TCOMM.2020.3005738.
- SEVER, Murat et Bülent TAVU (oct. 2020). « Use of GNU Radio as a Validation and Visualization Tool in Communications Electronic Support Project ». In *proceedings of: 2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, p. 1-5. DOI: 10.1109/SIU49456.2020.9302461.
- SHARMA, Shree Krishna et Xianbin WANG (2020). « Toward Massive Machine Type Communications in Ultra-Dense Cellular IoT Networks: Current Issues and Machine Learning-Assisted Solutions ». In: *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 22.1, p. 426-471. ISSN: 1553-877X. DOI: 10.1109/COMST.2019.2916177.
- TAPPAREL, Joachim, Orion AFISIADIS et al. (mai 2020). « An Open-Source LoRa Physical Layer Prototype on GNU Radio ». In *proceedings of: 2020 IEEE 21st International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC)*, p. 1-5. DOI: 10.1109/SPAWC48557.2020.9154273.
- TBEU (avr. 2020). *Tbeu/Matio*. URL: <https://github.com/tbeu/matio>.
- WALK, Philipp, Peter JUNG et al. (oct. 2020). « MOCZ for Blind Short-Packet Communication: Practical Aspects ». In: *IEEE Transactions on Wireless Communications* 19.10, p. 6675-6692. ISSN: 1536-1276, 1558-2248. DOI: 10.1109/TWC.2020.3004588.
- B. LE GAL et C. JEGO (août 2019). « Low-Latency and High-Throughput Software Turbo-Decoders on Multi-Core Architectures ». In: *Annals of Telecommunications, Springer* 75, p. 27-42. URL: <https://doi.org/10.1007/s12243-019-00727-5>.
- Cellular IoT Evolution & digitization | Whitepaper* (jan. 2019). URL: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/cellular-iot-evolution-for-industry-digitalization>.
- KHALIFEH, Ala', Khaled Aldahdouh ALDAHDHOUH et al. (mars 2019). « A Survey of 5G Emerging Wireless Technologies Featuring LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT and LTE-M ». In *proceedings of: 2019 International Conference on Wireless Communications Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, p. 561-566. DOI: 10.1109/WiSPNET45539.2019.9032817.
- LAVRIC, Alexandru, Adrian I. PETRARU et al. (2019). « Long Range SigFox Communication Protocol Scalability Analysis Under Large-Scale, High-Density Conditions ». In: *IEEE Access* 7, p. 35816-35825. ISSN: 2169-3536. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2903157.
- LORENZO ORTEGA ESPLUGA (nov. 2019). « Signal Optimization for Galileo Evolution ». Thesis. Toulouse. INPT. URL: <http://www.theses.fr/2019INPT0118>.

Références III

- MARCHAND, Cédric, Emmanuel BOUTILLON et al. (fév. 2019). « Hybrid Check Node Architectures for NB-LDPC Decoders ». In : *IEEE Transactions on Circuits and Systems I : Regular Papers* 66.2, p. 869-880. ISSN : 1558-0806. doi : 10.1109/TCSI.2018.2866882.
- MARTINEZ, Borja, Ferran ADELANTADO et al. (juin 2019). « Exploring the Performance Boundaries of NB-IoT ». In : *IEEE Internet of Things Journal* 6.3, p. 5702-5712. ISSN : 2327-4662. doi : 10.1109/JIOT.2019.2904799.
- XILINX (2019). *Vivado Design Suite User Guide : High-Level Synthesis (UG902)*.
- BLOESSL, Bastian et Falko DRESSLER (oct. 2018). « mSync : Physical Layer Frame Synchronization without Preamble Symbols ». In : *IEEE Transactions on Mobile Computing* 17.10, p. 2321-2333. ISSN : 1536-1233, 1558-0660, 2161-9875. doi : 10.1109/TMC.2018.2808968.
- BOCKELMANN, Carsten, Nuno K. PRATAS et al. (2018). « Towards Massive Connectivity Support for Scalable mMTC Communications in 5G Networks ». In : *IEEE Access* 6, p. 28969-28992. ISSN : 2169-3536. doi : 10.1109/ACCESS.2018.2837382.
- CHOI, Chang-Sic, Jin-Doo JEONG et al. (jan. 2018). « LoRa Based Renewable Energy Monitoring System with Open IoT Platform ». In *proceedings of : 2018 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC)*. Honolulu, HI, USA : IEEE, p. 1-2. doi : 10.23919/ELINFOCOM.2018.8330550.
- KASTNER, Ryan, Janarbak MATAI et al. (mai 2018). *Parallel Programming for FPGAs*. arXiv : 1805.03648 [cs]. URL : <http://arxiv.org/abs/1805.03648>.
- KHALILANY, Brucek, Evgeni KHMER et al. (2018). « A Modular Digital VLSI Flow for High-Productivity SoC Design ». In *proceedings of : Proceedings of the 55th Annual Design Automation Conference*. DAC '18. New York, NY, USA : Association for Computing Machinery. ISBN : 978-1-4503-5700-5. doi : 10.1145/3195970.3199846.
- KOREN, Ana et Dina ŠIMUNIĆ (mai 2018). « Modelling an Energy-Efficient ZigBee (IEEE 802.15.4) Body Area Network in IoT-based Smart Homes ». In *proceedings of : 2018 41st International Convention on Information Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, p. 0356-0360. doi : 10.23919/MIPRO.2018.8400068.
- TRAN, Mai-Thanh (nov. 2018). « Towards Hardware Synthesis of a Flexible Radio from a High-Level Language ». These de Doctorat. Rennes 1. URL : <https://www.theses.fr/2018REN1S072>.
- WILSON, Richard (juin 2018). *Intel FlexRAN Reference Designs Deployed in 5G Infrastructure*.
- *Advances in Mobile Cloud Computing and Big Data in the 5G Era* (2017). Studies in Big Data. Springer International Publishing. ISBN : 978-3-319-45143-5. doi : 10.1007/978-3-319-45145-9.
- AHMED ABDMOULEH (sept. 2017). « Non-Binary LDPC Codes Associated to High Order Modulations ». *Theses*. Université de Bretagne Sud. URL : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01769283>.
- AZARI, Amin, Petar POPOVSKI et al. (déc. 2017). « Grant-Free Radio Access for Short-Packet Communications over 5G Networks ». In *proceedings of : GLOBECOM 2017 - 2017 IEEE Global Communications Conference*. Singapore : IEEE, p. 1-7. ISBN : 978-1-5090-5019-2. doi : 10.1109/GLOCOM.2017.8255054.
- KONG, Linghe, Muhammad Khurram KHAN et al. (jan. 2017). « Millimeter-Wave Wireless Communications for IoT-Cloud Supported Autonomous Vehicles : Overview, Design, and Challenges ». In : *IEEE Communications Magazine* 55.1, p. 62-68. ISSN : 0163-6804. doi : 10.1109/MCOM.2017.1600422CM.
- KREINAR, Edward (sept. 2017). « RFNoC Neural Network Library Using Vivado HLS ». In : *Proceedings of the GNU Radio Conference* 2.1, p. 7-7. URL : <https://pubs.gnuradio.org/index.php/grcon/article/view/27>.
- RAHBARI, Hanif et Marwan KRUNZ (juin 2017). « Exploiting Frame Preamble Waveforms to Support New Physical-Layer Functions in OFDM-Based 802.11 Systems ». In : *IEEE Transactions on Wireless Communications* 16.6, p. 3775-3786. ISSN : 1536-1276. doi : 10.1109/TWC.2017.2688405.
- RANGANATHAN, Sudarsan Vasista Srinivasan et Ba-Zhong SHEN (juin 2017). « Non-Binary Low Density Parity Check (NB-LDPC) Codes for Communication Systems ». US9692451B2. URL : <https://patents.google.com/patent/US9692451B2/en>.
- SHAFI, Mansoor, Andreas F. MOLISCH et al. (juin 2017). « 5G : A Tutorial Overview of Standards, Trials, Challenges, Deployment, and Practice ». In : *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 35.6, p. 1201-1221. ISSN : 1558-0008. doi : 10.1109/JSAC.2017.2692307.
- SINHA, Rashmi Sharan, Yiqiao WEI et al. (mars 2017). « A Survey on LPWA Technology : LoRa and NB-IoT ». In : *ICT Express* 3.1, p. 14-21. ISSN : 24059595. doi : 10.1016/j.icte.2017.03.004.
- B. LE GAL et C. JEGO (mai 2016). « High-Throughput Multi-Core LDPC Decoders Based on X86 Processor ». In : *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems (TPDS)* 27.5, p. 1373-1386.

Références IV

- BRAUN, Martin, Jonathan PENDLUM et al. (sept. 2016). « RFNoC: RF Network-on-Chip ». In : *Proceedings of the GNU Radio Conference* 1.1. URL : <https://pubs.gnuradio.org/index.php/grcon/article/view/3>.
- DURISI, Giuseppe, Tobias KOCH et al. (sept. 2016). « Toward Massive, Ultrareliable, and Low-Latency Wireless Communication With Short Packets ». In : *Proceedings of the IEEE* 104.9, p. 1711-1726. ISSN : 0018-9219, 1558-2256. doi : 10.1109/JPROC.2016.2537298.
- PALATTELLA, Maria Rita, Mischa DOHLER et al. (mars 2016). « Internet of Things in the 5G Era : Enablers, Architecture, and Business Models ». In : *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 34.3, p. 510-527. ISSN : 1558-0008. doi : 10.1109/JSAC.2016.2525418.
- SUREK, Wojciech (nov. 2016). « Non-Binary LDPC Decoders Design for Maximizing Throughput of an FPGA Implementation ». In : *Circuits, Systems, and Signal Processing* 35.11, p. 4060-4080. ISSN : 1531-5878. doi : 10.1007/s00034-015-0235-x.
- WYGLINSKI, Alexander M., Don P. OROFINO et al. (jan. 2016). « Revolutionizing Software Defined Radio : Case Studies in Hardware, Software, and Education ». In : *IEEE Communications Magazine* 54.1, p. 68-75. ISSN : 1558-1896. doi : 10.1109/MCOM.2016.7378428.
- B. LE GAL, C. LEROUX et al. (jan. 2015). « Multi-Gb/s Software Decoding of Polar Codes ». In : *IEEE Transactions on Signal Processing (TSP)* 63.2, p. 349-359.
- CHECKO, Aleksandra, Henrik L. CHRISTIANSEN et al. (sept. 2015). « Cloud RAN for Mobile Networks—A Technology Overview ». In : *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 17.1, p. 405-426. ISSN : 1553-877X. doi : 10.1109/COMST.2014.2355255.
- GOURSAUD, C. et J. M. GORCE (oct. 2015). « Dedicated Networks for IoT : PHY / MAC State of the Art and Challenges ». In : *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things* 1.1, p. 150597. ISSN : 2414-1399. doi : 10.4108/eai.26-10-2015.150597.
- WU, Gang, Su Hu et al. (juill. 2015). « Low Complexity Time-Frequency Synchronization for Transform Domain Communications Systems ». In *proceedings of : 2015 IEEE China Summit and International Conference on Signal and Information Processing (ChinaSIP)*, p. 1002-1006. doi : 10.1109/ChinaSIP.2015.7230555.
- ABASSI, Ouassama (2014). « Etude Des Décodeurs LDPC Non-Binaires ». *Thèse de doct.*
- I, Chih-Lin, Jinri HUANG et al. (2014). « Recent Progress on C-RAN Centralization and Cloudification ». In : *IEEE Access* 2, p. 1030-1039. ISSN : 2169-3536. doi : 10.1109/ACCESS.2014.2351411.
- NIKAEIN, Navid, Raymond KNOPP et al. (2014). « OpenAirInterface : An Open LTE Network in a PC ». In *proceedings of : Proceedings of the 20th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, p. 305-308.
- ZHOU, Guyue, Ang Liu et al. (juin 2014). « An Embedded Solution to Visual Mapping for Consumer Drones ». In *proceedings of : 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, p. 670-675. doi : 10.1109/CVPRW.2014.102.
- ABASSI, Ouassama, Laura CONDE-CANENIA et al. (avr. 2013). « Non-Binary Low-Density Parity-Check Coded Cyclic Code-Shift Keying ». In *proceedings of : 2013 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*. IEEE, p. 3890-3894. doi : 10.1109/WCNC.2013.6555196.
- ARM (2013). *NEON Programmer's Guide*. 1.0. ARM. URL : <https://documentation-service.arm.com/>.
- CERQUEIRA, Felipe et Björn B. BRANDENBURG (2013). « A Comparison of Scheduling Latency in Linux, PREEMPT-RT, and LITMUS RT ». In *proceedings of :*
- LIVA, G., E. PAOLINI et al. (juin 2013). « Short Turbo Codes over High Order Fields ». In : *IEEE Transactions on Communications* 61.6, p. 2201-2211. ISSN : 0090-6778. doi : 10.1109/TCOMM.2013.041113.120539.
- POLYANSKIY, Yuri (mars 2013). « Asynchronous Communication : Exact Synchronization, Universality, and Dispersion ». In : *IEEE Transactions on Information Theory* 59.3, p. 1256-1270. ISSN : 0018-9448, 1557-9654. doi : 10.1109/TIT.2012.2230682.
- ZECENA, Ivan, Martin BURTSCHER et al. (déc. 2013). « Evaluating the Performance and Energy Efficiency of N-Body Codes on Multi-Core CPUs and GPUs ». In *proceedings of : 2013 IEEE 32nd International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC)*, p. 1-8. doi : 10.1109/IPCCC.2013.6742789.
- KIM, Sungbong, Kyunghwan Joo et al. (jan. 2012). « A Delay-Robust Random Access Preamble Detection Algorithm for LTE System ». In *proceedings of : 2012 IEEE Radio and Wireless Symposium*. Santa Clara, CA, USA : IEEE, p. 75-78. ISBN : 978-1-4577-1155-8 978-1-4577-1153-4 978-1-4577-1154-1. doi : 10.1109/RWS.2012.6175341.

Références V

- LIVA, Gianluigi, Enrico PAOLINI et al. (sept. 2012). « Codes on High-Order Fields for the CCSDS next Generation Uplink ». In *proceedings of : 2012 6th Advanced Satellite Multimedia Systems Conference (ASMS) and 12th Signal Processing for Space Communications Workshop (SPSC)*, p. 44-48. doi : 10.1109/ASMS-SPSC.2012.6333104.
- R., Anand, Gintu XAVIER et al. (août 2012). « GNU Radio Based Control System ». In *proceedings of : 2012 International Conference on Advances in Computing and Communications*, p. 259-262. doi : 10.1109/ICACC.2012.59.
- KHAIRUDIN, Norhazlin, N. HASSAN et al. (avr. 2011). « Implementing Root Raised Cosine (RRC) Filter for WCDMA Using Xilinx ». In : p. 203-207. doi : 10.1109/ICEDSA.2011.5959095.
- TAN, Kun, He Liu et al. (2011). « Sora : High-Performance Software Radio Using General-Purpose Multi-Core Processors ». In : *Communications of the ACM* 54.1, p. 99-107.
- FINGEROFF, Michael (2010). *High-Level Synthesis Blue Book*. New Jersey : Xilbriss Corporation. isbn : 978-1-4500-9724-6 978-1-4500-9723-9.
- IMAD, Rodrigue, Charly POULLIAT et al. (déc. 2010). « Frame Synchronization Techniques for Non-Binary LDPC Codes over GF(q) ». In *proceedings of : 2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM 2010*. Miami, FL, USA : IEEE, p. 1-6. isbn : 978-1-4244-5636-9. doi : 10.1109/GLOCOM.2010.5683422.
- MORI, Ryuhei et Toshiyuki TANAKA (août 2010). « Non-Binary Polar Codes Using Reed-Solomon Codes and Algebraic Geometry Codes ». In *proceedings of : 2010 IEEE Information Theory Workshop*. Dublin, Ireland : IEEE, p. 1-5. isbn : 978-1-4244-8262-7. doi : 10.1109/CIG.2010.5592755.
- PFLETSCHINGER, Stephan et David DECLERCQ (déc. 2010). « Getting Closer to MIMO Capacity with Non-Binary Codes and Spatial Multiplexing ». In *proceedings of : 2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM 2010*. Miami, FL, USA : IEEE, p. 1-5. isbn : 978-1-4244-5636-9. doi : 10.1109/GLOCOM.2010.5684077.
- VOICILA, Adrian, David DECLERCQ et al. (mai 2010). « Low-Complexity Decoding for Non-Binary LDPC Codes in High Order Fields ». In : *IEEE Transactions on Communications* 58.5, p. 1365-1375. issn : 0090-6778. doi : 10.1109/TCOMM.2010.05.070096.
- ZHENZHEN YE, CHUNJIE DUAN et al. (juin 2010). « A Synchronization Design for UWB-Based Wireless Multimedia Systems ». In : *IEEE Transactions on Broadcasting* 56.2, p. 211-225. issn : 0018-9316, 1557-9611. doi : 10.1109/TBC.2010.2042499.
- ARIKAN, Erdal (juill. 2009). « Channel Polarization : A Method for Constructing Capacity-Achieving Codes for Symmetric Binary-Input Memoryless Channels ». In : *IEEE Transactions on Information Theory* 55.7, p. 3051-3073. issn : 0018-9448, 1557-9654. doi : 10.1109/TIT.2009.2021379.
- BEYME, S. et C. LEUNG (2009). « Efficient Computation of DFT of Zadoff-Chu Sequences ». In : *Electronics Letters* 45.9, p. 461. issn : 00135194. doi : 10.1049/e1.2009.3330.
- MARTIN, Grant et Gary SMITH (juill. 2009). « High-Level Synthesis : Past, Present, and Future ». In : *IEEE Design & Test of Computers* 26.4, p. 18-25. issn : 1558-1918. doi : 10.1109/MDT.2009.83.
- ROBERT, Max et Bruce A. FETTE (2004). « The Software-Defined Radio as a Platform for Cognitive Radio ». In : *Cognitive Radio Technology*. Elsevier, p. 65-103. isbn : 978-0-12-374535-4. doi : 10.1016/B978-0-12-374535-4.00003-5.
- ROUPHAEL, Tony J. (2009). « High-Level Requirements and Link Budget Analysis ». In : *Signal Processing for Software-Defined Radio*. Elsevier, p. 87-122. isbn : 978-0-7506-8210-7. doi : 10.1016/B978-0-7506-8210-7.00004-7.
- TRIFUNOVIC, Konrad, Dorit NUZMAN et al. (sept. 2009). « Polyhedral-Model Guided Loop-Nest Auto-Vectorization ». In *proceedings of : 2009 18th International Conference on Parallel Architectures and Compilation Techniques*, p. 327-337. doi : 10.1109/PACT.2009.18.
- COUSSY, Philippe et Adam MORAWIEC (2008). *High-Level Synthesis : From Algorithm to Digital Circuit*. 1. éd. Berlin : Springer Science + Business media B.V. isbn : 978-1-4020-8588-8.
- DHURANDHER, Sanjay Kumar, Sudip MISRA et al. (oct. 2008). « QDV : A Quality-of-Security-Based Distance Vector Routing Protocol for Wireless Sensor Networks Using Ant Colony Optimization ». In *proceedings of : 2008 IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications*, p. 598-602. doi : 10.1109/WiMob.2008.61.
- FUJITA, Takafumi, Daisai UCHIDA et al. (oct. 2008). « A Burst Modulation/Demodulation Method for Short-Packet Wireless Communication Systems ». In *proceedings of : 2008 14th Asia-Pacific Conference on Communications*, p. 1-5.
- GUPTA, Rajesh et Forrest BREWER (2008). « High-Level Synthesis : A Retrospective ». In : *High-Level Synthesis*. Dordrecht : Springer Netherlands, p. 13-28. isbn : 978-1-4020-8587-1 978-1-4020-8588-8. doi : 10.1007/978-1-4020-8588-8_2.
- HILL, Mark D. et Michael R. MARTY (juill. 2008). « Amdahl's Law in the Multicore Era ». In : *Computer* 41.7, p. 33-38. issn : 1558-0814. doi : 10.1109/MC.2008.209.

Références VI

- IMAO, Rodrigue et Sébastien HOUCKE (juill. 2008). « Blind Frame Synchronization and Phase Offset Estimation for Coded Systems ». In *Proceedings of : 2008 IEEE 8th Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications*, p. 11-15. doi : 10.1109/SPAWC.2008.4641560.
- BARONTI, Paolo, Prashant PILLAI et al. (mai 2007). « Wireless Sensor Networks : A Survey on the State of the Art and the 802.15.4 and ZigBee Standards ». In : *Computer Communications* 30.7, p. 1655-1695. ISSN : 01403664. doi : 10.1016/j.comcom.2006.12.020.
- PFISTER, Henry D. et Igal SASON (juin 2007). « Accumulate–Repeat–Accumulate Codes : Capacity-Achieving Ensembles of Systematic Codes for the Erasure Channel With Bounded Complexity ». In : *IEEE Transactions on Information Theory* 53.6, p. 2088-2115. ISSN : 1557-9654. doi : 10.1109/TIT.2007.896873.
- BJERREGAARD, Tobias et Shankar MAHADEVAN (juin 2006). « A Survey of Research and Practices of Network-on-chip ». In : *ACM Computing Surveys* 38.1, p. 1. ISSN : 0360-0300, 1557-7341. doi : 10.1145/1132952.1132953.
- CASTINHEIRA MOREIRA, Jorge et Patrick G. FARRELL (2006). *Essentials of Error-Control Coding*. West Sussex, England : John Wiley & Sons. ISBN : 978-0-470-03571-9.
- DHAR, Rahul, Gesly GEORGE et al. (sept. 2006). « Supporting Integrated MAC and PHY Software Development for the USRP SDR ». In proceedings of : *2006 1st IEEE Workshop on Networking Technologies for Software Defined Radio Networks*, p. 68-77. doi : 10.1109/SDR.2006.4286328.
- POUILLIAT, Charly, Marc FOSSORIER et al. (juill. 2006). « Design of Non Binary LDPC Codes Using Their Binary Image : Algebraic Properties ». In proceedings of : *2006 IEEE International Symposium on Information Theory*, Seattle, WA : IEEE, p. 93-97. ISBN : 978-1-4244-0505-3 978-1-4244-0504-6. doi : 10.1109/ISIT.2006.261681.
- CASSEAU, Emmanuel, Bertrand LE GAL et al. (2005). « C-BASED RAPID PROTOTYPING FOR DIGITAL SIGNAL PROCESSING ». In proceedings of : *EUSIPCO*. Turkey : EUSIPCO, p. 1-4. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00080466>.
- D. AKOPIAN (août 2005). « Fast FFT Based GPS Satellite Acquisition Methods ». In : *IEEE Proceedings - Radar, Sonar and Navigation* 152.4, p. 277-286. ISSN : 1350-2395. doi : 10.1049/ip-rsn:20045096.
- FRIGO, M. et S.G. JOHNSON (fév. 2005). « The Design and Implementation of FFTW3 ». In : *Proceedings of the IEEE* 93.2, p. 216-231. ISSN : 1558-2256. doi : 10.1109/JPROC.2004.840301.
- DILLARD, G.M., M. REUTER et al. (juill. 2003). « Cyclic Code Shift Keying : A Low Probability of Intercept Communication Technique ». In : *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems* 39.3, p. 786-798. ISSN : 0018-9251. doi : 10.1109/TAES.2003.1238736.
- BLACKFORD, L Susan, Antoine PETITET et al. (2002). « An Updated Set of Basic Linear Algebra Subprograms (BLAS) ». In : *ACM Transactions on Mathematical Software* 28.2, p. 135-151.
- III, J. (juin 2000). « Software Radio Architecture Evolution : Foundations, Technology Tradeoffs, and Architecture Implications ». In : *IEICE Transactions on Communications* E83B, p. 1165-1173.
- BOSSERT, Martin (1999). *Channel Coding for Telecommunications*. Chichester, England; New York : Wiley. ISBN : 978-0-471-98277-7.
- DAVEY, M.C. et D. MACKEY (juin 1998). « Low-Density Parity Check Codes over GF(q) ». In : *IEEE Communications Letters* 2.6, p. 165-167. ISSN : 1089-7798. doi : 10.1109/4234.681360.
- CHUGG, K.M. et A. POLYDOROS (juill. 1996). « MLSE for an Unknown Channel I. Optimality Considerations ». In : *IEEE Transactions on Communications* 44.7, p. 836-846. ISSN : 00906778. doi : 10.1109/26.508303.
- HOLZMANN, Gerard J et Björn PEHRSON (1995). *The Early History of Data Networks*. IEEE Computer Society Press.
- MITOLA, J. (mai 1995). « The Software Radio Architecture ». In : *IEEE Communications Magazine* 33.5, p. 26-38. ISSN : 1558-1896. doi : 10.1109/35.393001.
- FITZ, M.P. (fév. 1994). « Further Results in the Fast Estimation of a Single Frequency ». In : *IEEE Transactions on Communications* 42.2/3/4, p. 862-864. ISSN : 0090-6778. doi : 10.1109/TCOMM.1994.580190.
- BERROU, C., A. GLAVIEUX et al. (1993). « Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding : Turbo-codes. 1 ». In proceedings of : *Proceedings of ICC '93 - IEEE International Conference on Communications*. T. 2. Geneva, Switzerland : IEEE, p. 1064-1070. ISBN : 978-0-7803-0950-0. doi : 10.1109/ICC.1993.397441.
- MARTIN, E., O. SENTIEYS et al. (sept. 1993). « GAUT : An Architectural Synthesis Tool for Dedicated Signal Processors ». In proceedings of : *Proceedings of EURO-DAC '93 and EURO-VHDL '93- European Design Automation Conference*, p. 14-19. doi : 10.1109/EURDAC.1993.410610.
- MICHELI, Giovanni De (1993). « High-Level Synthesis of Digital Circuits ». T. 37. Elsevier, p. 207-283. ISBN : 978-0-12-012137-3. doi : 10.1016/S0065-2458(08)60406-4.
- DAY, J.D. et H. ZIMMERMANN (déc. 1983). « The OSI Reference Model ». In : *Proceedings of the IEEE* 71.12, p. 1334-1340. ISSN : 1558-2256. doi : 10.1109/JPROC.1983.12775.

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR OCSP

Avant-propos

Introduction

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Contributions

Références

- ◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ 34