

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





Bibliography

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ ↷

1. Introduction
2. QCSP
3. Étude algorithmique
4. Implémentations
5. Expériences grandeur-natures
6. Conclusion

Avant-propos

Sommaire

Introduction

QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

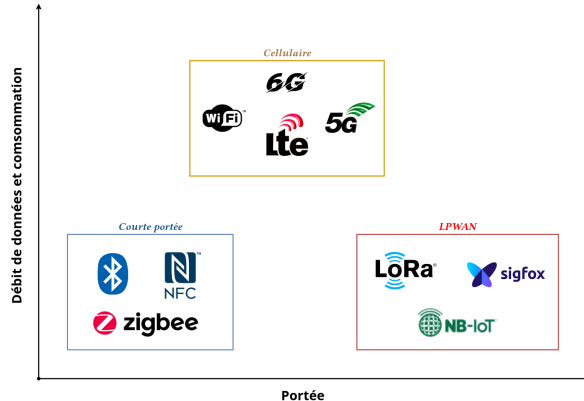
1. Introduction

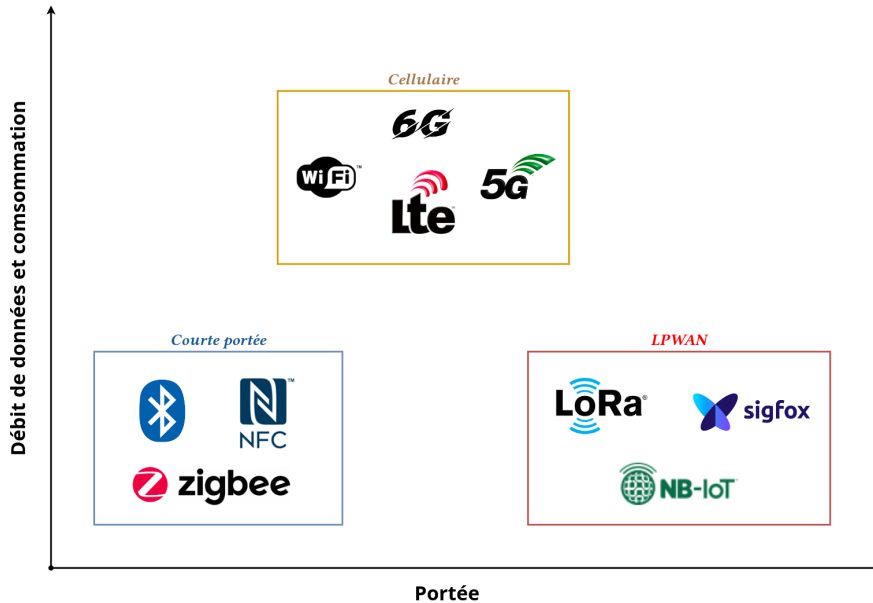
Contexte

Le projet Quasi-Cyclic Short Packet (QCSP)

Du contexte

Coucou





2. QCSP

Principes

Émission

Détection

Synchronisation

Décodage

Principes

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR QCSP

C. MONIÈRE

Avant-propos

Sommaire

Introduction

QCSP

Principes

Étude algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

TODO

Émission

TODO

Détection

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR QCSP

C. MONIÈRE

Avant-propos

Sommaire

Introduction

QCSP

Détection

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

TODO

Synchronisation

TODO

Décodage

TODO

Sensibilité à un facteur d'échelle

Corrélation glissante dans le temps (*Time sliding*)

Sensibilité à un facteur d'échelle

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR QCSP

C. MONIÈRE

Avant-propos

Sommaire

Introduction

QCSP

Étude
algorithmique

Sensibilité à un facteur d'échelle

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

TODO

Corrélation glissante dans le temps (*Time sliding*)

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR QCSP

C. MONIÈRE

Avant-propos

Sommaire

Introduction

QCSP

Étude
algorithmique

Corrélation glissante dans le temps (*Time sliding*)

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

TODO

L'émetteur

Le détecteur

Avant-propos

Sommaire

Introduction

QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

L'émetteur

Le détecteur

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

TODO

Le détecteur

TODO

Avant-propos

Sommaire

Introduction

QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

En ville

En mer

Conclusion

Bibliography

5. Expériences grandeur-natures

En ville

En mer

Avant-propos

Sommaire

Introduction

QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

En ville

En mer

Conclusion

Bibliography

TODO

TODO

Synthèse

Perspectives futures

Conclusion

TODO

Avant-propos

Sommaire

Introduction

QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Synthèse

Perspectives futures

Bibliography

Conclusion

TODO

Avant-propos

Sommaire

Introduction

QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Synthèse

Perspectives futures

Bibliography

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR OCSP

Avant-propos

Sommaire

Introduction

OCSP

Étude algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

- ◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ 19

C. MONTÈRE

- [11] S. BEYME et al., « Efficient computation of DFT of Zadoff-Chu sequences, » *Electronics Letters*, t. 45, n° 9, p. 461, 2009, ISSN : 00135194. DOI : [10.1049/el.2009.3330](https://doi.org/10.1049/el.2009.3330).
- [12] T. BJERREGAARD et al., « A survey of research and practices of Network-on-chip, » *ACM Computing Surveys*, t. 38, n° 1, p. 1, juin 2006, ISSN : 0360-0300, 1557-7341. DOI : [10.1145/1132952.1132953](https://doi.org/10.1145/1132952.1132953).
- [13] L. S. BLACKFORD et al., « An Updated Set of Basic Linear Algebra Subprograms (BLAS), » *ACM Transactions on Mathematical Software*, t. 28, n° 2, p. 135-151, 2002.
- [14] B. BLOESSL et al., « mSync : Physical Layer Frame Synchronization without Preamble Symbols, » *IEEE Transactions on Mobile Computing*, t. 17, n° 10, p. 2321-2333, oct. 2018, ISSN : 1536-1233, 1558-0660, 2161-9875. DOI : [10.1109/TMC.2018.2808968](https://doi.org/10.1109/TMC.2018.2808968).
- [15] C. BOCKELMANN et al., « Towards Massive Connectivity Support for Scalable mMTC Communications in 5G Networks, » *IEEE Access*, t. 6, p. 28 969-28 992, 2018, ISSN : 2169-3536. DOI : [10.1109/ACCESS.2018.2837382](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2837382).
- [16] M. BOSSERT, *Channel Coding for Telecommunications*. Chichester, England; New York : Wiley, 1999, ISBN : 978-0-471-98277-7.
- [17] M. BRAUN et al., « RFNoC : RF Network-on-Chip, » *Proceedings of the GNU Radio Conference*, t. 1, n° 1, sept. 2016. adresse : <https://pubs.gnuradio.org/index.php/grcon/article/view/3>.
- [18] A. CASSAGNE et al., « A Flexible and Portable Real-time DVB-S2 Transceiver Using Multicore and SIMD CPUs, » in *2021 11th International Symposium on Topics in Coding (ISTC)*, août 2021, p. 1-5. DOI : [10.1109/ISTC49272.2021.9594063](https://doi.org/10.1109/ISTC49272.2021.9594063).
- [19] E. CASSEAU et al., « C- BASED RAPID PROTOTYPING FOR DIGITAL SIGNAL PROCESSING, » in *EUSIPCO*, Turkey : EUSIPCO, 2005, p. 1-4. adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00080466>.
- [20] J. CASTIÑEIRA MOREIRA et al., *Essentials of Error-Control Coding*. West Sussex, England : John Wiley & Sons, 2006, ISBN : 978-0-470-03571-9.
- [21] *Cellular IoT Evolution & digitization | Whitepaper*, jan. 2019. adresse : <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/cellular-iot-evolution-for-industry-digitalization>.

Avant-propos

Sommaire

Introduction

QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR OCSP

Avant-propos

Introduction

QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

- ◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ 19

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR OCSP

Avant-propos

Sommaire

Introduction

OCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

- ◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ 19

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR OCSP

Avant-propos

Introduction

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

- ◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ 19

Références VI

- [54] J. HOYDIS et al., « Sionna : An Open-Source Library for Next-Generation Physical Layer Research », 2022. doi : 10.48550/ARXIV.2203.11854.
- [55] « IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks », IEEE, rapp. tech. doi : 10.1109/IEEESTD.2020.9144691.
- [56] « IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks–Amendment 2 : Low Power Wide Area Network (LPWAN) Extension to the Low-Energy Critical Infrastructure Monitoring (LECI) Physical Layer (PHY) », IEEE, rapp. tech. doi : 10.1109/IEEESTD.2020.9206104.
- [57] J. III, « Software Radio Architecture Evolution : Foundations, Technology Tradeoffs, and Architecture Implications », *IEICE Transactions on Communications*, t. E83B, p. 1165-1173, juin 2000.
- [58] R. IMAD et al., « Blind Frame Synchronization and Phase Offset Estimation for Coded Systems », in *2008 IEEE 9th Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications*, juill. 2008, p. 11-15. doi : 10.1109/SPAWC.2008.4641560.
- [59] R. IMAD et al., « Frame Synchronization Techniques for Non-Binary LDPC Codes over GF(q) », in *2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM 2010*, Miami, FL, USA : IEEE, déc. 2010, p. 1-6, ISBN : 978-1-4244-5636-9. doi : 10.1109/GLOCOM.2010.5683422.
- [60] INTEL®, *Architecture Instruction Set Extensions Programming Reference*, juin 2022. adresse : <https://cdrdv2.intel.com/v1/dl/getContent/671368?explicitVersion=true>.
- [61] C.-L. I et al., « Recent Progress on C-RAN Centralization and Cloudification », *IEEE Access*, t. 2, p. 1030-1039, 2014, ISSN : 2169-3536. doi : 10.1109/ACCESS.2014.2351411.
- [62] « ISM radio band », *Wikipedia*, oct. 2022. adresse : https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=ISM_radio_band&oldid=1116815889.
- [63] « ISO/IEC/IEEE International Standard - Floating-point Arithmetic », *ISO/IEC 60559:2020(E) IEEE Std 754-2019*, p. 1-86, mai 2020. doi : 10.1109/IEEESTD.2020.9091348.
- [64] R. KASTNER et al., *Parallel Programming for FPGAs*, mai 2018. arXiv : 1805.03648 [cs]. adresse : <http://arxiv.org/abs/1805.03648>.

Références VII

- [65] B. KHALANY et al., « A Modular Digital VLSI Flow for High-Productivity SoC Design, » in *Proceedings of the 55th Annual Design Automation Conference*, sér. DAC '18, New York, NY, USA : Association for Computing Machinery, 2018, isbn : 978-1-4503-5700-5. doi : 10.1145/3195970.3199846.
- [66] N. KHAIRUDIN et al., « Implementing Root Raised Cosine (RRC) Filter for WCDMA Using Xilinx, », p. 203-207, avr. 2011. doi : 10.1109/ICEDSA.2011.5959095.
- [67] A. KHALIFEH et al., « A Survey of 5G Emerging Wireless Technologies Featuring LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT and LTE-M, » in *2019 International Conference on Wireless Communications Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, mars 2019, p. 561-566. doi : 10.1109/WiSPNET45539.2019.9032817.
- [68] S. KIM et al., « A Delay-Robust Random Access Preamble Detection Algorithm for LTE System, » in *2012 IEEE Radio and Wireless Symposium*, Santa Clara, CA, USA : IEEE, jan. 2012, 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.
- [69] L. KONG et al., « Millimeter-Wave Wireless Communications for IoT-Cloud Supported Autonomous Vehicles : Overview, Design, and Challenges, » *IEEE Communications Magazine*, t. 55, n° 1, p. 62-68, jan. 2017, issn : 0163-6804. doi : 10.1109/MCOM.2017.1600422CM.
- [70] A. KOREN et al., « Modelling an Energy-Efficient ZigBee (IEEE 802.15.4) Body Area Network in IoT-based Smart Homes, » in *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, mai 2018, p. 0356-0360. doi : 10.23919/MIPRO.2018.8400068.
- [71] E. KREINAR, « RFNoC Neural Network Library using Vivado HLS, » *Proceedings of the GNU Radio Conference*, t. 2, n° 1, p. 7-7, sept. 2017. adresse : <https://pubs.gnuradio.org/index.php/grcon/article/view/27>.
- [72] A. LAVRIC et al., « Long Range SigFox Communication Protocol Scalability Analysis Under Large-Scale, High-Density Conditions, » *IEEE Access*, t. 7, p. 35 816-35 825, 2019, issn : 2169-3536. doi : 10.1109/ACCESS.2019.2903157.
- [73] B. LE GAL et al., « High-Throughput FFT-SPA Decoder Implementation for Non-Binary LDPC Codes on x86 Multicore Processors, » *Journal of Signal Processing Systems*, t. 92, n° 1, p. 37-53, jan. 2020, issn : 1939-8018, 1939-8115. doi : 10.1007/s11265-019-01447-8.

C. MONIÈRE

Avant-propos

Sommaire

Introduction

QCSP

Étude
algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR OCSP

Avant-propos

Introduction

Étude algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

- ◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ 19

Références IX

- [85] CAMILLE MONIÈRE et al., « Efficient Software and Hardware Implementations of a QCSP Communication System, » in *Design and Architecture for Signal and Image Processing*, KAROL DESNOS et al., éd., t. 13425, Cham : Springer International Publishing, juin 2022, p. 29-41, ISBN : 978-3-031-12747-2 978-3-031-12748-9. DOI : 10.1007/978-3-031-12748-9_3.
- [86] CAMILLE MONIÈRE et al., « Implémentations Logicielles et Matérielles Efficientes d'une Chaîne de Communications QCSP, » in *Conférence Francophone d'informatique En Parallélisme, Architecture et Système, comPAS'2022*, Amiens, France, juill. 2022. adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03699091>.
- [87] CAMILLE MONIÈRE et al., « Time Sliding Window for the Detection of CCSK Frames, » in *IEEE Workshop on Signal Processing Systems (SiPS'2021)*, Combría, Portugal : IEEE, oct. 2021, p. 99-104. DOI : 10.1109/SiPS52927.2021.00026.
- [88] R. MORI et al., « Non-Binary Polar Codes Using Reed-Solomon Codes and Algebraic Geometry Codes, » in *2010 IEEE Information Theory Workshop*, Dublin, Ireland : IEEE, août 2010, p. 1-5, ISBN : 978-1-4244-8262-7. DOI : 10.1109/CIG.2010.5592755.
- [89] K.-H. NGO et al., « Cube-Split : A Structured Grassmannian Constellation for Non-Coherent SIMO Communications, » *arXiv:1905.08745 [cs, math]*, juin 2020. arXiv : 1905.08745 [cs, math]. adresse : <http://arxiv.org/abs/1905.08745>.
- [90] N. NIKAEIN et al., « OpenAirInterface : An Open LTE Network in a PC, » in *Proceedings of the 20th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, 2014, p. 305-308.
- [91] « NMEA 0183, » *Wikipedia*, oct. 2022. adresse : https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=NMEA_0183&oldid=1116811683.
- [92] OPEN SERVICE SIGNAL B2B, *BeiDou Navigation Satellite System Signal In Space Interface Control Document*, juill. 2020. adresse : <http://www.beidou.gov.cn/xt/gfxz/202008/P020200803362059116442.pdf>.
- [93] *OpenStreetMap*, adresse : <https://www.openstreetmap.org/copyright>.
- [94] M. R. PALATTELLA et al., « Internet of Things in the 5G Era : Enablers, Architecture, and Business Models, » *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, t. 34, n° 3, p. 510-527, mars 2016, ISSN : 1558-0008. DOI : 10.1109/JSAC.2016.2525418.

Références X

- [95] H. D. PFISTER et al., « Accumulate–Repeat–Accumulate Codes : Capacity-Achieving Ensembles of Systematic Codes for the Erasure Channel With Bounded Complexity, » *IEEE Transactions on Information Theory*, t. 53, n° 6, p. 2088-2115, juin 2007, ISSN : 1557-9654. DOI : 10.1109/TIT.2007.896873.
- [96] S. PFLETSCHINGER et al., « Getting Closer to MIMO Capacity with Non-Binary Codes and Spatial Multiplexing, » in *2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM 2010*, Miami, FL, USA : IEEE, déc. 2010, p. 1-5, ISBN : 978-1-4244-5636-9. DOI : 10.1109/GLOCOM.2010.5684077.
- [97] V. PIGNOLY et al., « Fair Comparison of Hardware and Software LDPC Decoder Implementations for SDR Space Links, » in *2020 27th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS)*, nov. 2020, p. 1-4. DOI : 10.1109/ICECS49266.2020.9294906.
- [98] Y. POLYANSKIY, « Asynchronous Communication : Exact Synchronization, Universality, and Dispersion, » *IEEE Transactions on Information Theory*, t. 59, n° 3, p. 1256-1270, mars 2013, ISSN : 0018-9448, 1557-9654. DOI : 10.1109/TIT.2012.2230682.
- [99] C. POUILLIAT et al., « Design of Non Binary LDPC Codes Using Their Binary Image : Algebraic Properties, » in *2006 IEEE International Symposium on Information Theory*, Seattle, WA : IEEE, juill. 2006, p. 93-97, ISBN : 978-1-4244-0505-3 978-1-4244-0504-6. DOI : 10.1109/ISIT.2006.261681.
- [100] *Quasi Cyclic Small Packet – Oct 2019 – Oct 2023*, adresse : <https://qcsp.univ-ubs.fr/>.
- [101] A. R. et al., « GNU Radio Based Control System, » in *2012 International Conference on Advances in Computing and Communications*, août 2012, p. 259-262. DOI : 10.1109/ICACC.2012.59.
- [102] M. RADY et al., « A Historical Twist on Long-Range Wireless : Building a 103 km Multi-Hop Network Replicating Claude Chappe's Telegraph, » *Sensors*, t. 22, n° 19, p. 7586, oct. 2022, ISSN : 1424-8220. DOI : 10.3390/s22197586.
- [103] H. RAHBARI et al., « Exploiting Frame Preamble Waveforms to Support New Physical-Layer Functions in OFDM-Based 802.11 Systems, » *IEEE Transactions on Wireless Communications*, t. 16, n° 6, p. 3775-3786, juin 2017, ISSN : 1536-1276. DOI : 10.1109/TWC.2017.2688405.

Références XI

- [104] S. V. S. RANGANATHAN et al., « Non-binary low density parity check (NB-LDPC) codes for communication systems, » US9692451B2, juin 2017. adresse : <https://patents.google.com/patent/US9692451B2/en>.
- [105] JIM SKEA (UNITED KINGDOM), PRIYADARSHI R SHUKLA (INDIA), ANDY REISINGER (NEW ZEALAND), RAPHAEL et al., « Climate Change 2022, » Intergovernmental Panel on Climate Change, rapp. tech. 6th. adresse : https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Full_Report.pdf.
- [106] B. LE GAL et al., « Multi-Gb/s Software Decoding of Polar Codes, » *IEEE Transactions on Signal Processing (TSP)*, t. 63, n° 2, p. 349-359, jan. 2015.
- [107] B. LE GAL et al., « High-Throughput Multi-Core LDPC Decoders Based on X86 Processor, » *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems (TPDS)*, t. 27, n° 5, p. 1373-1386, mai 2016.
- [108] B. LE GAL et al., « Low-Latency and High-Throughput Software Turbo-Decoders on Multi-Core Architectures, » *Annals of Telecommunications, Springer*, t. 75, p. 27-42, août 2019. adresse : <https://doi.org/10.1007/s12243-019-00727-5>.
- [109] M. ROBERT et al., « The Software-Defined Radio as a Platform for Cognitive Radio, » in *Cognitive Radio Technology*, Elsevier, 2009, p. 65-103, ISBN : 978-0-12-374535-4. DOI : 10.1016/B978-0-12-374535-4.00003-5.
- [110] T. J. ROUPHAEL, « High-Level Requirements and Link Budget Analysis, » in *Signal Processing for Software-Defined Radio*, Elsevier, 2009, p. 87-122, ISBN : 978-0-7506-8210-7. DOI : 10.1016/B978-0-7506-8210-7.00004-7.
- [111] K. SAIED et al., « Quasi Cyclic Short Packet for asynchronous preamble-less transmission in very low SNRs, », n° Preprint, juin 2020. DOI : hal-02884668.
- [112] K. SAIED, « Quasi-Cyclic Short Packet (QCSP) Transmission for IoT, » Theses, Université Bretagne Sud, mars 2022. adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03628626>.
- [113] K. SAIED et al., « Short Frame Transmission at Very Low SNR by Associating CCSK Modulation With NB-Code, » *IEEE Transactions on Wireless Communications*, t. 21, n° 9, p. 7194-7206, sept. 2022, ISSN : 1536-1276, 1558-2248. DOI : 10.1109/TWC.2022.3156628.

Références XII

- [114] K. SAIED et al., « Time-Synchronization of CCSK Short Frames, » in *17th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob'2021)*, , Bologna, Italy, oct. 2021. adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03404770>.
- [115] M. SCHLÜTER et al., « Bounds on Phase, Frequency, and Timing Synchronization in Fully Digital Receivers With 1-Bit Quantization and Oversampling, » *IEEE Transactions on Communications*, t. 68, n° 10, p. 6499-6513, oct. 2020, issn : 1558-0857. doi : [10.1109/TCOMM.2020.3005738](https://doi.org/10.1109/TCOMM.2020.3005738).
- [116] T. SCHMIDL et al., « Robust Frequency and Timing Synchronization for OFDM, » *IEEE Transactions on Communications*, t. 45, n° 12, p. 1613-1621, Dec./1997, issn : 00906778. doi : [10.1109/26.650240](https://doi.org/10.1109/26.650240).
- [117] M. SEVER et al., « Use of GNU Radio as a Validation and Visualization Tool in Communications Electronic Support Project, » in *2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, oct. 2020, p. 1-5. doi : [10.1109/SIU49456.2020.9302461](https://doi.org/10.1109/SIU49456.2020.9302461).
- [118] M. SHAFI et al., « 5G : A Tutorial Overview of Standards, Trials, Challenges, Deployment, and Practice, » *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, t. 35, n° 6, p. 1201-1221, juin 2017, issn : 1558-0008. doi : [10.1109/JSAC.2017.2692307](https://doi.org/10.1109/JSAC.2017.2692307).
- [119] S. K. SHARMA et al., « Toward Massive Machine Type Communications in Ultra-Dense Cellular IoT Networks : Current Issues and Machine Learning-Assisted Solutions, » *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, t. 22, n° 1, p. 426-471, 2020, issn : 1553-877X. doi : [10.1109/COMST.2019.2916177](https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2916177).
- [120] R. S. SINHA et al., « A survey on LPWA technology : LoRa and NB-IoT, » *ICT Express*, t. 3, n° 1, p. 14-21, mars 2017, issn : 24059595. doi : [10.1016/j.icte.2017.03.004](https://doi.org/10.1016/j.icte.2017.03.004).
- [121] W. SULEK, « Non-binary LDPC Decoders Design for Maximizing Throughput of an FPGA Implementation, » *Circuits, Systems, and Signal Processing*, t. 35, n° 11, p. 4060-4080, nov. 2016, issn : 1531-5878. doi : [10.1007/s00034-015-0235-x](https://doi.org/10.1007/s00034-015-0235-x).
- [122] K. TAN et al., « Sora : High-Performance Software Radio Using General-Purpose Multi-Core Processors, » *Communications of the ACM*, t. 54, n° 1, p. 99-107, 2011.

Références XIII

- [123] J. TAPPAREL et al., « An Open-Source LoRa Physical Layer Prototype on GNU Radio, » in *2020 IEEE 21st International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC)*, mai 2020, p. 1-5. doi : 10.1109/SPAWC48557.2020.9154273.
- [124] TBEU, *Tbeu/Matio*, avr. 2020. adresse : <https://github.com/tbeu/matio>.
- [125] M.-T. TRAN, « Towards Hardware Synthesis of a Flexible Radio from a High-Level Language, » *These de Doctorat, Rennes 1*, nov. 2018. adresse : <https://www.theses.fr/2018REN1S072>.
- [126] K. TRIFUNOVIC et al., « Polyhedral-Model Guided Loop-Nest Auto-Vectorization, » in *2009 18th International Conference on Parallel Architectures and Compilation Techniques*, sept. 2009, p. 327-337. doi : 10.1109/PACT.2009.18.
- [127] A. VOICILA et al., « Low-Complexity Decoding for Non-Binary LDPC Codes in High Order Fields, » *IEEE Transactions on Communications*, t. 58, n° 5, p. 1365-1375, mai 2010, issn : 0090-6778. doi : 10.1109/TCOMM.2010.05.070096.
- [128] P. WALK et al., « MOCZ for Blind Short-Packet Communication : Practical Aspects, » *IEEE Transactions on Wireless Communications*, t. 19, n° 10, p. 6675-6692, oct. 2020, issn : 1536-1276, 1558-2248. doi : 10.1109/TWC.2020.3004588.
- [129] J. S. WALTHER, « A unified algorithm for elementary functions, » in *Proceedings of the May 18-20, 1971, Spring Joint Computer Conference on - AFIPS '71 (Spring)*, Atlantic City, New Jersey : ACM Press, 1971, p. 379. doi : 10.1145/1478786.1478840.
- [130] R. WILSON, *Intel FlexRAN Reference Designs Deployed in 5G Infrastructure*, juin 2018.
- [131] G. WU et al., « Low Complexity Time-Frequency Synchronization for Transform Domain Communications Systems, » in *2015 IEEE China Summit and International Conference on Signal and Information Processing (ChinaSIP)*, juill. 2015, p. 1002-1006. doi : 10.1109/ChinaSIP.2015.7230555.
- [132] A. M. WYGLINSKI et al., « Revolutionizing Software Defined Radio : Case Studies in Hardware, Software, and Education, » *IEEE Communications Magazine*, t. 54, n° 1, p. 68-75, jan. 2016, issn : 1558-1896. doi : 10.1109/MCOM.2016.7378428.
- [133] XILINX, *Vitis High-Level Synthesis User Guide UG1399 (v2021.1)*, 2021.
- [134] XILINX, *Vivado Design Suite User Guide : High-Level Synthesis (UG902)*, 2019.

IMPLÉMENTATIONS TEMPS RÉEL D'UN RÉCEPTEUR OCSP

Avant-propos

Introduction

Étude algorithmique

Implémentations

Expériences
grandeur-natures

Conclusion

Bibliography

- ◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻ 19