

Codes polaires convolutifs : gain de performance majeur pour les télécommunications 5G

Contexte



- À l'aube du déploiement de la technologie « 5G » en réseaux de télécommunications digitales cellulaires à l'échelle de la planète, l'industrie recherche des méthodes pour optimiser la transmission d'information dans un « canal bruyant » afin de réduire les erreurs au minimum et de sauver des coûts.



- La transmission d'information, sans erreurs, dans un canal de communication bruyant est possible depuis les années 1940. La solution était d'envoyer un nombre plus grand de bits que les bits d'information pour que ceux-ci deviennent redondantes et résistent aux erreurs. Une formule dicte donc le rendement optimal en fonction du taux d'erreurs introduites dans le canal, ce qu'on appelle la capacité du canal. Cependant, ces solutions comprennent plusieurs inconvénients dont le principal était la trop grande quantité de calculs au moment de décoder l'information après sa transmission dans le canal. Récemment, la famille des codes polaires, au rendement arbitrairement près de la capacité du canal, a permis de contrer ce problème avec un temps de décodage proportionnel à la quantité d'information à transmettre. L'inconvénient de ces codes est qu'ils sont nécessaires en très grande taille pour atteindre la probabilité d'erreur 0, ou encore qu'à petite taille, la probabilité d'erreurs demeure élevée. La présente invention répond à ces problèmes.

Description



- Résultant de la recherche en physique à l'Université de Sherbrooke au Canada, l'invention des codes polaires convolutifs change la donne. Le principe du décodage successif est le même que pour les codes polaires conventionnels, mais l'algorithme et le protocole de communication réalisant ce calcul sont nouveaux. L'innovation la plus importante est l'utilisation des réseaux de tenseurs en correction d'erreurs. Les réseaux de tenseurs sont un outil récemment introduit en mécanique quantique afin de réaliser certains calculs. Nous traduisons le problème du décodage dans ce langage, et arrivons ainsi à une compréhension du décodage efficace des codes polaires. Cela nous donne une nouvelle perspective sur certains problèmes et nous permet de réaliser des calculs qui seraient très complexes sans ce langage.



- La technologie des codes polaires convolutifs est une famille de codes correcteurs qui généralisent les codes polaires. Ils permettent d'atteindre une probabilité d'erreur 0 deux fois plus rapidement que les codes polaires et, lorsque la quantité d'information est de taille modeste, arrivent à des taux d'erreurs substantiellement plus faibles que les codes polaires.



- Un programme en C++ et en Julia a été conçu et permet l'encodage de l'information dans un code polaire convolutif, le décodage de l'information dans un canal bruyant, et la simulation du canal bruyant. Les codes polaires font déjà partie des normes internationales 5G, et l'étude d'intégration de ces codes en circuits intégrés ASIC est planifiée.

Applications possibles



- Télécommunications



- Entreposage d'informations

-
- Décodage de codes polaires sur canaux avec mémoire
-
- Communications satellites

Avantage de cette solution

AVANTAGES COMMERCIAUX

-
- Une technologie offrant un gain de performance majeur pour le 5G en télécommunications.
-
- Standardisation : les codes polaires, une technologie de correction d'erreurs essentielle à la standardisation des communications 5G, furent adoptés en 2016 par le standard « enhanced mobile broadband » (eMBB) qui gère le 5G. La présente innovation permet un 5G amélioré!
-
- Taux de suppression d'erreurs : supérieurs aux codes polaires - communication plus fiable ou utilisation de codes de plus petite taille.
-
- Avantage vs concurrence : plus performants que les codes polaires - permet de communiquer de façon plus fiable ou encore utiliser des codes de plus petite taille.

-
- Une entreprise majeure dans l'industrie confirme avoir programmé le code et observé la performance décrite.

-
- Rapidité : temps de décodage similaire qu'avec les codes polaires.
-
- Applications étendues : la technique de décodage peut même s'appliquer aux canaux avec mémoire.
-
- Capacité du canal : atteinte asymptotique de la capacité du canal.
-
- Marché : en avril 2019, le « Global Mobile Suppliers Association » a identifié 224 opérateurs dans 88 pays qui investissent activement dans le 5G.

-
- Commencant en 2019, le déploiement du 5G va s'étendre à des centaines de millions d'appareils sans fil.
-
- Le saut de 4G à 5G est beaucoup plus grand que les sauts précédents, car le 5G a le potentiel d'être jusqu'à 100 fois plus rapide. Ceci permettra dans le futur, entre autres, les automobiles autonomes.

AVANTAGES TECHNIQUES

□

- Fiabilité : taux d'erreurs substantiellement plus faibles qu'avec les codes polaires.

□

- Preuve numérique que les codes convolutifs* :

□

- Atteignent asymptotiquement la capacité du canal.

□

- Sont décodables en temps linéaire.

□

- La probabilité d'erreurs tend deux fois plus rapidement vers 0 que pour les codes polaires.

□

- Efficacité : moins de redondance pour le même contenu. Pour une redondance semblable, probabilité d'erreurs diminuée.

□

- Développement de chipsets dédiés : des encodeurs et des décodeurs pour les codes polaires sont déjà implantés à l'échelle dans des VLSI-Chip et le travail est planifié pour les codes polaires convolutifs.

Statut de la propriété intellectuelle

MATURITÉ DE LA TECHNOLOGIE

□

- TRL5 - Technologie prouvée en simulation et l'intégration en VLSI-Chip est planifiée.

□

- Licences disponibles.

PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

□

- Dépôt d'une demande US provisoire le 3 mars 2017 : 62/466,414.

□

- Dépôt d'une demande PCT le 5 mars 2018 : PCT/CA2018/050259.

CE QUE NOUS RECHERCHONS

□

- Partenaire commercial

□

- Partenaire de développement

□

- À la recherche d'investissements

Contact de l'inventeur principal

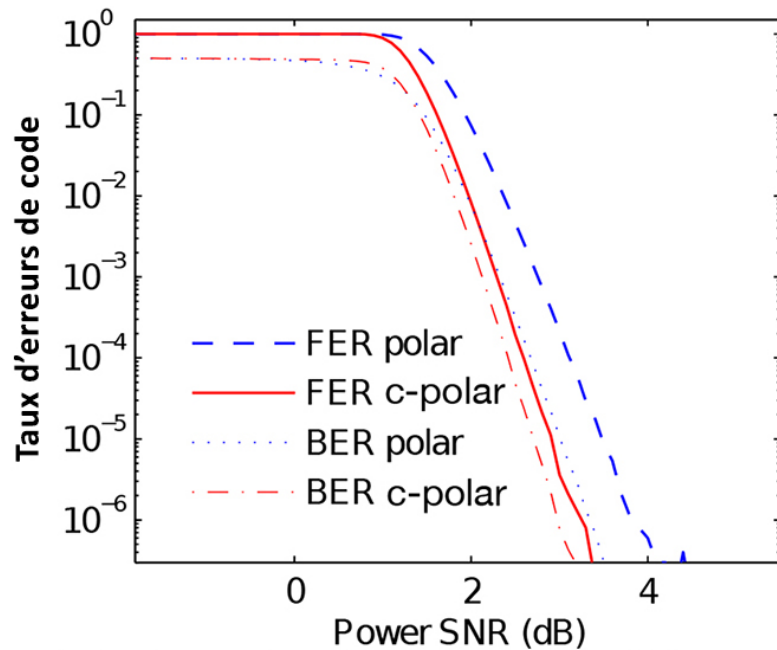
-
- David Poulin
-
- David.Poulin@USherbrooke.ca
-
- 819 821-8000, poste 62054

Contact TransferTech Sherbrooke

-
- François Nadeau, directeur de projets
-
- f.nadeau@transfertechn.ca
-
- Cellulaire : 873 339-2028
-
- www.transfertechn.ca

Autres

*** Comparaison des performances des codes polaires de taux 1/2 et polaires convolutionnelles de taille 8192 pour le canal de bruit blanc gaussien additif.**



Les taux d'erreur de trame et les taux d'erreur de bit sont indiqués.

FER = Frame error rate = la fraction des fois qu'il y a au moins une erreur parmi les 8192 bits qui sont envoyés dans un frame.

BER = Bit error rate = la fraction de bits qui ont des erreurs en moyenne.

□

- Photo : l'image utilisée est seulement illustrative. Source : Christoph Scholz, <https://www.flickr.com/photos>, CC BY-SA 2.0.

□

- Lien externe (article en anglais seulement) : Convolutional Polar Codes