



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique**



**Université Hadj Lakhdar – Batna
Faculté des Sciences
Département d'Informatique**

THESE

Présentée par

Hacene ZIDANI

Pour obtenir le grade de

Magistère

Spécialité : Ingénierie des Systèmes Informatiques (ISI)

Etude et optimisation des protocoles de transport pour les nano satellites

Soutenue publiquement le /.... /..... devant le jury formé de :

Dr. Brahim BELATTAR	M.C.	Président	Université de Batna
Dr. Abdelmadjid ZIDANI	M.C.	Rapporteur	Université de Batna
Pr. Mohammed BENMOHAMMED	PROF.	Examineur	Université de Constantine
Dr. Okba KAZAR	M.C.	Examineur	Université de Biskra

Résumé

Les réseaux d'accès satellitaires *Low Earth Orbiting* (LEO), qui sont à la fois sans fil et mobile, ont un ensemble unique d'erreurs de lien, y compris la corruption de bits, le handover et la connectivité limitée. Malheureusement, la plupart des protocoles de transport sont uniquement destinés à gérer la congestion liée à des erreurs communes dans les réseaux filaires. Cette incapacité de gérer plusieurs types d'erreurs résulte une dégradation grave dans le débit effectif et l'énergie stockée, qui sont les deux paramètres essentiels d'un environnement sans fil et mobiles.

Des recherches proposent un nouveau protocole de transport pour les satellites appelé *Satellite Transport Protocol* (STP), qui s'adresse aux problèmes des réseaux satellitaires seulement. STP ne fait pas une différenciation entre les types d'erreur qui se produisent. Pour cela, d'autres études ont intégré au protocole STP un mécanisme de contrôle d'erreur qui s'appelle *probing* pour le rendre plus réactif aux conditions d'erreur qui prévaut dans les réseaux satellitaires. Le mécanisme fonctionne en investissant le temps et la transmission afin de déterminer la cause de l'erreur. Ces overheads sont, cependant, récupérés par des gains dans le débit effectif de la connexion et son efficacité énergétique. Le protocole STP avec le nouveau mécanisme *probing* est appelé : *eXtended Satellite Transport Protocol* (XSTP). Dans notre étude nous intéressons aux performances du protocole XSTP pour les réseaux d'accès nanosatellites. L'étude est faite en implémentant ce protocole dans le simulateur réseau NS2 et en faisant des simulations, puis nous comparons XSTP avec les variantes du protocole TCP (clones TCP).

Mots clés : Protocole de transports, Réseau satellitaire, LEO, clones TCP, STP, XSTP, mécanisme probing.

Abstract

The design of efficient communication mechanisms for small satellite networks is a challenging task, requiring the definition and implementations of specific protocols and architectures appropriate to space's critical conditions. In this work, we have selected XSTP (*eXtended Setellite Transport Protocol*) as candidate protocol for nanosatellite networks. Foremost, we implemented XSTP in NS2 simulator. The initial simulations were done in a LEO satellite network scenario. According to our simulations, XSTP was shown to reach a higher effective throughput, much lower overhead, and better channel efficiency as compared to TCP clones, in case of high BER conditions. As to low BER environment, all the protocols have a comparable performance in terms of channel efficiency.

Keywords : Transport protocol, Satellite network, LEO, TCP clones, STP, XSTP, Probing mechanism.

Tables des Matières

Liste des Figures.....	I
Liste des Tableaux.....	II
Liste des Acronymes	III
Chapitre I : Introduction	
I.1. Réseaux satellitaires LEO	5
I.1.1. Architecture du réseau	5
I.1.2. Propriétés des liens.....	6
I.2. Transport sur les satellites LEO	7
I.2.1. Stratégie de contrôle d'erreur	7
I.2.2. Etat de l'art	7
I.3. Contributions.....	8
I.4. Organisation du mémoire.....	8
Chapitre II : Domaine des nanosatellites	
Introduction	11
II.1. Concepts utilisés dans le domaine des nanosatellites	11
II.1.1. Définition de nanosatellite	11
II.1.2. Concept de Vol en formation.....	11
II.1.3. Types d'orbites pour les satellites	14
II.1.4. Lancement.....	15
II.2. Structure générale d'un système nanosatellite	15
II.2.1. Sous-système GNC.....	15
II.2.2. Sous-système d'alimentation.....	16
II.2.3. Sous-système de Communication.....	17
II.2.4. Sous-systèmes de Propulsion.....	17
II.2.5. Sous-systèmes structurel.....	17
II.2.6. Sous-systèmes de contrôle thermique.....	18
II.2.7. Sous-systèmes de télémétrie, suivi et commande	18
II.3. Classification des satellites	18
II.4. Avantages et Inconvénients des nanosatellites	19
II.5. Applications des nanosatellites.....	19
II.5.1. Communication.....	19
II.5.2. Espace scientifique	19
II.5.3. Technologique de vérification	19
II.5.4. Observation de la Terre.....	19
II.5.5. Applications militaires.....	20
II.6. Campagnes de lancement des nanosatellites	20
Conclusion.....	22
Chapitre III : Protocoles de Transport pour les communications satellitaires	
Introduction	24
III.1. Problèmes de communication spatiale	24
III.1.1. Error-Prone Links.....	24
III.1.2. Canaux asymétrique	24
III.1.3. Capacité limitée des liens	25
III.1.4. Connectivité intermittente	25
III.2. XTP : Xpress Transport Protocol	25
III.2.1. Définition du protocole XTP	25
III.2.2. Structure du protocole XTP	26
III.2.2.1. Segment de contrôle	26
III.2.2.2. Segment d'information	26
III.2.3. Timers XTP	26

III.3. SCPS-TP : Space Communications Protocol Standards Transport Protocol.....	27
III.3.1. Différentes sources de perte	27
III.3.1.1. Perte causée par la congestion.....	28
III.3.1.2. Perte causée par la corruption.....	28
III.3.1.3. Coupure de lien	28
III.3.2. Canaux asymétriques.....	28
III.3.3. Capacité limitée des liens	29
III.3.3.1. Compression d'en-tête SCPS-TP	29
III.3.3.2. SNACK SCPS-TP	29
III.4. STP : Satellite Transport Protocol.....	29
III.4.1. Opérations du protocole	30
III.4.2. Formats des paquets	31
Conclusion.....	32

Chapitre IV : Protocoles nanosatellites

Introduction	34
IV.1. NSP : Nanosatellite Protocol.....	34
IV.1.1. Format du message.....	34
IV.1.2. Format de la Télécommande	35
IV.1.3. Validation de la télécommande	35
IV.1.4. Format de la réponse	36
IV.1.5. Formulation du SLIP.....	36
IV.1.6. Adresses NSP	36
IV.2. XSTP : eXtended Satellite Transport Protocol	37
IV.2.1. Architecture générale de XSTP.....	37
IV.2.2. Conception détaillée.....	38
IV.2.2.1. Classe émetteur	38
IV.2.2.2. Classe récepteur	39
IV.2.3. Mécanisme probing de XSTP	40
IV.2.3.1. Motivation.....	40
IV.2.3.2. Description	40
Conclusion.....	44

Chapitre V : Simulation et étude des performances

Introduction	47
V.1. Environnement de simulation.....	47
V.1.1. Simulateur des réseaux NS2 (Network Simulator 2).....	47
V.1.2. Implémentation de protocoles de transport sous NS2	49
V.1.2.1. UDP	49
V.1.2.2. Clones TCP.....	50
V.1.2.2.1. Tahoe	51
V.1.2.2.2. Reno.....	52
V.1.2.2.3. NewReno	52
V.1.2.2.4. Vegas	52
V.1.2.2.5. SACK.....	53
V.2. Configuration de la simulation	53
V.3. Paramètres de performance	54
V.4. Scénarios de tests.....	55
Conclusion.....	55

Chapitre VI : Résultats de la simulation

Introduction	57
VI.1. Transmission dans un seul sens.....	57
VI.1.1. Débit effectif	57
VI.1.2. Bande passante nécessaire pour le canal inverse.....	58
VI.1.3. Efficacité	60
VI.1.4. Overhead	61
VI.2. Transmission dans les deux sens	63
VI.2.1. Débit effectif	63
VI.2.2. Bande passante nécessaire pour le canal inverse.....	64
VI.2.3. Efficacité	64
VI.2.4. Overhead	66
Conclusion.....	67
Conclusion et Perspectives	69
BIBLIOGRAPHIE	70