
Table des matières

Introduction	9
Chapitre 1. Evolution des méthodes de conception orientée modèle en génie logiciel	15
1.1. Historique de la conception orientée modèle	15
1.2. L' <i>Unified Modeling Language</i> , support des méthodes orientées modèle	17
1.2.1. Philosophie et histoire de l' <i>Unified Modeling Language</i>	17
1.2.2. Les diagrammes normalisés de l' <i>Unified Modeling Language</i>	18
1.2.3. Avantages de la conception orientée modèle	24
1.3. Les techniques de validation formelle basées sur les modèles	25
1.3.1. <i>Model Checking</i>	25
1.3.2. Preuves formelles	28
1.3.3. Assertion de code	29
1.3.4. Application à la certification de systèmes complexes.	30
Chapitre 2. Méthodologie de prototypage rapide pour un logiciel avionique	33
2.1. Les spécificités du domaine avionique	33
2.1.1. Virtualisation des systèmes : <i>Integrated Modular Avionics</i>	34
2.1.1.1. Interface ARINC 653 APEX : <i>Application Executive</i>	35
2.1.1.2. Bus AFDX : <i>Avionics Full-DupleX switched Ethernet</i>	35
2.1.2. Le MILS : diviser pour mieux régner sur un monde sûr	36
2.1.3. Traitement conjoint des aspects sûreté et sécurité	38
2.2. La certification d'un système avionique	40

- 2.2.1. Qualification d’outils pour la certification 40
- 2.2.2. Les approches de développement orienté modèle dans l’aéronautique. 41
 - 2.2.2.1. DO-178C : *Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification* 42
 - 2.2.2.2. DO-331 : *Model-Based Development and Verification* 42
- 2.2.3. Une méthodologie élaborée pour le développement des systèmes embarqués complexes 42
- 2.3. La méthodologie de développement rapide en sept étapes 43
 - 2.3.1. Présentation des différentes étapes 43
 - 2.3.2. Avantages de la méthodologie 45
 - 2.3.3. Exemple de bénéfice dans l’utilisation de notre méthodologie orientée modèle 49
 - 2.3.4. Instanciation de la méthodologie avec différents outils. 50
 - 2.3.4.1. Synthèse des chaînes d’outils compatibles 50
 - 2.3.4.2. Organisation de l’architecture de la solution logicielle. 52
 - 2.3.4.3. Conception : modélisation avec Simulink et Stateflow 54
 - 2.3.4.4. Transformation avec Gene-Auto vers le langage C 55
 - 2.3.4.5. Exécution avec un système d’exploitation embarqué durci 56
- 2.4. Résumé du chapitre 61

Chapitre 3. Mise en œuvre de la méthodologie de prototypage pour le développement d’un routeur avionique de nouvelle génération 63

- 3.1. Introduction aux domaines des communications aéronautiques de nouvelle génération 63
 - 3.1.1. Domaines réseaux avioniques et aéronautiques 63
 - 3.1.2. Standards et protocoles de communications pour l’aéronautique de nouvelle génération 66
 - 3.1.3. Apport d’un routeur avionique de nouvelle génération : routeur SNG (sécurisé de nouvelle génération) 68
 - 3.1.3.1. Interconnexion des domaines avioniques par un routeur de nouvelle génération. 68
 - 3.1.3.2. Mutualisation des liaisons aéronautiques sol-bord par un routeur de nouvelle génération. 69
- 3.2. Mise en œuvre du routeur SNG 71
 - 3.2.1. Architecture du logiciel du routeur SNG 71
 - 3.2.2. Fonctionnalités de routage (IPv4) 73
 - 3.2.2.1. Les principes du routage pour le SNG 73
 - 3.2.2.2. Mise en œuvre des fonctionnalités de routage 74

3.2.3. Fonctionnalités de filtrage (IPv4)	78
3.2.3.1. Les principes du filtrage pour le SNG.	78
3.2.3.2. Mise en œuvre des fonctionnalités de filtrage	78
3.3. Evaluation des performances du routeur SNG	81
3.3.1. Cadre expérimental	82
3.3.1.1. Topologie réseau considérée	82
3.3.2. Métriques et outils d'évaluation des performances	84
3.3.2.1. Métriques sélectionnées	84
3.3.2.2. Outils de mesure choisis.	85
3.3.2.3. Utilisation des outils actifs pour générer du trafic de charge	87
3.3.2.4. Plate-forme matérielle utilisée pour l'évaluation des performances du routeur SNG.	89
3.3.3. Résultats des mesures de performance	90
3.3.3.1. Impact du nombre de flux traités par le routeur SNG sur ses performances.	91
3.3.3.2. Impact des mécanismes de sécurisation sur les performances	94
3.3.3.3. Disponibilité du routeur sur une semaine.	95
3.3.3.4. Performances globales du système	96
3.4. Résumé du chapitre	97
Conclusion	99
Bibliographie	105
Index	115