

A SYSTEMIC PARADIGM FOR EARLY IT SYSTEM REQUIREMENTS BASED ON REGULATION PRINCIPLES: THE LIGHTSWITCH APPROACH

THÈSE N° 2810 (2003)

PRÉSENTÉE À LA FACULTÉ INFORMATIQUE ET COMMUNICATIONS

Institut d'informatique fondamentale

SECTION DES SYSTÈMES DE COMMUNICATION

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES TECHNIQUES

PAR

Gil REGEV

ingénieur informaticien diplômé EPF
de nationalité suisse et originaire de Chavannes-près-Renens (VD)

acceptée sur proposition du jury:

Prof. A. Wegmann, directeur de thèse
Prof. F. Bouchet, rapporteur
Prof. X. Gilbert, rapporteur
Prof. R. Kowalski, rapporteur
Dr P. Pu Faltings, rapporteur

Abstract

IT system is a general term for all software based business applications used in enterprises. IT systems support the actions of an enterprise by processing information about the enterprise and its environment and by providing this information to the enterprise and its stakeholders. An enterprise's actions have a direct influence on its ability to succeed in its environment. IT systems, therefore, have a direct influence on the enterprise's long term success. Hence, IT systems are considered to be of strategic importance in most contemporary enterprises. Although enterprises, most of the time, attempt to maintain their identity, forces within them and in their environment push them to change. Enterprise strategy therefore seeks to balance the need to remain the same with the need to change. This balance is maintained by specifying change that the enterprise is capable of sustaining and that the enterprise believes are necessary for its continued success. The design of IT systems should reflect this need for stability and change.

The requirements of an IT system are the description of what the IT system will be like and how it will behave. The initial understanding of the requirements is called early requirements. Early requirements define the problems the enterprise is trying to solve and sketch the possible solutions to these problems. An envisioned IT system is often part of these solutions. Enterprise Architecture (EA) and Goal-Directed Requirements Engineering (GDRE) propose methods for defining early requirements by considering the goals of the enterprise and its stakeholders. The concept of goal is used to give structure to the different perspectives on the enterprise defined by its stakeholders and to express the resulting requirements for the IT system.

The EA and GDRE literature does not propose a conceptual foundation that gives meaning to the different kinds of goals specified by the EA and GDRE methods as well as how these goals are formed and modified in enterprises. Moreover, EA and GDRE methods are often influenced by Business Process Reengineering (BPR) which is known for specifying radical, often unsustainable change. The resulting early requirements specify goals that could have been changed or that specify too much change for the enterprise. The Lightswitch approach, described in this thesis, was designed as a tool for IT system designers to create initial requirements taking into account the enterprise's needs for stability and change in terms of goals.

The Lightswitch approach consists of a conceptualization and a modeling framework. The Lightswitch conceptualization explains the goal-directed behavior of enterprises from the standpoint of the maintenance of success in a changing environment. It is based on General Systems Thinking (GST) and Cybernetics principles. Combined, these theoretical perspectives offer an evolutionary viewpoint describing enterprises as systems that maintain their internal order by regulating their relationships with other systems. GST and Cybernetics offer a set of principles with which to understand this regulation. These principles are used in the Lightswitch conceptualization to explain how enterprises regulate their relationships with their stakeholders in order to remain successful. The Lightswitch conceptualization provides an explanation, in an enterprise context, of the different kinds of goals specified in the EA and GDRE literature.

The conceptualization forms the theoretical background of the Lightswitch modeling framework, a goal-directed modeling framework that enables IT system designers to specify early requirements for an IT system based on the enterprise's regulation of its relationships with its stakeholders. The Lightswitch framework complements existing EA and GDRE methods by enabling designers to model both the stability and the changing nature of the relationships of the enterprise with its stakeholders. These models help designers to better understand the enterprise's goals, to propose changes to these goals if deemed necessary, and to specify early requirements for the enterprise's IT systems in the form of high-level goals.

This thesis contributes an original conceptualization and method to EA and GDRE. Concretely, the Lightswitch approach consists in reflecting on the conditions that brought the enterprise-under-consideration to be what it is today, to analyze how well it is adapted to its present conditions, and to attempt to foresee some of the challenges it may face in the future. The early requirements for the IT system should reflect these past, present and future perspectives.

We present three case studies in which the Lightswitch approach was used to specify the early requirements for an enterprise IT system. Two of the case studies were performed in industrial settings.

Version abrégée

Le nom de système IT sert souvent à désigner les logiciels, et leurs supports matériels, utilisés dans les entreprises. Les systèmes IT soutiennent les actions de l'entreprise en traitant l'information concernant l'entreprise et son environnement et en mettant cette information à la disposition de l'entreprise et de ses intervenants. Les actions que prend l'entreprise ont une influence directe sur son succès à long terme. Les systèmes IT sont donc considérés comme ayant une importance stratégique pour la plupart des entreprises contemporaines. La plupart du temps les entreprises essaient de maintenir leur identité alors que des forces internes et externes les poussent à changer. La stratégie d'entreprise cherche à maintenir un équilibre entre la nécessité de rester identique et celle de changer. Cet équilibre est maintenu en spécifiant des changements que l'entreprise est capable d'accepter et qu'elle juge nécessaires pour son succès à long terme. Le design de systèmes IT doit refléter cette nécessité d'équilibre entre stabilité et changement.

On appelle *les besoins* d'un système IT la description de ce que le système sera, ainsi que son comportement. La description initiale des besoins exprime les problèmes que l'entreprise cherche à résoudre et définit les solutions possibles à ces problèmes. Un système IT fait souvent partie de ces solutions. Les méthodes de gestion des besoins basées sur les buts (GDRE : Goal-Directed Requirements Engineering) et les méthodes d'architecture d'entreprise (EA : Enterprise Architecture) proposent d'identifier les buts de l'entreprise et de ses intervenants. Le concept de but est utilisé pour structurer les différentes perspectives concernant l'entreprise et les besoins du système IT qui en résultent.

La littérature concernant EA et GDRE ne propose pas un fondement conceptuel permettant de comprendre comment des buts sont formulés et modifiés dans l'entreprise. De plus les méthodes d'EA et GDRE sont souvent influencées par les principes de Business Process Reengineering (BPR), qui sont connus pour spécifier des changements radicaux et souvent non appropriés pour l'entreprise. Les besoins initiaux qui résultent de l'utilisation de ces méthodes spécifient des buts qui auraient pu être changés ou des buts qui impliquent un changement trop important pour l'entreprise. L'approche Lightswitch, décrite dans la présente thèse, est conçue comme un outil à l'aide duquel les concepteurs de systèmes IT peuvent créer des besoins initiaux qui prennent en compte la nécessité de stabilité et de changement de l'entreprise.

L'approche Lightswitch est composée d'un cadre conceptuel et d'un cadre de modélisation. Le cadre conceptuel permet d'expliquer le comportement *orienté buts* des entreprises, du point de vue de la maintenance du succès dans un environnement hostile. Ce cadre conceptuel est basé sur la théorie générale des systèmes et la cybernétique. Ces deux théories combinées offrent un point de vue évolutionniste qui décrit une entreprise comme un système qui survit et maintient son ordre interne en régulant des relations avec d'autres systèmes. La théorie générale des systèmes et la cybernétique proposent un ensemble de principes qui permettent de comprendre cette régulation. Ces principes sont utilisés dans le cadre conceptuel pour expliquer comment une entreprise régule ses relations avec ses intervenants pour maintenir son succès. Nous utilisons ce cadre conceptuel pour expliquer quelle est la signification, dans le contexte des entreprises, des différents genres de buts proposés dans la littérature EA et GDRE.

Le cadre de conceptualisation sert de fondement théorique au cadre de modélisation Lightswitch, un cadre de modélisation orienté buts, qui permet aux concepteurs de systèmes IT de spécifier des besoins initiaux pour le système IT en prenant comme point de départ la régulation des relations entre l'entreprise et ses intervenants. Ce cadre de modélisation enrichit les méthodes de EA et GDRE existantes en encourageant les concepteurs à modéliser aussi bien la stabilité que le changement des relations de l'entreprise avec son environnement. Ces modèles aident les concepteurs à mieux comprendre les buts de l'entreprise, à proposer des changements à ces buts si nécessaire, et à spécifier des besoins initiaux sous la forme de buts de haut niveau pour le système IT.

Cette thèse contribue à EA et GDRE en apportant un cadre de conceptualisation et une méthode originale. Concrètement, l'approche Lightswitch consiste en une réflexion sur les conditions qui ont amené l'entreprise considérée à être ce qu'elle est aujourd'hui, à analyser à quel point elle est adaptée aux présentes conditions et à essayer de prévoir certains des défis auxquels elle aura à faire face dans le futur. La description initiale des besoins du système IT devrait refléter ces perspectives passées, présentes et futures.

Nous présentons trois cas d'études dans lesquels l'approche Lightswitch a été utilisée pour spécifier les besoins initiaux de systèmes IT d'entreprise. Deux de ces cas d'étude ont été conduits dans des environnements industriels.

Preface	i
1 Introduction	1
Part 1 The Context	7
2 IT Systems, Strategic Management, and Information Systems	9
2.1 Strategic management schools of thought	10
2.1.1 The Design School.....	12
2.1.2 The Planning School.....	13
2.1.3 The Positioning School.....	15
2.1.4 The Entrepreneurial School	17
2.1.5 The Cognitive School	18
2.1.6 The Learning School.....	20
2.1.7 The Power School.....	21
2.1.8 The Cultural School.....	22
2.1.9 The Environmental School	23
2.1.10 The Configuration School.....	24
2.2 IS schools of thought.....	24
2.2.1 The Hard systems school.....	25
2.2.2 The Soft systems school	28
2.3 Summary of schools of thought.....	31
3 Requirements Engineering and Enterprise Architecture Frameworks	33
3.1 Enterprise Architecture Frameworks	33
3.1.1 The Framework for Information Systems Architecture.....	33
3.1.2 The Reference Model of Open Distributed Processing	36
3.1.2.1 RM-ODP Enterprise Language	37
3.1.3 Business Process Reengineering	40
3.2 RE methods	43
3.2.1 KAOS.....	48
3.2.2 i*, Tropos, and GRL	48
3.2.3 GBRAM	50
3.2.4 Essential and Goal Oriented Use Cases	53
3.2.5 Goal Oriented Tasks	55
3.3 Soft systems methods, SSM, STS, and Organizational Semiotics	56
3.3.1 SSM.....	56
3.3.2 STS.....	59
3.3.3 Organizational Semiotics.....	60
3.4 What is missing from EA and GDRE.....	61
Part 1 Summary.....	64

Part 2 The Lightswitch Conceptualization and Modeling Framework.....	65
4 The Lightswitch Conceptualization.....	67
4.1 Models and Reality	67
4.2 Enterprises and Systems.....	69
4.3 Stability and Change	72
4.4 Identity.....	77
4.5 Regulation Strategies	78
4.5.1 Homeostasis	78
4.5.2 Regulation by norm	81
4.5.3 Aggregation and reserves	86
4.5.4 Specialization.....	87
4.5.5 Multiple influences and compromises.....	89
4.5.6 Regulatory models and observation readinesses.....	92
4.6 Review of main concepts and definitions.....	95
4.7 Summary.....	96
5 Goal Modeling Frameworks	97
5.1 Regulation and goals.....	97
5.2 The Lightswitch modeling framework	100
5.2.1 The Lightswitch modeling elements	101
5.2.2 The Lightswitch models	102
5.2.3 The Lightswitch method.....	107
5.2.3.1 Analyzing the regulatory functions of business processes	107
5.2.3.2 Regulation identification heuristics.....	111
5.2.3.3 The Lightswitch design process	113
5.3 ODP Enterprise Language	119
5.3.1 Explicitly defining maintenance goals	119
5.3.2 Taking into consideration multiple objectives	120
5.3.3 Adding beliefs to the Policy concept.....	120
5.4 GDRE	122
5.4.1 The absence of the observer	123
5.4.2 Clarification of definitions of goals.....	123
5.4.3 Relationships between maintenance and achievement goals.....	124
5.4.4 The role of beliefs in goal refinement	124
5.4.5 The role of norms and interpretations	125
Part 2 Summary.....	126
Part 3 Experimentation	127
6 The Templeman Library Case Study.....	128

6.1	Step 1: Identifying relationships	129
6.2	Step 2: Analyzing how the relationships are regulated	134
6.2.1	Maintaining Relationships with borrowers	135
6.2.1.1	Imposing borrowing restrictions (managing scarce resources)	135
6.2.1.2	Separating kinds of borrowers (customer specialization).....	139
6.2.1.3	Conditional regulation mechanisms	141
6.3	Step 3: Identifying changing conditions	142
6.3.1	Addressing borrowers' dissatisfactions.....	142
6.3.2	The rise of digital libraries.....	143
6.4	Step 4: Identifying, evaluating, selecting options and corresponding IT system goals	143
6.4.1	Helping Librarians to impose borrowing restrictions	144
6.4.2	Relaxing borrowing restrictions	146
6.4.3	Helping borrowers to find items.....	149
6.4.4	Maintaining the collection of items.....	151
6.4.5	Providing digital library services	152
6.5	Summary.....	153
7	The CHUV's Central Sterilization Department Case Study	156
7.1	The Ster and its relationships	158
7.2	The CHUV's relationships with some of its stakeholders	161
7.2.1	Impact on the Ster	164
7.3	The Ster's relationships with clients internal to the CHUV.....	164
7.3.1	Maintenance goals of the Ster	164
7.3.2	Norms and Interpretations that Influence the Ster	165
7.3.3	Analysis of the Ster's relationships with the nursing units.....	166
7.4	Distribution of generic material	170
7.4.1	Current distribution of generic material	170
7.4.2	Options for distributing generic material and resulting IT system goals	172
7.5	Distribution of specific material	176
7.6	Summary.....	178
8	The ABB Sécheron Case Study	180
8.1	Methods used.....	180
8.2	Scope of the project.....	180
8.3	Identifying relationships	181
8.4	Analyzing how the relationships are regulated	182
8.4.1	Maintaining relationships with clients and suppliers.....	182
8.4.2	IT engineering business processes and IT systems.....	187
8.4.3	Marketing needs.....	188

8.4.4	Manufacturing needs.....	189
8.5	Identify, evaluate, select options and IT system goals.....	191
8.6	Results and lessons learned.....	193
Part 3	Summary.....	194
9	Conclusions.....	195
9.1	Contributions.....	195
9.2	Future work.....	196
References	197
Appendix A:	Supplemental reading.....	201
Appendix B:	Templeman Library Documentation.....	203
Appendix C:	Table of Abbreviations.....	209