

デジタルコンテンツに関する権利流通基盤の構築

西岡 秀一^{†1,†2} 高田 智規^{†1} 山本 隆二^{†1}
 阿部 剛仁^{†1} 川村 春美^{†1} 大村 弘之^{†3}
 曽根原 登^{†4} 有澤 博^{†5}

デジタルコンテンツの保護・管理を実現する DRM (Digital Rights Management) 技術において、権利記述と保護実行が強固に依存しており、DRM 種別ごとに権利記述を変更しなければならない問題があった。また、コンテンツの権利を管理する著作権管理基盤においては、単純な権利流通モデルしか考慮されていないため、現実の流通モデルの適用が困難であった。本論文では、これらを解決する権利流通基盤を提案する。本権利流通基盤では、コンテンツの利用許可を発行するライセンスサーバにおいて、(1) 権利記述の共通記述方式を提供し、多種 DRM システムに対応する、(2) 利用条件に関する整合性確認とその高速化を実現する、(3) コンテンツ販売とライセンス発行の機能を分離し、多様なビジネスルールを実現可能とする、という特徴を持つ。本権利流通基盤について、性能とライセンスサーバの構築・運用コストに関する評価を行い、コンテンツ配信サービスに実用上問題ないことを確認した。

Rights Management Platform for Digital Content

SHUICHI NISHIOKA,^{†1,†2} TOMONORI TAKADA,^{†1} RYUJI YAMAMOTO,^{†1}
 TAKEHITO ABE,^{†1} HARUMI KAWAMURA,^{†1} HIROYUKI OMURA,^{†3}
 NOBORU SONEHARA^{†4} and HIROSHI ARISAWA^{†5}

We propose a rights management platform for digital content. Up to now, it has to build a license server for each DRM system, which includes several various business rules. Therefore, in a case of digital content distribution service, it is difficult to manage and maintenance the business rules and the license descriptions which depend on the DRM systems. In order to solve the above problem, we try to integrate the description of rights based on XrML, and to separate the modules into business-part and issue-license-part. Our method enables the platform system to express several licenses. We experiment with two functions of the platform system which the method applies to: registering a license and issuing a license. In addition, we calculate a cost of license server. The result shows that the platform system has a good performance.

1. はじめに

近年、インターネットの普及、デジタル技術の進展等の基盤技術の整備によって、ネットワーク経由で音

楽、映像、ゲーム等のデジタルコンテンツ(以後コンテンツと呼ぶ)が流通しやすい条件が整いつつある。現状のコンテンツ流通では、コンテンツの不正なコピー・改変による権利侵害や、権利情報の管理・検索や課金等における処理の煩雑さが問題となっている。このため、コンテンツの保護・管理を目的とした DRM (Digital Rights Management) 技術^{1),2)} や、コンテンツにユニークな ID³⁾ を付与し、DRM 技術による保護方式を施し、権利情報の管理・検索を実現する著作権管理基盤の研究開発が行われている⁴⁾。

しかしながら、DRM 技術を実現しているシステム(以後 DRM システムと呼ぶ)は、コンテンツに対する権利記述と保護実行の依存関係が強いため、DRM システム間の相互運用性が低くなる問題がある。

†1 NTT サイバースペース研究所

NTT Cyber Space Laboratories

†2 横浜国立大学大学院環境情報学府

Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

†3 東日本電信電話株式会社

NTT East Corporation

†4 国立情報学研究所

National Institute of Informatics

†5 横浜国立大学大学院環境情報研究院

Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

一方、著作権管理基盤にて想定しているプレイヤーは、著作権者（以後ホルダと呼ぶ）と流通業者（ホルダからコンテンツの使用許諾を受ける人、以後ディストリビュータと呼ぶ）であるため、ネットワーク上でコンテンツ販売を行う販売業者（ディストリビュータから販売許諾を受ける人、以後リテイラと呼ぶ）に相当するプレイヤーが存在しない。このことより、コンテンツの利用許可証（利用制御のため利用条件等を含む証明書、以後ライセンスと呼ぶ）をエンドユーザへ販売するサーバ（以後ライセンスサーバと呼ぶ）機能を著作権管理基盤が実現していないため、ライセンスサーバの構築・運用コストがリテイラにとって負担になる問題がある。

本論文では、DRMシステム間の相互運用性を向上させ、ライセンスサーバの構築・運用コストを軽減させる権利流通基盤を提案する。権利流通基盤の特徴は、(1) 権利記述の共通記述方式を提供し、多種 DRM システムに対応する、(2) 利用条件の整合性確認とその高速化を実現する、(3) コンテンツ販売とライセンス発行の機能を分離し、多様なビジネスルールを実現可能とすることである。2章で、DRM技術とコンテンツ流通モデルに関する問題点について述べる。3章で、権利流通基盤の必要条件を明確にし、これらの条件を実現する権利流通基盤について4章で述べる。5章で、性能とライセンスサーバに関するコストについて評価を行い、提案する権利流通基盤の有効性を確認する。

2. 現状と問題点

本章では、現状の DRM 技術と、コンテンツ流通モデルに関する問題点について述べる。

2.1 DRM 技術

DRM の主な技術として、Rights Description と Rights Enforcement がある。

Rights Description は、コンテンツに関する様々な権利を記述・表現するための技術である。この権利には、(1) コンテンツに対してホルダが所有する権利、(2) ディストリビュータがホルダから使用許諾された権利、(3) リテイラがディストリビュータから販売許諾された権利、(4) エンドユーザがリテイラから利用許諾された権利がある。Rights Description として、OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) において標準化の検討が進められている XrML (Extensible rights Markup Language⁷⁾ や W3C (World Wide Web Consortium) において標準化の検討が進められている ODRL (Open Digital Rights Language⁸⁾ 等がある。

ある。

Rights Enforcement は、前記の Rights Description によって記述・表現された権利をコンテンツの利用者（主にエンドユーザ）が侵害しないように保護・監視するための技術である。保護・監視する対象として、コンテンツ自体とそのコンテンツにバインドされた権利情報がある。

現状の主な DRM システム (WORM (Windows Media Rights Management⁷⁾ や RSMCS (RealSystem Media Commerce Suite⁸⁾ 等) では、両者を明確に区別しておらず、むしろシステム固有の Rights Description と Rights Enforcement が不可分な形式で提供されている。具体的には、コンテンツを施錠可能で安全なコンテナに格納したカプセルをエンドユーザへ配布し、このカプセルを解く鍵情報と Rights Description (利用端末の限定や利用回数等) を含むライセンスを別途配布することで、コンテンツの利用制御を行っている。このとき、ライセンスの Rights Description は DRM システムに固有の情報であり、DRM システムに固有の Rights Enforcement (カプセル化や利用制御等) を実現するために最適な方法で記述されている。このため、Rights Description と Rights Enforcement の依存関係が強く、たとえば前記 Rights Description を別の Rights Enforcement を持つ DRM システムへ適用することはできない。

しかしながら、本来 Rights Description と Rights Enforcement は独立な技術であり、両者を不可分に扱うことは、DRM システムの柔軟性や相互運用性を大きく損なうことになる。Rights Description と Rights Enforcement を独立なものとして、必要に応じて相互に選択可能な DRM 方式が望まれている。

2.2 コンテンツ流通モデル

本節では、コンテンツ流通モデルに関する問題点について述べる。

著作権管理基盤の実現により、コンテンツ保護と権利情報の管理・検索が実現されるため、ホルダからネットワークへのコンテンツ提供が増加し、コンテンツ流通の普及が図られることになる。

一方、現状の物流形態として、書籍の流通は次のおりである。ホルダ（著者）がディストリビュータ（出版社）に出版を依頼し、ディストリビュータがリテイラ（書店）に販売を依頼し、リテイラがエンドユーザへコンテンツ（書籍）を販売している。

しかしながら、著作権管理基盤においてモデル化されたプレイヤーはホルダとディストリビュータであり、ディストリビュータがコンテンツの流通・販売を行う

役割である。つまり、出版社がネットワーク上で販売サイトを作成し、エンドユーザへコンテンツ(電子本)の販売を行う想定である。これは、ISP 業者や電子モール運営者にコンテンツ販売の委託を行い、多様なサービス形態にてコンテンツを多量に販売したい出版社の希望と異なる。このことから、ディストリビュータの役割を流通のみの役割へ変更し、ネットワーク上でコンテンツの販売を担うリテイラを追加したモデルを想定する。リテイラは、単純なコンテンツ販売でなく、広告等を利用し付加価値をつけて販売を行う等のエンドユーザとの間で多様なビジネスモデルを構築する役割を担う。

リテイラがネットワーク上で行うコンテンツ販売は、コンテンツを利用できるライセンスの配布により実現する。これは、DRM 技術を施したコンテンツ(以後保護コンテンツと呼ぶ)を生成する現状の DRM システムの多くが、ライセンスを用いてコンテンツの利用制御を実現しているためである。このことより、広告等の付加価値やコンテンツの利用内容等を変更可能にする柔軟性や、メディアやフォーマットの違いから生じる保護コンテンツの多様化等を、ライセンスサーバにて実現することが必要である。

しかしながら、著作権管理基盤を利用して、ライセンスサーバを構築する場合、リテイラが各々構築しなければならないため、リテイラにとってライセンスサーバの構築・運用コストが大きくなり、ビジネス上問題となる。このことから、ライセンスサーバに関するコスト軽減が望まれている。

3. 権利流通基盤に対する必要条件

本章では、前述した DRM 技術とコンテンツ流通モデルの問題点を解決するための権利流通基盤に対する必要条件について検討する。

はじめに、前述した DRM 技術の Rights Description について、プレイヤーの観点から分類を行う。DRM 技術の Rights Description・Rights Enforcement とコンテンツ流通に関わるプレイヤーを図 1 に示す。図中において、Rights Expression はホルダの著作権等を表現する要素群およびディストリビュータがホルダから許可された内容を表現する要素群とする。Contract Expression はリテイラがディストリビュータから許可された内容を表現する要素群とする。License Expression はエンドユーザがリテイラから許可された内容を表現する要素群とする。

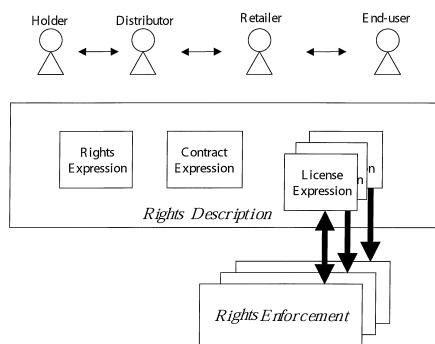


図 1 プレイヤと DRM 技術
Fig. 1 Players and DRM technology.

LE は DRM システムに固有の Rights Description であり、Rights Enforcement の依存度が高い。Rights Enforcement の方式はオープン化しにくいことから、リテイラは複数の LE を利用して、ライセンスサーバを構築する必要があった。また、ディストリビュータから許諾を受ける場合、LE ごとに契約を行う必要があった。これらより、権利流通基盤に必要な機能は、次のとおりである。

必要条件 A. DRM システム間の相互運用性を向上

させるため、Rights Description の CE を定義し、ディストリビュータとリテイラに提供する。さらに、リテイラが記述する CE から LE へ自動変換し、DRM システム固有のライセンスを発行する。

また、リテイラが記述する CE の内容がディストリビュータと合意した内容であることを確認する必要があることから、権利流通基盤に必要な機能は、次のとおりである。

必要条件 B. リテイラが記述する CE の内容が妥当であることを確認する手段を用意する。

次に、想定するプレイヤーにリテイラを追加したことによる権利流通基盤の必要条件について検討する。リテイラはエンドユーザへ販売を行うライセンスサーバの構築を行う。このライセンスサーバには、広告等の付加価値やコンテンツの利用内容等を変更可能にする柔軟性や、メディアやフォーマットの違いから生じる保護コンテンツの多様化等を実現する必要がある。これらリテイラ独自で構築することは、コストが大きくなるため、権利流通基盤に必要な機能は、次のとおりである。

必要条件 C. リテイラのライセンスサーバ構築コストを軽減可能で、DRM システムの追加に対応できるアーキテクチャを実現する。

以後、Rights Expression を RE、Contract Expression を CE、License Expression を LE と記述する。

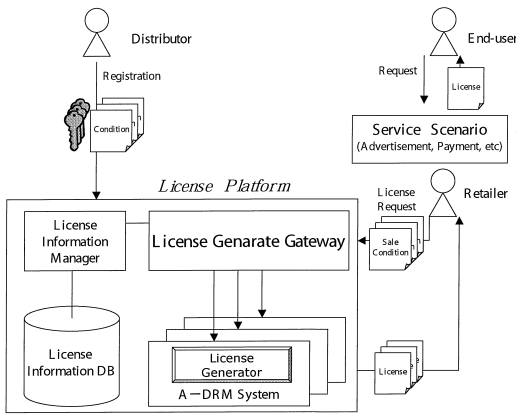


図2 権利流通基盤のアーキテクチャ
Fig. 2 An architecture of license platform.

4. 権利流通基盤

本章では、前述した必要条件を実現する権利流通基盤を提案する。権利流通基盤のアーキテクチャおよび主要機能について述べた後、権利流通基盤の共通 Rights Description とライセンス発行機能における整合性確認方式について述べる。

4.1 アーキテクチャ

本節では、権利流通基盤のアーキテクチャについて述べる。図2に権利流通基盤のアーキテクチャを示す。図中において、Service Scenario はリテイラがエンドユーザへコンテンツ販売を行うサーバである。License Platform は License Information Manager, License Information DB, License Generate Gateway, License Generator で構成される。License Information Manager は License Information DB の各種データについて制御を行い、License Generate Gateway は Service Scenario からのライセンス発行要求に対し、該当する License Generator を用いてライセンスを作成する。

図2における代表的な処理フローは次のとおりである。ホルダからコンテンツの使用許諾を受けたディストリビュータが、販売を希望するリテイラと契約を結ぶ。この契約内容（以後許諾条件と呼ぶ）とカプセルを開錠・復号する鍵情報を、ディストリビュータが権利流通基盤へ登録する。リテイラは、許諾条件の範囲内で、様々な条件（以後販売条件と呼ぶ）のライセンスを設定し、エンドユーザへ販売を行う。エンドユーザがライセンスを購入し、コンテンツの視聴要求を行うと、リテイラがエンドユーザを視聴可能にするライセンス発行要求を権利流通基盤へ行う。権利流通基盤は、発行要求の内容を確認し、契約範囲内であればラ

イセンス発行を行う。

権利流通基盤のアーキテクチャに関する特徴は次の点である。

- (1) 共通 Rights Description DRM システムに依存する（固有化される）許諾条件や販売条件について共通的に記述可能な手法を定義・提供する。ディストリビュータとリテイラが共通 Rights Description で CE を記述することにより、複数の DRM システムに対応可能である。
- (2) 共通 Rights Description の整合性確認 ライセンス発行時に、リテイラからの要求内容が契約範囲内かを確認するため、共通 Rights Description で記述された許諾条件と販売条件間の整合性確認処理を権利流通基盤内で実行する。
- (3) サービスシナリオ 各ライセンスサーバの共通機能であるライセンス発行を権利流通基盤が担い、販売に関する独自のビジネスルールの設定はサービスシナリオが担う。サービスシナリオは、リテイラがエンドユーザへ販売を行うアプリケーションである。サービスシナリオを権利流通基盤から独立させることにより、リテイラ固有の多様なビジネスルールに基づくコンテンツ販売が実現可能であり、柔軟性を確保できる。

図2における権利流通基盤内のモジュール間は、通信機能により接続している。これは、データ管理機能の集約、各 DRM システムのライセンス発行処理に関する負荷分散、新規 DRM システムの追加コスト軽減を考慮しているためである。

4.2 主要機能

本節では、権利流通基盤の主要機能（ライセンス登録・ライセンス発行）について述べる。

4.2.1 ライセンス登録

鍵情報等の情報を入力するライセンス登録機能は、図2における License Information Manager が担う。License Information Manager は、下記の情報を受け取る。

- Command
 - ディストリビュータの認証情報
 - DRM システムの種別
 - 販売を許可したリテイラの情報
- Condition
 - コンテンツを識別する ID
 - コンテンツに関する許諾条件
- 保護コンテンツの開錠・復号に必要な鍵情報

License Information Manager は、Command に含まれる情報よりディストリビュータの認証を行った後、

Condition が共通 Rights Description で記述されているか確認し、Command および Condition の内容と鍵情報を License Information DB へ格納する。

4.2.2 ライセンス発行

ある条件に基づくライセンスを払い出すライセンス発行機能は、図 2 における License Generate Gateway が主に担う。License Generate Gateway は、下記の情報を受け取る。

- Command
 - リテイラの認証情報
- Sale Condition
 - コンテンツを識別する ID
 - コンテンツに関する販売条件
 - 再生端末に関する情報等の DRM システム固有データ

License Generate Gateway は、受け取った Sale Condition が共通 Rights Description で記述されているか確認し、License Information Manager へ Command の認証情報と販売条件を渡す。License Information Manager は、リテイラの認証を行った後、販売条件が契約の範囲内であることを検証する（詳細は 4.4 節で述べる）。販売条件が契約範囲内の場合、ライセンス登録時に指定された DRM システムの種別と保護コンテンツを復号するための鍵情報を License Generate Gateway へ渡す。License Generate Gateway は、DRM システムの種別を基に、Sale Condition から DRM システムのライセンス発行に必要なデータのみを抽出し、各 DRM システムのデータ形式へ変換する。この変換データと鍵情報を、該当する License Generator へ渡す。該当する License Generator は、入力されたデータを基にライセンス生成を行い、License Generate Gateway へ渡す。License Generate Gateway は、そのライセンスを要求元へ返却し、ライセンス発行を行う。

4.3 共通 Rights Description

本節では、権利流通基盤で提供する共通 Rights Description⁹⁾について述べる。共通 Rights Description の特徴は、基本的な要素（回数・期間等）を DRM システム固有の記述に依存せず CE 要素で表現すること、DRM システム固有の LE 要素をすべてサポートする CE 要素を提供することにより、DRM システムの特徴を活かすことである。

共通 Rights Description は、コンテンツ流通における多様なサービスクールを記述できる XrML をベースとする。XrML は、MPEG-21 で検討中の REL (Rights Expression Language)¹⁰⁾として仕様が固め

られつつあり、OASIS における権利言語技術委員会 (RLTC) において、権利技術言語の標準として検討が進められている仕様である。XrML は、Core Schema, Standard Extension Schema (SX), Content Extension Schema (CX) から構成される。具体的には、許可される動作を表す Right 要素、制約条件を表す Condition 要素、Right や Condition のコンテナで許可を表す Grant 要素等により、権利を記述する。

以下、DRM システムで設定可能な LE 要素について分類し、それらを XrML で CE 要素として記述する手法について述べる。

4.3.1 DRM システムの License Expression

記述対象の DRM システムは、インターネットを利用するエンドユーザに、再生プレーヤが広く普及している WMRM と RSMCS とする。WMRM 9 Series および RSMCS で定義可能な LE 要素は、エンドユーザの使用範囲を特定し、視聴等の操作に関して許諾範囲を定義する。また、エンドユーザやデバイスについても特定可能である。WMRM と RSMCS の LE 要素は、次の 4 通りに分類できる。

1. ファイルアクセス

Windows Media file および RealMedia file に関して、PC 上での視聴許可および視聴回数制限や、CD へのコピー許可やコピー回数を定義する。また、ライセンスファイル自体のバックアップ許可についても定義する。

2. 有効期限・期間

コンテンツの操作を許可する期日を定義する。限定期間、期限、時計操作によるライセンス無効化等がある。

3. ファイル転送

Windows Media file をポータブルデバイスに転送する許可および回数を定義する。また、転送後のライセンスについても定義可能である。

4. セキュリティレベル

コンテンツを視聴するアプリケーションのセキュリティレベルを定義する。このレベル値により、エンドユーザが利用するアプリケーションについて制約範囲を定義する。

4.3.2 XrML による Contract Expression

前述した WMRM と RSMCS で定義可能な LE 要素を、XrML の要素を利用し CE 要素として記述する。記述ポリシーは、XrML Core Schema, SX, CX で

MPEG-21 の REL で行われている拡張は、XrML の CX に該当し、現在は MPEG Extension (MX) とする場合がある。

表 1 WORM と RSCMS の License Expression を表現する XrML 要素
Table 1 License expression of WORM and RSCMS in XrML.

XrML Core, SX, CX の要素	拡張 NameSpace の要素	意味
play exerciseLimit/stateReference/count validityInterval/notBefore validityInterval/notAfter validityIntervalFloating/validFor	excludeApplication expirationOnStore/validFor minimumAppSecurity minimumClientSDKSecurity playbackThreshold	クライアント PC における再生可否 コンテンツの再生可能回数 ライセンス有効期限開始日時 ライセンス有効期限終了日時 最初に使用した時点を起点とした利用可能時間 パッケージしたファイルへのアクセスを除外する アプリケーションの ID クライアント PC におけるライセンス保存時を 起点とした利用可能時間 コンテンツ再生に使用するソフトウェアの セキュリティレベルの下限 Windows Media Format SDK の セキュリティレベルの下限 再生 1 回分として充当する, 実際に再生した時間の閾値
copy validityInterval/notAfter	target pmAppSecurity pmRights burnToCDCCount transferCount	コピーに関する権利 コピー形式 ポータブルデバイスに転送されたときの ライセンス有効期限終了日時 ポータブルデバイスに転送されたときの コンテンツセキュリティレベル ポータブルライセンスの権利 CD へのコピー可能回数 ポータブルライセンスへの転送可能回数
	/license/licenseCondition deleteOnClockRollback disableOnClockRollback licenseDuration/validFor allowBackupRestore	ライセンス自体に関連する condition のコンテナ 時計が巻き戻された場合のライセンス消去 時計が巻き戻された場合のライセンス無効 ライセンス自体の有効期間 ライセンスファイルのバックアップの可否

定義された要素を優先的に適用し、DRM システムの LE 要素を表現することである。XrML の要素に該当しない LE 要素は、拡張 NameSpace を導入し、それらの要素を用いて表現する。

はじめに、WORM と RSCMS で定義可能な LE 要素において、回数・期間等の基本要素を抽出し集約する。その結果、再生に関する条件・複製に関する条件・ライセンス自体に関する条件の 3 種類に分類される。再生に関する条件は CX の play 権に対する Condition として、複製に関する条件は CX の copy 権に対する Condition として、ライセンス自体に関する条件は拡張 NameSpace の要素に各々対応させる。これらの結果を表 1 に示す。上段および中段が play と copy の 2 種類を構成する XrML の要素に対応し、各段における 1 行目以外の要素は、play 権利に関する Condition および copy 権利に関する Condition である。表 1 の下段が play と copy に属さない要素であり、XrML の要素に対応しないため、license 要素配下に拡張 NameSpace を用いて licenseCondition 要素を定義している。この段における 1 行目以外の各要素は、licenseCondition 要素に関する Condition であ

る。表 1 を基に、WORM の LE 要素に相当する CE 要素を図 3 に例示する。このライセンスは再生可能な権利を表す `cx:play` という Right に対し、以下の条件を満たす範囲内において権利の行使を認めている。

- 再生回数は最大 5 回まで
(`sx:exerciseLimit/sx:stateReference/sx:count`)
- 利用可能期間は 2003 年 8 月 28 日 10:45:00 から 2003 年 8 月 29 日 17:30:00 まで
(`ValidityInterval/notBefore, ValidityInterval/notAfter`)
- 利用可能期限は最初に再生を行った時点から 1 日と 3 時間 20 分まで
(`sx:validityIntervalFloating/sx:stateReference/sx:validFor`)

以上の CE 要素を定義することにより、DRM システムによらない表現と、DRM システムの特徴を活かすことが可能である。

4.4 Contract Expression の整合性確認

本節では、ライセンス発行機能において、リテラから発行要求された販売条件が契約範囲内かを確認するための整合性確認方式について述べる。本方式は、ライセンス登録機能により格納された許諾条件の範囲内で、ライセンス発行の要求が行われているかを確認

```

<license>
  <grant>
    <cx:play/>
    <allConditions>
      <sx:exerciseLimit>
        <sx:stateReference>
          <sx:count>5</sx:count>
        </sx:stateReference>
      </sx:exerciseLimit>
      <validityInterval>
        <notBefore>
          2003-08-28T10:45:00
        </notBefore>
        <notAfter>
          2003-08-29T17:30:00
        </notAfter>
      </validityInterval>
      <sx:validityIntervalFloating>
        <sx:stateReference>
          <sx:validFor>
            P1DT3H20M
          </sx:validFor>
        </sx:stateReference>
      </sx:validityIntervalFloating>
    </allConditions>
  </grant>
</license>
    
```

図 3 XrML による記述例
Fig.3 An example described in XrML.

する。つまり、ライセンス登録時に指定された許諾条件 XrML データとライセンス発行時に要求された販売条件 XrML データ間で比較を行う。ライセンス発行は、エンドユーザからの要求時に実行されるため、リアルタイムに処理を行う必要があり、高速な性能が要求される。以下、従来方式を説明した後、権利流通基盤で実現した高速な比較方式¹¹⁾について述べる。

4.4.1 従来の比較方式

従来の比較方式では、許諾条件 XrML データ・販売条件 XrML データ・比較条件データの 3 種類を操作するため、下記の処理時間を要する(記号は表 2 を参照)。

- 各データの構文解析処理
 $p(XrML_s) + p(XrML_t) + p(CCD)$
- 許諾条件 XrML データと比較条件データのマッチング処理
 $m(XrML_s, CCD)$
- 許諾条件 XrML データと販売条件 XrML の比較処理

XrML の要素ごとに比較条件を定義したデータのことであり、比較条件は要素の種類や構造によって異なるため、XrML データと別に管理している。

表 2 比較処理計算時間に用いる記号一覧
Table 2 Symbols used to express comparison processing time.

記号	意味
$XrML_s$	許諾条件 XrML
$XrML_t$	販売条件 XrML
CCD	比較条件
SUM	サマリデータ
$p(x)$	x の構文解析処理に必要な時間
$m(x, y)$	x と y のマッチング処理に必要な時間

$$m(XrML_s, XrML_t)$$

ここで、許諾条件 XrML データと販売条件 XrML データは同一構造であるため、 $p(XrML_s) \doteq p(XrML_t)$ と見なせる。よって全体の処理時間は

$$2 \cdot p(XrML_s) + p(CCD) + m(XrML_s, CCD) + m(XrML_s, XrML_t) \tag{1}$$

である。

4.4.2 高速な比較方式

比較処理で利用するデータのうち、許諾条件 XrML データと比較条件データは、ライセンス登録時に指定されるため、これらを事前処理することにより、比較処理の高速化を行う。以下、事前処理および比較処理の詳細について述べた後、比較処理の削減時間について述べる。

ライセンス登録時に事前処理としてサマリデータを生成し、ライセンス発行時にサマリデータと販売条件 XrML データの 2 種類を操作することにより、比較処理の高速化を行う。サマリデータとは、許諾条件 XrML データと比較条件データを結び付けた中間データであり、許諾条件 XrML データの各要素につき、比較条件をリンクさせる。図 3 の許諾条件 XrML データに比較条件をリンクさせたサマリデータを図 4 に示す。1 行目～5 行目は 1 行目で示される要素(再生回数)に関して 3 行目の値(5 回)と比較し、5 行目の条件(ge, 許諾条件の値が販売許諾条件の値より大きいか同じ)でなければいけないことを表している。同様に、6 行目～10 行目は利用開始日時は 2003 年 8 月 28 日 10:45 以降でなければならぬことを表している。

次に、サマリデータを利用した比較方式について述べる。販売条件 XrML データ中の要素がサマリデータの要素名と一致する場合、サマリデータの値と比較条件を用い、販売条件 XrML データの値と比較を行う。ここで、要素名の一致を判断するための方式は、サマリデータ内の XPath の処理¹²⁾を行い、販売条件 XrML データへアクセスする方式ではなく、販売条件

```

1: license[0]/grantGroup[0]/grant[0]
  /allConditions[0]/sx:exerciseLimit[0]
  /sx:stateReference[0]/sx:count[0]
2: license[0]/grantGroup[0]/grant[0]
3: 5
4: jp.co...checker.IntegerChecker
5: ge

6: license[0]/grantGroup[0]/grant[0]
  /allConditions[0]/validityInterval[0]
  /notBefore[0]
7: license[0]/grantGroup[0]/grant[0]
8: 2003-08-28T10:45:00
9: jp.co...checker.DateTimeChecker
10: le

11: license[0]/grantGroup[0]/grant[0]
  /allConditions[0]/validityInterval[0]
  /notAfter[0]
12: license[0]/grantGroup[0]/grant[0]
13: 2003-08-29T17:30:00
14: jp.co...checker.DateTimeChecker
15: ge

16: license[0]/grantGroup[0]/grant[0]
  /allConditions[0]
  /sx:validityIntervalFloating[0]
  /sx:stateReference[0]/sx:validFor[0]
17: license[0]/grantGroup[0]/grant[0]
18: P1DT3H20M
19: jp...checker.DurationChecker
20: ge

```

図4 サマリデータの例

Fig. 4 An example of summary data.

XrMLデータから、要素を指定するXPathを抽出し、サマリデータのXPathと文字列一致させる方式とすることにより、計算量の抑制を図っている。

以上より、本方式では、下記の処理時間を要する。

- 構文解析時間

$$p(SUM) + p(XrML_t)$$

- サマリデータと販売条件 XrMLデータの比較処理

$$m(SUM, XrML_t)$$

ここで、サマリデータのサイズ・販売条件 XrMLのサイズとも許諾条件 XrMLのサイズとほぼ同じと見なせるため、全体の処理時間は、

$$2 \cdot p(XrML_s) + m(XrML_s, XrML_t) \quad (2)$$

と近似できる。式(2)と式(1)の差から、本方式は従来方式と比べ、ライセンス発行時に、 $p(CCD) + m(XrML_s, CCD)$ だけ処理時間を軽減できることが分かる。なお、事前処理ではサマリデータの生成処理を必要とするため、 $p(XrML_s) + p(CCD) + m(XrML_s, CCD)$ の処理時間を要する。

5. 評価

権利流通基盤では、配信準備のためのライセンス登録や、複数のエンドユーザから実行されるライセンス発行等の要求を短時間に処理する必要があるため、高速な処理性能が求められる。

本章では、コンテンツ配信サービスを想定したモデルを用いて、ライセンス登録およびライセンス発行に要した時間を測定し、考察を述べる。

5.1 モデル

図3に示す構造を例とした XrMLデータ 2,500件、5,000件、10,000件を事前登録し、それらをライセンス登録・ライセンス発行の測定対象とした。格納する XrMLは、コンテンツを識別するIDのみ変更し、販売条件は図3のgrant要素を含む4つのgrant要素からなる構造とした。

5.2 測定

測定は、以下の環境で行った。

1. Sun Fire120 (UltraSparcII 650 MHz)
 - Solaris 8
 - Memory 1 GB
 - Oracle 8.1.7
2. PC (Pentium4 2 GHz)
 - Windows 2000 Server
 - Memory 1 GB

図2における License Information Manager, License Information DBと、License Generate Gatewayを1のマシン2台に各々設定し、WMRMとRSMCSのLicense Generatorを2のマシン1台に設定した。

XrMLデータを2,500件、5,000件、10,000件を各々格納した状態で、ライセンス登録、ライセンス発行を行った。ライセンス登録は図2におけるRegistrationの処理に要した時間を、ライセンス発行は図2におけるLicence RequestからLicenseが返却されるまでの時間と、DRMシステムのLicense Generatorを設定したマシンの処理時間の測定を各々10回実施した。測定形態は、権利流通基盤の運用を考慮し、次のとおりとした。

- ライセンス登録

- WMRM用CEのシングルアクセス
- RSMCS用CEのシングルアクセス

- ライセンス発行

ネットワークを流通対象としたコンテンツを所有するディストリビュータは、所有数10,000件以下が現状大半であり、ISP等のリテイラは複数のディストリビュータと契約する傾向がある。

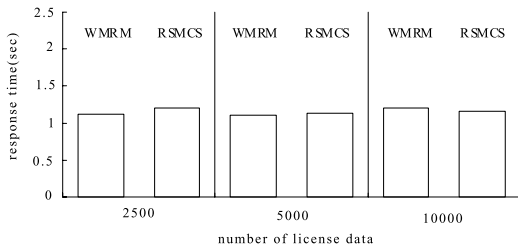


図5 ライセンス登録に要する時間

Fig. 5 Response time to register a license.

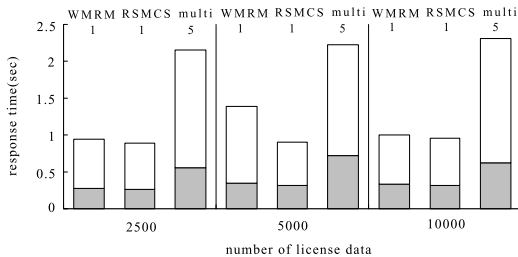


図6 ライセンス発行に要する時間

Fig. 6 Response time to issue a license.

—WWRM 用 CE のシングルアクセス (grant 要素数 1, 2, 4)

—RSMCS 用 CE のシングルアクセス (grant 要素数 1)

—WWRM 用 CE 3 と RSMCS 用 CE 2 のマルチアクセス (grant 要素数 1)

なお、ライセンス発行の WWRM 用シングルアクセスについては grant 要素数を変化させ、測定箇所として上記以外に、CE の整合性確認を行う License Information Manager で要する処理時間を追加した。

ライセンス登録処理時間の平均時間を図 5 に、grant 要素数を 1 としたライセンス発行処理時間の 3 アクセスに関する平均時間を図 6 に、grant 要素数を変化させたライセンス発行処理における License Information Manager の平均時間を図 7 に各々示す。図 6 において、License が発行されるまでの全体処理時間のうち、DRM システムの License Generator を設定したマシンで要した処理時間 (部分処理時間) を網掛けで示している。

5.3 考察

本節では、前節の測定結果に関する考察と、リテイラの観点からライセンスサーバ構築・運用コストに関する考察を述べ、権利流通基盤に関する有効性につい

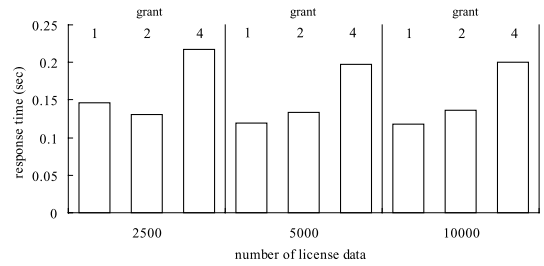


図7 ライセンス発行における License Information Manager で要する時間

Fig. 7 Response time to issue a license at License Information Manager.

て議論する。

5.3.1 測定結果に関する考察

図 5・図 6・図 7 より、5 点の特徴が見られる。

1 点目は、ライセンス登録 (図 5) ・ライセンス発行 (図 6) の測定時間が、DB の格納件数によらず、ほぼ一定の時間で処理が行われていることである。これは、両機能の処理時間において、DB を操作する時間の割合が小さいか、測定を行った DB の規模であれば、DB の操作性が悪化しないことによると考えられる。

2 点目は、ライセンス登録 (図 5) ・ライセンス発行 (図 6) の処理時間は、いずれの DB の格納件数であっても、シングルアクセスであれば、1 秒前後にとどまっていることである。また、マルチアクセスによるライセンス発行の処理時間についても、いずれの DB の格納件数によらず数秒以内にとどまっていることである。ただし、マルチアクセスに関しては、シングルアクセスと比較すると、部分処理時間が約 2 倍に、他の処理時間が約 2.6 倍に各々増加しているため、他の処理時間に相当する機能 (通信等) についてさらなる高速化が必要であると考えられる。

3 点目は、ライセンス発行 (図 6) の処理時間において、DB の格納件数やアクセス形態によらず、全体処理時間と部分処理時間の比が、約 3:1 と一定になっていることである。これは、部分処理時間に相当するライセンス発行の処理時間に比べ、他の処理時間に相当する機能 (通信等) に要する処理時間が大きいことによると考えられる。

4 点目は、ライセンス登録 (図 5) とシングルアクセスによるライセンス発行 (図 6) の処理時間を比較すると、DB の格納件数にかかわらず、処理時間比は約 1:1 である。4.2.1 項と 4.2.2 項から、ライセンス登録 (主に DB 登録) の処理時間に比べ、ライセンス発行 (主に整合性確認・DRM システムの振り分け・ライセンス生成) に要する処理時間が大きくなると予想

各 grant 要素に属する CE 要素数は同様にした。つまり、grant 要素数が比例すると、CE 要素数もほぼ比例する。

したが、ライセンス発行における処理時間の一部（整合性確認）を、4.4.2 項の方式でライセンス登録へ負分散したことにより、処理時間が平坦化したと考えられる。

5 点目は、grant 要素数を变化させたライセンス発行（図 7）について、比較する要素数が 2 倍・4 倍に増えた場合、処理時間は要素数に比例せず、約 1~1.5 倍の増加にとどまっている。これは、4.4.2 項の方式による効果であると考えられる。

以上より、権利流通基盤で実現したライセンス登録機能・ライセンス発行機能は、測定を行った DB の規模であれば、コンテンツ配信サービスにおいて処理性能的に実用上問題ないと考えられる。ただし、マルチアクセスによるライセンス発行の処理時間については、前述において要因とした工程の処理改善を行うことにより、コンテンツ配信サービスの実現性がより増すと考えられる。

5.3.2 ライセンスサーバのコストに関する考察

本項では、リテイラの観点から、ライセンスサーバの構築・運用コストについて考察する。権利流通基盤の利用・未利用によって、構築コストと運用コストを示し、各々について比較を行う。

はじめに、権利流通基盤を用いずライセンスサーバを構築する場合、下記のコストを要する（記号は表 3 を参照）。

$$i(DRMSystem) + d(ServiceLogic) + c(LicenseServer) + e(SaleCondition) \quad (3)$$

また、ライセンスサーバを運用する場合、下記のコストを要する。

$$u(DRMSystem) + u(ServiceLogic) + u(LicenseServer) + u(SaleCondition) \quad (4)$$

よって、権利流通基盤を用いない場合の構築・運用コストは、式 (3) と式 (4) の和となる。

一方、権利流通基盤を利用しライセンスサーバ（サービスシナリオ）を構築する場合、下記のコストを要する。

$$i(XrML) + d(ServiceLogic) + c(ServiceScenario) + e(SaleCondition) \quad (5)$$

また、サービスシナリオを運用する場合、下記のコストを要する。

$$u(XrML) + u(ServiceLogic) + u(ServiceScenario) + u(SaleCondition) \quad (6)$$

よって、権利流通基盤を利用する場合の構築・運用コストは、式 (5) と式 (6) の和となる。

次に、構築コストについて比較を行う。リテイラが単独の DRM システムを利用対象とする場合、DRM システムと XrML の調査量、LicenseServer と ServiceScenario の規模が各々同等とすると、式 (3) と式 (5) は等しい。しかしながら、リテイラが複数の DRM システムを利用対象とする場合、式 (3) のコストは変わらないが、式 (5) の $i(XrML)$ は 0、 $e(SaleCondition)$ は XrML の文法を利用できることから単独の DRM システム利用時より軽減する。

次に、運用コストについて比較を行う。リテイラが単独の DRM システムを利用対象とする場合、DRM システムと XrML の調査量、LicenseServer と ServiceScenario の規模が各々同等とすると、式 (4) と式 (6) は等しい。しかしながら、リテイラが複数の DRM システムを利用対象とする場合、式 (4) のコストは変わらないが、式 (6) の $u(XrML)$ と $u(SaleCondition)$ は XrML の文法を利用できることから単独の DRM システム利用時より軽減する。

以上より、DRM システムが多種存在する現状を考慮すると、権利流通基盤を利用してコンテンツ販売を実現することにより、ライセンスサーバに関するコスト軽減が可能になると考えられる。

6. おわりに

本論文では、DRM システム間の相互運用性を向上させ、リテイラが行うライセンスサーバの構築・運用コストを軽減させる権利流通基盤を提案した。権利流通基盤の特徴は、(1) XrML をベースとする共通 Rights Description を権利記述方式として提供し、多種 DRM システムに対応する、(2) 販売条件に関する整合性確認と、事前比較処理方式による高速化を実現する、(3) コンテンツ販売とライセンス発行の機能を分離し、多様なビジネスルールを実現可能とするサービスシナリオを提供することである。提案した権利流通基盤のライセンス登録・ライセンス発行の機能について性能測定を行い、その有効性を確認した。また、本権利流通基盤の利用により、リテイラが行うライセンスサーバの構築・運用コストが軽減可能であること

表 3 コスト計算に用いる記号一覧
Table 3 Symbols used to express calculating cost.

記号	意味
$i(x)$	x の調査コスト
$d(x)$	x の設計コスト
$c(x)$	x の構築（コーディング）コスト
$e(x)$	x の記述コスト
$u(x)$	x の更新コスト

認証・課金・その他（広告・アンケート等の付加価値）に関する組合せである。

が分かった。

今後は、以下の項目を行う予定である。

- Rights Description の検証として、文書用等の DRM システムに関する LE を表現し、権利流通基盤への組み込みを検討する。
- ライセンス発行におけるマルチアクセスの性能改善を検討し、シングルアクセスとほぼ同様の処理時間に近づける。
- ライセンス発行におけるモジュール間の通信工程と販売条件から DRM システム固有データへの変換工程について、性能改善を検討する。
- ビジネスモデルを実現するサービスシナリオにおいて、広告や課金等の組み込みをサポートする共通モジュールを作成し、ライセンスサーバ構築コストのさらなる軽減を検討する。
- 数十万コンテンツを対象にした権利流通基盤の運用性検証や、権利流通基盤の負荷分散機能を用いた追加試験を行う。

参 考 文 献

- 1) Rosenblatt, W., Trippe, W. and Mooney, S.: *Digital Rights Management: Business and Technology*, M&T Books (2001).
- 2) 櫻井紀彦, 木俣 豊, 高嶋洋一, 谷口展郎, 難波功次: コンテンツ流通における著作権技術の動向, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.42, No.15 (TOD12), pp.63-76 (2001).
- 3) コンテンツ ID フォーラム: cIDf.
<http://www.cIDf.org/>
- 4) 山田智広, 松浦由美子, 山本 奏, 萬本正信, 川村春美, 高嶋洋一, 黒川 清, 大村弘之: 権利流通プラットフォームの開発および評価, 情報処理学会研究報告 2002-EIP-17, pp.51-57 (2002).
- 5) Wang, X., Lao, G., DeMartini, T., Reddy, H., Nguyen, M. and Valenzuela, E.: XrML — eXtensible rights Markup Language, *Proc. 2002 ACM workshop on XML security*, pp.71-79, ACM Press (2002).
- 6) IPR Systems: Open Digital Rights Language (ODRL). <http://www.odrl.net/>
- 7) Microsoft: Windows Media Rights Management (WMRM). <http://www.microsoft.com/>
- 8) RealNetworks: RealSystem Media Commerce Suite (RSMCS).
<http://www.realnworks.com/>
- 9) 西岡秀一, 高田智規, 山本隆二, 阿部剛仁, 川村春美, 大村弘之, 有澤 博: ライセンス情報の統合管理方式に関する一手法, 情報処理学会研究報告 2003-DBS-131 (II), pp.33-40 (2003).
- 10) MPEG-21: Part 5: Rights Expression Lan-

guage (REL), ISO/IEC 21000-5.

- 11) 高田智規, 山本隆二, 西岡秀一, 阿部剛仁, 川村春美: XML データの包含関係比較における高速化手法の提案, 情報処理学会研究報告 2003-DPS-114, pp.1-7 (2003).
- 12) Gottlob, G., Koch, C. and Pichler, R.: XPath processing in a nutshell, *SIGMOD Rec.*, Vol.32, No.2, pp.21-27 (2003).

(平成 15 年 12 月 20 日受付)

(平成 16 年 4 月 3 日採録)

(担当編集委員 福島 俊一)



西岡 秀一(正会員)

平成 7 年横浜国立大学工学部電子情報工学科卒業。同年日本電信電話株式会社入社。以来、オブジェクトリレーショナルデータベース管理システム、著作権管理システムの研究開発に従事。現在、横浜国立大学大学院環境情報学府博士課程後期在学中。



高田 智規(正会員)

平成 7 年大阪大学基礎工学部情報工学科卒業。平成 9 年同大学院博士前期課程修了。同年日本電信電話株式会社入社。以来、ビデオサーバ、著作権管理システムの研究開発に従事。平成 14 年大阪大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。



山本 隆二

平成 8 年九州工業大学情報工学部知能情報工学科卒業。平成 10 年同大学院情報工学研究科修士課程修了。同年日本電信電話株式会社入社。以来、映像認識、動物体計測、カラーマネージメント、著作権管理システムの研究開発に従事。電子情報通信学会会員。



阿部 剛仁(正会員)

平成5年早稲田大学理工学部材料工学科卒業。平成7年同大学院理工学研究科修士課程修了。同年日本電信電話株式会社入社。以来、画像・音声データの保護・管理方式、著作権管理システムの研究開発に従事。



川村 春美

平成元年東京女子大学文理学部数理学科卒業。同年日本電信電話株式会社入社。以来、視覚情報処理、カラー画像処理、著作権管理システムの研究開発に従事。電子情報通信学会会員。



大村 弘之

昭和55年早稲田大学理工学部電気工学科卒業。同年日本電信電話公社入社。以来、ファクシミリ通信システム、トラヒック設計、著作権管理システムの研究開発および全社技術開発戦略に従事。電子情報通信学会、オペレーションズ・リサーチ学会各会員。



曽根原 登

昭和51年信州大学工学部電子工学科卒業。昭和53年同大学院工学研究科修了。同年日本電信電話公社入社。以来、ファクシミリ通信サービス、気象予測システム、コンテンツID、コンテンツ流通システム等の研究開発に従事。工学博士。昭和63年ATR国際電気通信基礎研究所出向。平成5年画像電子学会IFS画像符号化論文賞。平成13年東京工業大学大学院客員教授。現在、国立情報学研究所情報基盤研究系教授。画像電子学会、電子情報通信学会、映像メディア情報学会各会員。



有澤 博(正会員)

昭和48年東京大学理学部物理学科卒業。富士通(株)を経て、昭和50年横浜国立大学工学部に奉職。現在、横浜国立大学大学院環境情報研究院教授。工学博士。平成3年アメリカ・オレゴン州立大学計算機学科客員教授。データベース理論、マルチメディアデータベースシステムの研究に従事。