

XML REPREZENTACIJA KARAKTERISTIKA MATERIJALA ZA POTREBE RAČUNARSKE SIMULACIJE U ARHITEKTURI

Marija Cvetković, *Elektronski fakultet, Niš*
Jean-Dominique Lenard, *De Luminae Lab, Paris*
Milena Stanković, *Elektronski fakultet, Niš*

Sadržaj – Cilj ovog rada je da predloži tekstualni format, baziran na XML-u, za opis karakteristika materijala za potrebe računarske simulacije u arhitekturi. Rad sadrži poređenje ovog formata i sličnih tekstualnih formata, kao i kratak opis *Material Explorera*, programskog alata za kreiranje i manipulaciju datotekama u predloženom formatu.

1. UVOD

Zadnjih godina sa porastom ekološke svesti, u arhitekturi se javlja tendencija ka optimizaciji potrošnje energije i korišćenju prirodnih resursa (sustainable i low-energy architecture). Krajnji cilj je da se maksimalno iskoriste prirodni resursi zahvaljujući adekvatnoj koncepciji morfologije objekta, karakteristikama upotrebljenih materijala itd. Pored toga, cilj je da se uz minimalnu potrošnju dodatne energije, u promenljivim klimatskim uslovima, ponašanje objekta učini performantnim i njegovi ambijenti komfornim i prijatnim za rad i stanovanje [1]. Da bi se postigao taj rezultat, raspoloživi prirodni resursi moraju biti uzeti u obzir u najranijim fazama projektovanja. Jedna od mogućnosti je da arhitekti u procesu projektovanja koriste računarsku simulaciju kao efikasno opitno sredstvo [2].

Na tržištu je dostupan veliki broj programskih paketa koji omogućavaju simulaciju enterijera i eksterijera u različitim fazama projektovanja, kao što su AutoCAD i ArchiCAD, 3DS MAX, POVRay, Radiance itd. Ovi programski paketi pružaju mogućnost interaktivnog projektovanja i vizualizacije trodimenzionalnih modela enterijera i eksterijera. Ovako dobijeni modeli, sastavljeni od geometrijskih primitiva i njima dodeljenih optičkih karakteristika materijala, pamte se u formatima datoteka specifičnim za svaki programski paket.

Iako svaki arhitektonski projekat sadrži geometrijske modele specifične za određenu namenu, broj materijala koji se koristi je ograničen na skup materijala koji postoje u realnom okruženju. Upravo zbog toga treba omogućiti uniformno predstavljanje karakteristika materijala, kako optičkih – za računarsku simulaciju relevantnih, tako i termičkih pa i subjektivnih karakteristika [2], i njihovu ponovnu upotrebljivost (reusability).

Cilj ovog rada je da predloži metodu za unifikaciju opisa karakteristika materijala, i time materijale korišćene u jednom projektu učini dostupnima za simulacije drugih projekata, nezavisno od programskog alata koji se pri simulaciji koristi.

2. XML PRISTUP

Koeficijenti refleksije, transmisije i absorpcije za svaku komponentu boje, koeficijenti rasipanja i prelamanja, zatim tekstura materijala, stepen spekularnosti i difuznosti njegove površine, samo su neke od relevantnih karakteristika materijala u postupku računarske simulacije. Kada je u pitanju opis materijala, svi formati datoteka koje definišu različiti programski paketi za simulaciju omogućavaju pamćenje ovih karakteristika, što ih čini potpunim.

Da bi se neki format smatrao univerzalnim pored mogućnosti opisa navedenih karakteristika materijala treba da zadovolji i sledeće uslove:

- Format bi trebalo da bude nezavisan od programskog paketa koji se koristi za simulaciju.
- Format bi trebalo da bude lako proširljiv. Ukoliko postoji potreba za unošenjem dodatnih karakteristika u budućnosti, treba da postoji mehanizam lake dopune postojećih opisa materijala.
- Format bi trebalo da omogući laku konverziju u druge formate razumljive postojećim programskim paketima za simulaciju.
- Zakoni fizike postavljaju određena ograničenja za vrednosti pojedinih podskupova optičkih i/ili termičkih parametara. Format treba da omogući opis ograničenja i validaciju usklađenosti unesenih podataka sa njima.
- Format treba da pruža mogućnost lakog pretraživanja materijala po karakteristikama.
- Format treba da bude razumljiv ljudima (human-legible) i treba da poseduje, u cilju lakšeg tumačenja i unosa, logičku strukturiranost.

Na osnovu ovih zahteva definisan je format Xmat, koji će biti predmet našeg daljeg razmatranja. Ovaj tekstualni format zasnovan je na XML (Extensible Markup Language) tehnologiji. Osnovne karakteristike XMLa, izložene u [3], a posebno mogućnost lake semantičke validacije, kroz koncept XMLScheme i laka konverzija u druge tekstualne formate pomoću XSLT-a (Extensible Stylesheet Language Transformations), čine XML tehnologiju pogodnim sredstvom za razvoj međuformata različitih namena. Osim toga programski alati za unos manipulaciju, validaciju i procesiranje XML dokumenata dostupni su na većini savremenih operativnih sistema.

Predloženi format Xmat definisan je po ugledu na format ulaznih datoteka za opis materijala programskog paketa Radiance [4], a zasnovan je na XML tehnologiji.

3. Xmat I RADIANCE

Programski paket Radiance je open-source paket za preciznu simulaciju i vizualizaciju prirodnog i veštačkog osvetljenja, baziran na ray-tracing algoritmu [5]. Osim toga on pruža dodatnu mogućnost proučavanja ponašanja svetlosnog ambijenta u unutrašnjim prostorima arhitektonskog objekta, u varijabilnim uslovima spoljašnje svetlosne sredine. Ovaj programski paket namenjen je korisnicima Unix i Linux operativnih sistema. Program kao ulaz prihvata podatke u obliku tekstualnih datoteka koje sadrže opis geometrijskih objekata i materijala od kojih su oni sastavljeni.

Svi entiteti u Radiance-u, materijali i geometrijske objekti, opisuju u sledećem obliku:

```
modifier type identifier
N str1 str2 ....strN
M int1 int2...intM
P flt1 flt2...fltP
```

gde *modifier* predstavlja materijal kojim se modifikuje entitet, *type* predstavlja tip objekta ili materijala, *identifier* – ime entiteta koji se definiše, *N*, *M*, *P* – broj string, integer i float parametara respektivno, *str1*, *str2...strN* - listu string parametara, *int1*, *int2...intM* - listu integer parametara, *flt1*, *flt2...fltP* - listu float parametara. U slučaju definicije materijala ovi parametri predstavljaju skup optičkih karakteristika - boju, hrapavost, koeficijente refleksije i transmisije, teksturu itd.

Jedan jednostavni materijal sa dominantnom spekularnom komponentom refleksije (tip *metal*), sa bojom (R,G,B) = (0.6, 0.8, 0.4), stepena spekularnosti 0.7 i hrapavosti 0, u Radiance formatu može se opisati na sledeći način:

```
void metal gold
0
0
5 0.6 0.8 0.4 0.7 0
```

Uočljiva je razlika u odnosu na definicije optičkih karakteristika materijala drugih formata koji se baziraju na definisanju brojnih vrednosti koeficijena spekularne, difuzne i abijentalne refleksije. Definicija materijala u programskom paketu Radiance zasnovana je na tipovima. Ovi tipovi predstavljaju matematičke modele optičkog ponašanja materijala čiji su parametri intuitivni i/ili lako izmerljivi [6]. Uzmimo za primer tip *metal* koji možemo približno opisati kao materijal kod koga dominira spekularna refleksija pri čemu boja materijala modifikuje boju reflektovane svetlosti. Ovo ponašanje uistinu odgovara optičkom ponašanju metala u prirodi.

Iako je ovakav opis materijala potpun, jer pruža mogućnost definisanja svih relevantnih optičkih karakteristika materijala, on se ne može smatrati univerzalnim. Xmat format pokušava da prevaziđe ove probleme i odgovori na postavljene zaheve.

Najpre je definisana XMLSchema kojom se opisuju svi entiteti koji se mogu pojaviti u Xmat dokumentima. Ona

sadrži opise strukture svih tipova materijala koji postoje u Radiance-u, kao i ograničenja vrednosti pojedinih parametara. Na sl.1. dat je deo šeme koji definiše strukturu elemenata kojima se opisuje materijal tipa *metal* u Xmat dokumentima. Najpre su definisani prosti tipovi (simple type) entiteta: *Fraction*, *IdentifierType*, *ModifierType*... Ovim tipovi definišu osnovna ograničenja za vrednosti parametara, i koriste se kao gradivni elementi pri definiciji kompleksnih tipova (*MetalType*, *PlasticType*...). U primeru je nakon prostih tipova definisan kompleksni tip *MetalType*, koji odgovara tipu materijala *metal* u Radiance-u. Bilo koji materijal definisan u Xmat dokumentu, bez obzira na tip materijala (*plastic*, *metal*, *light*...), smešta se u roditeljski element *Material*. Osim opisa strukture elemenata koji se koriste u Xmat formatu, šema takođe definiše i izvesna ograničenja mogućih vrednosti parametara tj. karakteristika materijala. Tako su na primer kod opisa kompleksnog tipa *MetalType*, svi elementi tipa *Fraction*, koji predstavlja decimalne brojeve u opsegu [0,1]. Za elemente *Specularity* i *Roughness* važe i dodatna ograničenja za moguće vrednosti. Ova ograničenja odgovaraju ograničenjima koja postavljaju kako zakoni fizike, tako i Radiance sintaksa za pojedine parametre. Validacija sadržaja na osnovu ovih ograničenja, dobija još veći značaj, ako se kao ulazni podaci koriste merene vrednosti BRTF (Bi-Directional-Reflectance-Transmission-Function) za određeni materijal [7].

Na osnovu šeme definicija materijala *gold* u Xmat formatu bila bi:

```
<Material>
  <Metal>
    <ModifierName>void</ModifierName>
    <Identifier>gold</Identifier>
    <Color>
      <Red>0.6</Red>
      <Green>0.8</Green>
      <Blue>0.4</Blue>
    </Color>
    <Specularity>0.7</Specularity>
    <Roughness>0</Roughness>
  </Metal>
</Material>
```

Pored, očigledno, lakše čitljivosti, Xmat format poseduje mogućnost lakšeg pretraživanja, a korišćenjem prethodno opisane XMLScheme lako se može izvršiti i validacija sadržaja. Osim toga ovako definisan opis materijala može biti lako dopunjen novim karakteristikama, a da pri tom dokument ne izgubi na svojoj čitljivosti.

Pokušaj proširenja formata, u odnosu na standardnu definiciju preuzetu iz Radiance-a načinjen je na polju definicije subjektivnih karakteristika. Iako ove karakteristike ne igraju ulogu u postupku simulacije, njihova funkcija je presudna u procesu izbora odgovarajućeg materijala. Pri tom treba imati na umu da pored tehničkih, posao arhitekta poseduje i umetničke attribute.

Koristeći XSLT lako se može definisati metod konverzije Xmat dokumenata u druge tekstualne formate. Kako većina programskih paketa namenjenih simulaciji 3D prostora, podržava različite tekstualne formate za opis entiteta, mogućnost konverzije u tekstualne datoteke ne može se smatrati bitnim ograničenjem.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
<!-- Types used by all kinds of elements -->
<xsd:simpleType name="Fraction">
  <xsd:restriction base="xsd:decimal">
    <xsd:minInclusive value="0" />
    <xsd:maxInclusive value="1" />
  </xsd:restriction>
</xsd:simpleType>
<xsd:simpleType name="IdentifierType">
  <xsd:restriction base="xsd:string"></xsd:restriction>
</xsd:simpleType>
<xsd:simpleType name="ModifierNameType">
  <xsd:restriction base="xsd:string"></xsd:restriction>
</xsd:simpleType>
<xsd:complexType name="RGBType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="Red" type="Fraction"></xsd:element>
    <xsd:element name="Green" type="Fraction"></xsd:element>
    <xsd:element name="Blue" type="Fraction"></xsd:element>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:simpleType name="SpecularityType">
  <xsd:restriction base="Fraction" />
</xsd:simpleType>
<xsd:simpleType name="RoughnessType">
  <xsd:restriction base="Fraction" />
</xsd:simpleType>
<xsd:simpleType name="CommentType">
  <xsd:restriction base="xsd:string"></xsd:restriction>
</xsd:simpleType>
...
<!--Types for different material types in Radiance-->
<xsd:complexType name="MetalType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="ModifierName" type="ModifierNameType"></xsd:element>
    <xsd:element name="Identifier" type="IdentifierType"></xsd:element>
    <xsd:element name="RGB" type="RGBType"></xsd:element>
    <xsd:element name="Specularity">
      <xsd:simpleType>
        <xsd:restriction base="SpecularityType">
          <xsd:minExclusive value="0.5" /></xsd:restriction>
        </xsd:simpleType>
      </xsd:element>
    <xsd:element name="Roughness">
      <xsd:simpleType>
        <xsd:restriction base="RoughnessType">
          <xsd:maxExclusive value="0.5" /></xsd:restriction>
        </xsd:simpleType>
      </xsd:element>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
...
<!-- Toplevel-Element -->
<xsd:complexType name="MaterialType">
  <xsd:choice>
    <xsd:element name="Plastic" type="PlasticType" minOccurs="0"></xsd:element>
    <xsd:element name="Metal" type="MetalType" minOccurs="0"></xsd:element>
    ...
  </xsd:choice>
</xsd:complexType>
<xsd:element name="Material" type="MaterialType"></xsd:element>
</xsd:schema>

```

Sl.1. XMLSchema

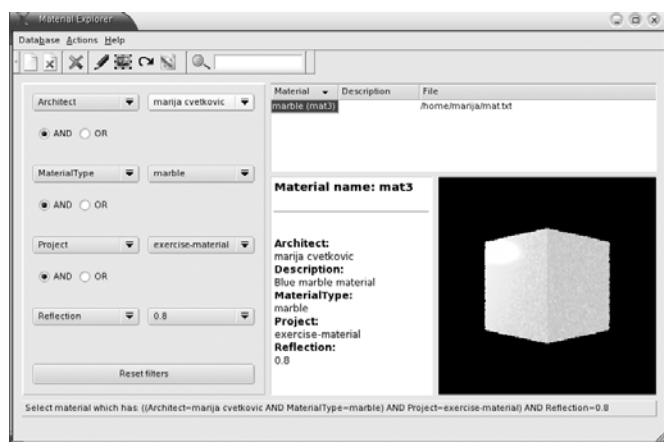
4. MATERIAL EXPLORER

Za potrebe interaktivnog unosa karakteristika materijala, konverzije iz Radiance formata u Xmat format i pretraživanja datoteka u Xmat formatu kreiran je alat pod nazivom Material Explorer. Kao programski jezik za razvoj aplikacije korišćen je C++ i razvojno okruženje QtDesigner.

Namena ovog programa je da omogući kreiranje, skladištenje i pretraživanje Xmat datoteka. Osnovne funkcionalnosti Material Explorera su:

- Interaktivni unos materijala. Unos materijala se vrši pomoću forme, tako da korisnik ne mora da poznaje samu strukturu Xmat formata.
- Pamćenje unetih podataka u Radiance ili Xmat formatu.
- Prikaz unesenog materijala. Program vrši prikaz materijala na sledeći način: uneseni podaci se smeštaju u privremeni Radiance file, dodeljuju se nekom prostom objektu, i nakon toga renderuju korišćenjem Radiance alata.
- Konverzija postojećih Radiance datoteka u Xmat format i skladištenje u jedinstvenu bazu materijala.
- Semantičko pretraživanje baze materijala, na osnovu vrednosti karakteristika. Ova funkcionalnost omogućava da se u većem skupu definisanih materijala, pronađe materijal sa željenim karakteristikama, koji se nakon toga može koristiti nezavisno.
- Dodavanje novih karakteristika materijalima. Osim optičkih karakteristika definisanih ulaznim Radiance ili Xmat dokumentom, moguće je nekom materijalu dodeliti i dodatne karakteristike.

Na sl.2. dat je izgled osnovnog prozora programskog alata Material Explorer. Prozor je podeljen na dve oblasti: oblast u kojoj se definišu kriterijumi pretrage baze materijala i oblast u kojoj se prikazuju rezultati pretraživanja i karakteristike izabranog materijala.



Sl.2. Osnovni prozor Material Explorera

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu uvodnog razmatranja može se uočiti da je prisutna potreba za unifikacijom formata za opis karakteristika materijala za potrebe računarske simulacije enterijera i eksterijera u arhitekturi. Ovaj rad predlaže kao moguće rešenje objedinjenu kompletnost i intuitivnost Radiance opisa materijala i fleksibilnost XMLa kroz koncept Xmat formata. Takođe, predložen je alat za manipulaciju nad datotekama u ovom formatu.

U daljem radu na razvoju Material Explorera, planira se uvođenje dodatnih konvertora u druge tekstualne formate, koji će omogućiti upotrebu materijala, skladištenih u Xmat-u, u drugim programskim paketima.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se za srdačnu stručnu saradnju arhitekti Ljubici Mudri, docentu u Ecole d'Architecture Paris-Belleville, Pariz, lmudri@club-internet.fr i firmi De Luminae Lab, Pariz.

LITERATURA

- [1] Commission of the European community, *Energy conscious design*, J.R. Goulding editors, Batsford Ltd, London 1992.
- [2] L.Mudri, J.D. Lenard, M. Cvetković, "Objective data from Radiance and subjective intentions from architects", *Radiance Workshop*, Fribourg, 2004.
- [3] Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition), *W3C Recommendation*, 6 October 2000
- [4] G. L. Ward, R. Shakespeare, *Rendering with Radiance*, Morgan Kaufmann Publishers, 1998.
- [5] G.Ward, "The RADIANCE Lighting Simulation and Rendering System", *Computer Graphics*, July 1994.
- [6] G. Ward, *Behavior of Materials in RADIANCE*, Lawrence Berkeley Laboratory
- [7] P. Apian-Bennewitz, "On material modeling in Radiance", *Radiance Workshop*, Fribourg, 2002.

Abstract – The aim of this paper is to propose an XML based textual format for description of material characteristics for computer simulation in architecture. Also, a comparison between this format and other similar textual formats will be given. A short description of Material Explorer, the software tool for creation and manipulation with files of this format, will be presented.

XML REPRESENTATION OF MATERIAL CHARACTERISTICS FOR COMPUTER SIMULATION IN ARCHITECTURE

Marija Cvetković
Jean-Dominique Lenard
Milena Stanković