Projektowanie obiektowe oprogramowania
Wykład 14
Architektura systemów (1)
Interoperacyjność
Wiktor Zychla 2022

Spis treści

1 Architektura systemów

Aplikacje rozległe (ang. *Enterprise applications*) – to wielomodułowe systemy informatyczne, często rozwijane przez lata lub powstające w wyniku połączenia kilku niezależnych elementów, zbudowanych w różnych technologiach i w oparciu o różne konstrukcje architektury.

Najprostszy przykład – połączenie systemów informatycznych dwóch (lub więcej) dużych banków. Inny przykład – zintegrowany miejski/gminny/powiatowy system informatyczny, obejmujący różne obszary odpowiedzialności podmiotu Zamawiającego.

W obszarze architektury systemy rozległe rodzą wyzwania **integracyjne**. Integracja z kolei oznacza

- przepływ informacji wewnątrz systemu – np. przepływ danych między modułami składowymi
- przepływ informacji o tożsamości użytkownika – np. pojedyncze logowanie

Implementacje mechanizmów integracyjnych powinny charakteryzować się właściwością **interoperacyjności**, czyli otwartości technologicznej (patrz dokumenty **Krajowe Ramy Interoperacyjności**, **European Interoperability Framework**).

2 Usługi aplikacyjne (Web Services)

Usługi aplikacyjne są jednym z podstawowych narzędzi interoperacyjności. Usługa zwykle definiuje kontrakt operacyjny specyfikowany w formalnej postaci, m.in.

- WSDL (Web Service Description Language)
- WADL (Web Application Description Language)
- OpenAPI

i protokół komunikacyjny (zwykle oparty o HTTP.

Językiem wymiany komunikatów jest XML/JSON.

3 X.509/PKCS#12

Standard X.509 opisuje infrastrukturę PKI (**Public Key Infrastructure**), czyli usług kryptograficznych opartych o **cyfrowe certyfikaty**, umożliwiające bezpieczne szyfrowanie i podpisywanie danych. Standard PKCS#12 opisuje format pliku służący do przenoszenia cyfrowych certyfikatów (rozszerzenia plików to *.p12 lub *.pfx).

3.1 Pojęcia

X.509 – standard przemysłowy infrastruktury przechowywania i przenoszenia certyfikatów klucza publicznego. Stosowane przemysłowo certyfikaty są zwykle oparte na algorytmach RSA lub ECC.

PKCS#12 – standard formatu pliku umożliwiającego przenoszenie wielu par certyfikat – klucz prywatny

Szyfrowanie za pomocą certyfikatu – użycie klucza publicznego certyfikatu do szyfrowania danych. Tylko posiadacz klucza prywatnego może deszyfrować dane.

Podpisywanie za pomocą certyfikatu – użycie klucza prywatnego certyfikatu do szyfrowania danych. Każdy posiadacz klucza prywatnego może sprawdzić poprawność szyfrowania. W praktyce stosuje się podpisywanie nie samych danych, a **skrótu**, wyliczonego za pomocą jakiejś funkcji skrótu (np. SHA256). Takie podejście daje gwarancję niedużego rozmiaru podpisu, niezależnego od rozmiaru wyjściowych danych.

Do generowania certyfikatu można użyć narzędzia (Portecle/Keystore Explorer/OpenSSL). W niektórych systemach operacyjnych certyfikat można importować do systemowego zasobnika.

Przykładowy kod używający certyfikatu do szyfrowania podpisywania.

```
// przeszukanie zasobnika certyfikatów
StoreName name         = StoreName.My;
StoreLocation location = StoreLocation.CurrentUser;

X509Store store = new X509Store( name, location );

store.Open( OpenFlags.ReadOnly );

X509Certificate2Collection certificates = store.Certificates;

X509Certificate2 certificate = null;
for ( int i = 0; i < certificates.Count; i++ )
{
    X509Certificate2 cert = certificates[i];

    // wydobycie certyfikatu
    if ( cert.SubjectName.Name.ToLower() == "foo" ||
         cert.FriendlyName.ToLower() == "foo"
        )
    {
        certificate = new X509Certificate2( cert );
        break;
    }
}
```

```
for ( int i = 0; i < certificates.Count; i++ )
{
    certificates[i].Reset();
}

if ( certificate != null )
{
    string thestring = "foobar";

    // podpisanie
    RSACryptoServiceProvider csp =
       (RSACryptoServiceProvider)certificate.PrivateKey;

    byte[] data = Encoding.UTF8.GetBytes( thestring );

    string oid    = CryptoConfig.MapNameToOID( "SHA1" );
    byte[] signed = csp.SignData( data, oid );
    string signeds = Convert.ToBase64String( signed );

    // weryfikacja podpisu
    csp = (RSACryptoServiceProvider)certificate.PublicKey.Key;
    if ( !csp.VerifyData( data, oid, signed ) )
        throw new CryptographicException();

    // szyfrowanie
    csp = (RSACryptoServiceProvider)certificate.PublicKey.Key;
    byte[] encrypted = csp.Encrypt( data, false );

    string encrypteds = Convert.ToBase64String( encrypted );

    // odszyfrowywanie
    byte[] encrypted2 = Convert.FromBase64String( encrypteds );

    csp = (RSACryptoServiceProvider)certificate.PrivateKey;
    byte[] decrypted = csp.Decrypt( encrypted2, false );

    string decrypteds = Encoding.UTF8.GetString( decrypted );
}
```

4 XMLDSig/XAdES

XMLDsig to opublikowany przez W3C standard podpisywania elektronicznego dokumentów XML. Jest bardziej ogólny niż PGP i inne standardy oparte na podpisywaniu danych binarnych – wśród zalet należy wymienić m.in. możliwość wielokrotnego podpisywania tego samego dokumentu (kontrasygnaty) czy fakt, że podpisany dokument pozostaje czytelny dla człowieka (sygnatura nie modyfikuje struktury podpisywanego dokumentu).

Do tworzenia sygnatur (podpisów) używane są algorytmy kryptografii asymetrycznej, stąd dobra współpraca ze standardem PKCS#12 (przenoszenie certyfikatów).

XMLDSig jest podstawą dla wielu interoperacyjnych standardów wymiany danych, w tym XAdES (patrz niżej) czy SAML (patrz dalej).

Przykład dokumentu źródłowego:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Osoba>
    <DaneOsobowe>
        <Nazwisko>Kowalski</Nazwisko>
        <Imie>Jan</Imie>
        <PESEL>12341234243</PESEL>
        <DataUrodzenia>1990-02-01T16:45:58.433+01:00</DataUrodzenia>
    </DaneOsobowe>
</Osoba>
```

Dokument podpisany:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Osoba>
  <DaneOsobowe>
    <Nazwisko>Kowalski</Nazwisko>
    <Imie>Jan</Imie>
    <PESEL>12341234243</PESEL>
    <DataUrodzenia>1990-02-01T16:45:58.433+01:00</DataUrodzenia>
  </DaneOsobowe>
  <Signature xmlns="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#">
    <SignedInfo>
      <CanonicalizationMethod Algorithm="http://www.w3.org/TR/2001/REC-xml-
c14n-20010315" />
      <SignatureMethod Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#rsa-
sha1" />
      <Reference URI="">
        <Transforms>
          <Transform
Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#enveloped-signature" />
          <Transform Algorithm="http://www.w3.org/TR/2001/REC-xml-c14n-
20010315" />
        </Transforms>
        <DigestMethod Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#sha1" />
        <DigestValue>FqghDrPlyjNVDSyWZ80s8M7geaM=</DigestValue>
      </Reference>
    </SignedInfo>
    <SignatureValue>kl4ZCnSBQoux...g==</SignatureValue>
    <KeyInfo>
      <X509Data>
```

```
        <X509Certificate>MIICkTCCAXkCBFB8APAwDQYJKo..==</X509Certificate>
      </X509Data>
    </KeyInfo>
  </Signature>
</Osoba>
```

XAdES – zbiór rozszerzeń dla XMLDsig, dodający m.in. timestamp, czyli znakowanie podpisu w czasie (w taki sposób żeby wiadomo było certyfikat podpisujący dokument był ważny w momencie podpisywania dokumentu).

Standardu XAdES używa się w praktyce, patrz: np. System e-Deklaracje, specyfikacje wejścia/wyjścia:

http://www.finanse.mf.gov.pl/documents/766655/1196432/eDek_Specyfikacja_We-Wy_1.9.3_Test.pdf

Ten sam dokument co poprzednio podpisany jako XAdES. Proszę zwrócić uwagę na węzeł **SignedSignatureProperties** zawierający informację o czasie złożenia podpisu.

```
<Osoba>
    <DaneOsobowe>
        <Nazwisko>Kowalski</Nazwisko>
        <Imie>Jan</Imie>
        <PESEL>12341234243</PESEL>
        <DataUrodzenia>1990-02-01T16:45:58.433+01:00</DataUrodzenia>
    </DaneOsobowe>
    <ds:Signature Id="SignatureId" xmlns:ds="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#">
        <ds:SignedInfo>
            <ds:CanonicalizationMethod Algorithm="http://www.w3.org/TR/2001/REC-xml-c14n-
20010315" />
            <ds:SignatureMethod Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#rsa-sha1" />
            <ds:Reference URI="">
                <ds:Transforms>
                    <ds:Transform Algorithm="http://www.w3.org/TR/2001/REC-xml-c14n-20010315"
/>
                    <ds:Transform Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#enveloped-
signature" />
                </ds:Transforms>
                <ds:DigestMethod Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#sha1" />
                <ds:DigestValue>JXqGse6B1AdtDDr8MdREuju/2CA=</ds:DigestValue>
            </ds:Reference>
            <ds:Reference URI="#SignedPropertiesId"
Type="http://uri.etsi.org/01903/v1.1.1#SignedProperties">
                <ds:DigestMethod Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#sha1" />
                <ds:DigestValue>jjiZAD9KVuR1G9NJ6qdXbCNnpZY=</ds:DigestValue>
            </ds:Reference>
        </ds:SignedInfo>
        <ds:SignatureValue Id="SignatureValueId">Ha0g/nZaA51W0GWGRrpJ9GBzXyK//f…
</ds:SignatureValue>
        <ds:KeyInfo>
            <ds:X509Data>
                <ds:X509Certificate>MIIDRDCCAq2gA… </ds:X509Certificate>
            </ds:X509Data>
        </ds:KeyInfo>
        <ds:Object Id="XadesObject">
            <QualifyingProperties Target="#SignatureId"
xmlns="http://uri.etsi.org/01903/v1.1.1#">
                <SignedProperties Id="SignedPropertiesId">
                    <SignedSignatureProperties>
                        <SigningTime>2014-06-02T23:18:01</SigningTime>
                        <SigningCertificate>
                            <Cert>
                                <CertDigest>
                                    <DigestMethod
Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#sha1" />
                                    <DigestValue>fc9oOIPntILmorvUDMKX+TYBW/s=</DigestValue>
                                </CertDigest>
                                <IssuerSerial>
```

```
                                    <ds:X509IssuerName>DC=qux, DC=bar, DC=foo,
SERIALNUMBER=PESEL:123456789, CN=Subject123</ds:X509IssuerName>

<ds:X509SerialNumber>00A34ECBFBE85C5EE0541BEC4723D227</ds:X509SerialNumber>
                                </IssuerSerial>
                            </Cert>
                        </SigningCertificate>
                        <SignaturePolicyIdentifier>
                            <SignaturePolicyImplied />
                        </SignaturePolicyIdentifier>
                    </SignedSignatureProperties>
                </SignedProperties>
            </QualifyingProperties>
        </ds:Object>
    </ds:Signature>
</Osoba>
```

4.1 Materiały do studiowania

Podpisanie dokumentu XML na podstawie „Interoperable XML Digital SIgnatures” (C#/Java)

http://www.wiktorzychla.com/2012/12/interoperable-xml-digital-signatures-c.html

http://www.wiktorzychla.com/2012/12/interoperable-xml-digital-signatures-c_20.html

http://www.wiktorzychla.com/2012/12/interoperable-xml-digital-signatures-c_4247.html

Biblioteka XaDES (C#)

http://www.microsoft.com/france/openness/open-source/interoperabilite_xades.aspx

5 Single sign-on

5.1 Informacje ogólne

Single sign-on (pojedyncze logowanie) – to właściwość aplikacji rozległych, w których dostęp do tych części poszczególnych modułów które wymagają autentykacji i autoryzacji, możliwy jest po jednokrotnym potwierdzeniu tożsamości użytkownika.

Z uwagi na różne implementacje realizujące ten sam cel, można mówić o wzorcu dla aplikacji rozległych.

Najprostsza, na co dzień spotykana implementacja SSO wbudowana jest w systemy operacyjne – po jednokrotnym zalogowaniu dostaje się dostęp do aplikacji, które o tożsamość użytkownika odpytują system operacyjny. Takie SSO nie jest interesujące, ciekawie robi się dopiero wtedy, kiedy mówimy o SSO poza granicami jednego systemu – na przykład kiedy interfejs użytkownika osadzony jest w przeglądarce internetowej i dostaje się on do różnych witryn, rozsianych gdzieś po świecie.

Istnieją różne możliwości implementacji tego wzorca. Jednym z ważniejszych kryteriów właściwego wyboru jest zgodność ze standardami przemysłowymi.

Wśród powszechnie akceptowanych protokołów SSO należy wymienić:

- OpenID Connect / OAuth2
- CAS (Central Authentication Service)
- SAML2.0
- Shibboleth
- **WS-Federation –** Office365, Sharepoint 2010, Windows 8, Azure Cloud Services

5.2 Claims-based authentication

Protokoły SSO do zwracania informacji o użytkowniku często używają tzw. oświadczeń (claims).

Claim (stwierdzenie/oświadczenie) – informacja o **Kimś** wydane przez jakiegoś **Wystawcę.**
Claim powinien być „podpisany” tzn. nie powinno być wątpliwości że wydał go **Wystawca.**

Zwykle nie da się nijak inaczej stwierdzić czy claim jest prawdziwy czy nie, ale **ufamy** wystawy wobec czego **akceptujemy** informację.

Przykład: Stwierdzenie – „*Jan Kowalski urodził się 04.11.1978*”.

Jest to oświadczenie z „podpisem", powszechnie akceptowane w bankach, sklepach itd. Fakt akceptowania wynika z relacji zaufania do Wystawcy oświadczenia.

Podobnie w przypadku protokołu SSO, informacja zwrotna z serwera może zawierać informacje o użytkowniku takie jak imię, nazwisko, login, email czy PESEL, a aplikacja ufa dostawcy tożsamości – przyjmuje więc że przedstawione w przepływie logowania dane są poprawne (zweryfikowane).

5.3 Federalizacja protokołów logowania

Relacja zaufania do wystawcy jest **przechodnia** – jeżeli aplikacja prosi o oświadczenia, a dostawca tożsamości przekieruje jego żądanie do kolejnego wystawcy (a ten z kolei dalej itd.) to w efekcie ostateczny zbiór oświadczeń może być sumą oświadczeń wydanych przez kolejnych wystawców, a klient w ogóle nie musi być świadomy tego przez ile „węzłów" wystawców przeszło żądanie.

To daje możliwość budowania „bramek" (gateway), które na zewnątrz (dla klienta) implementują jakoś protokoł SSO, a same pozyskują oświadczenia albo od innego dostawcy (wszystko odbywa się przez przekierowania przez przeglądarkę).

Przykład: użytkownik inicjuje sesję do aplikacji A. Aplikacja A przekierowuje na dostawcę tożsamości DT. Tam, na ekranie logowania użytkownik widzi opcję „zaloguj za pomocą kolejnego dostawcy tożsamości" (KDT).

Po kliknięciu i kolejnym przekierowaniu, użytkownik ostatecznie loguje się do KDT.

Usługa KDT przez przeglądarkę zwraca informacje o użytkowniku do DT. Tam informacje są weryfikowane i/lub korelowane z własną bazą DT i kolejny zbiór informacji o użytkowniku jest zwracany do A.

A dostaje informację o sesji użytkownika uwierzytelnionej przez DT. A nie musi nawet wiedzieć, że ostatecznie użytkownik logował się za pomocą KDT.

6 WS-Federation

6.1 Pojęcia

Protokół WS-Federation przenosi pojęcia „oświadczenia” i „wystawcy” na język techniczny:

Security Token Service (STS) – wystawca oświadczeń , posiada informacje o użytkownikach aplikacji rozległej lub zna lokalizacje innych wystawców

Oświadczenie – czwórka (Type, Issuer, Subject, Value)

Security Assertion Markup Language (SAML) – dialekt XML zapisu oświadczeń, standaryzujący m.in. ich podpisywanie cyfrowe (XMLDsig). SAML mówi tylko tym jak skonstruowane są tokeny. Nie mówi o tym jak je wymieniać (język vs protokół). Na SAML opartych jest kilka różnych protokołów: WS-Federation, Google SSO, Shibboleth, SAML-protocol)

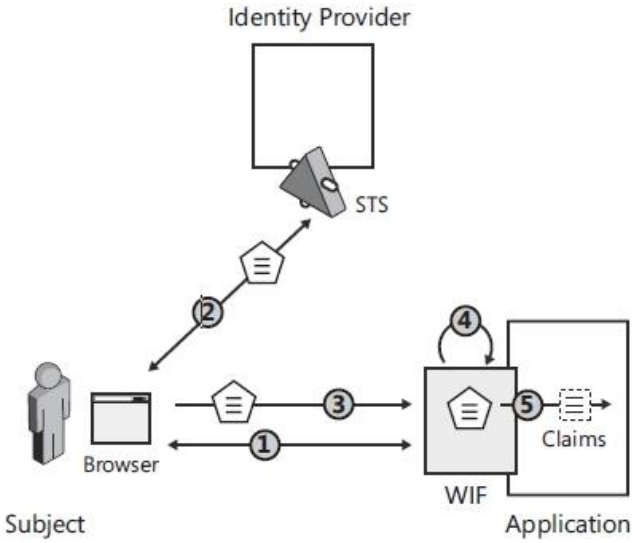
Typowe oświadczenia – nazwa użytkownika, imię, nazwisko, e-mail, adres, role (uprawnienia)

Security token (token bezpieczeństwa) – zbiór oświadczeń

Relying Party (RP)– aplikacja która ufa claimom wydanym przez STS

Mówi się „RP jest sfederowany (*federated*) z STS” = RP ufa oświadczeniom wydanym przez STS. W praktyce jest to równoważne stwierdzeniu „RP akceptuje zbiór czwórek (Type, Issuer, Subject, Value) podpisany znanym mu certyfikatem STSa”.

6.2 Protokół pojedynczego logowania



1. Użytkownik próbuje uzyskać dostęp do części systemu rozległego wymagającej autoryzacji. Aplikacja wymusza przekierowanie sesji przeglądarki do aplikacji – wystawcy oświadczeń
2. Wystawca oświadczeń weryfikuje tożsamość użytkownika (lub wykorzystuje fakt że tożsamość była już sprawdzana wcześniej), tworzy podpisany token SAML i przekazuje go do przeglądarki
3. Przeglądarka przekazuje otrzymany token do aplikacji wymagającej autoryzacji

4. Aplikacja wykorzystuje technologię umożliwiającą przetwarzanie oświadczeń (tu: Windows Identity Foundation) (lub przetwarza oświadczenia samodzielnie) w tym weryfikuje poprawność ich podpisu
5. Zestaw oświadczeń jest dostępny dla aplikacji

6.3 Protokół pojedynczego wylogowywania

1. Wystawca oświadczeń śledzi żądania wydania tokenu bezpieczeństwa – magazynuje adresy aplikacji występujących o oświadczenia
2. Po otrzymaniu żądania *wylogowania*, wystawca generuje do przeglądarki zasób (stronę) zawierającą adresy wszystkich aplikacji, które dotychczas w imieniu użytkownika wystąpiły o token bezpieczeństwa, ale dodaje do tych adresów parametr oznaczający wylogowanie (tu: *wsignoutcleanup1.0*).
3. Przeglądarka kieruje żądania do wszystkich kolejnych aplikacji
4. Aplikacje wykonują sobie tylko znaną procedurę wylogowania użytkownika z sesji

6.4 Bezpieczeństwo protokołu

Bezpieczeństwo protokołu WS-Federation oparte jest o 4 certyfikaty X509 (wszystkie poza jednym są opcjonalne):

- (Opt) Certyfikat bezpiecznych połączeń do serwera aplikacji (SSL) (uniemożliwia podsłuchanie komunikacji)
- (Opt) Certyfikat bezpiecznych połączeń do serwera wystawcy oświadczeń (SSL) (uniemożliwia podsłuchanie komunikacji)
- Podpisanie oświadczeń przez wystawcę oświadczeń (podpisany SAML) (uniemożliwia sfałszowanie tokena)
- (Opt) Szyfrowanie wystawianych oświadczeń certyfikatem aplikacji (uniemożliwia wykorzystanie tokena wydanego aplikacji do uwierzytelnienia się w innej aplikacji)

7 Interoperacyjność przemysłowa – przykład ePUAP

7.1 ePUAP

Omówione wcześniej narzędzia interoperacyjne obejrzymy na przykładzie implementacji – platformy ePUAP (Elektroniczna Platforma Usług Administracji Publicznej) (https://epuap.gov.pl).

Platforma udostępnia szereg usług administracyjnych dla obywateli, w tym np. składanie wniosków o wydanie dowodu osobistego, bez potrzeby osobistej wizyty w urzędzie.

W obszarze autentykacji – platforma ePUAP wykorzystuje uwierzytelnianie federacyjne za pomocą protokołu SAML2, dodatkowo implementuje mechanizm delegowania uwierzytelniania (logowanie za pomocą dostawcy, np. banku). Jest to bardzo poprawne i bardzo praktyczne.

W obszarze integracji danych – platforma ePUAP udostępnia dla aplikacji szereg usług, m.in. usługę podpisywania dokumentów oraz obsługi tzw. elektronicznych skrzynek podawczych. Usługi te są zaimplementowane w interoperacyjnym standardzie WS-Security.

7.2 Ustawa węzłowa – Węzeł Krajowy

W lipcu 2018 weszła w życie Ustawa o zmianie ustawy o usługach zaufania oraz identyfikacji elektronicznej oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2018 poz. 1544), która powołuje do życia tzw. Węzeł Krajowy na potrzeby uwierzytelniania użytkowników do e-usług publicznych oraz niepublicznych.

Usługa jest już dostępna pod adresem https://login.gov.pl i w kolejnych latach kolejne usługi będą stopniowo integrowane z Węzłem Krajowym.

Technicznie – węzeł krajowy jest podobnie jak ePUAP dostawcą usługi SSO w standardzie SAML2, od implementacji ePUAP różni się dość istotnymi szczegółami (m.in. wymaga certyfikatów ECDA a nie RSA).

8 Literatura

Patterns & Practices – „A Guide to Claims-based Identity and Access Control” (darmowy ebook), http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff423674.aspx

Understanding WS-Security https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms977327.aspx

SAML2.0 https://en.wikipedia.org/wiki/SAML_2.0 http://saml.xml.org/saml-specifications

ePUAP – dokumentacja dla integratora https://epuap.gov.pl i dalej Strefa urzędnika / Pomoc / Dla integratorów

Węzeł krajowy – dokumentacja dla integratora https://mc.bip.gov.pl/interoperacyjnosc-mc/wezel-krajowy-dokumentacja-dotyczaca-integracji-z-wezlem-krajowym.html

OldMusicBox.EIH.Client – przykładowa biblioteka kliencka do integracji z Węzłem Krajowym https://github.com/wzychla/OldMusicBox.EIH.Client