DockerCon 2023 ハイライト (2023/11/2)

OpenPubKey によるイメージの署名と検証

NTT ソフトウェアイノベーションセンタ
須田　瑛大

自己紹介

- Moby (Docker Engineのupstream)、BuildKit、containerd、runc などのOSSのコミッタ

- 今年のDockerConでは “Reproducible builds with BuildKit for software supply chain security” に関して登壇
  - https://medium.com/nttlabs/dockercon-2023-reproducible-builds-with-buildkit-for-software-supply-chain-security-0e5aedd1aaa7

- 今日は自身の取り組みについてではなく、 Docker社・BastionZero 社による OpenPubKey への取り組みについて紹介

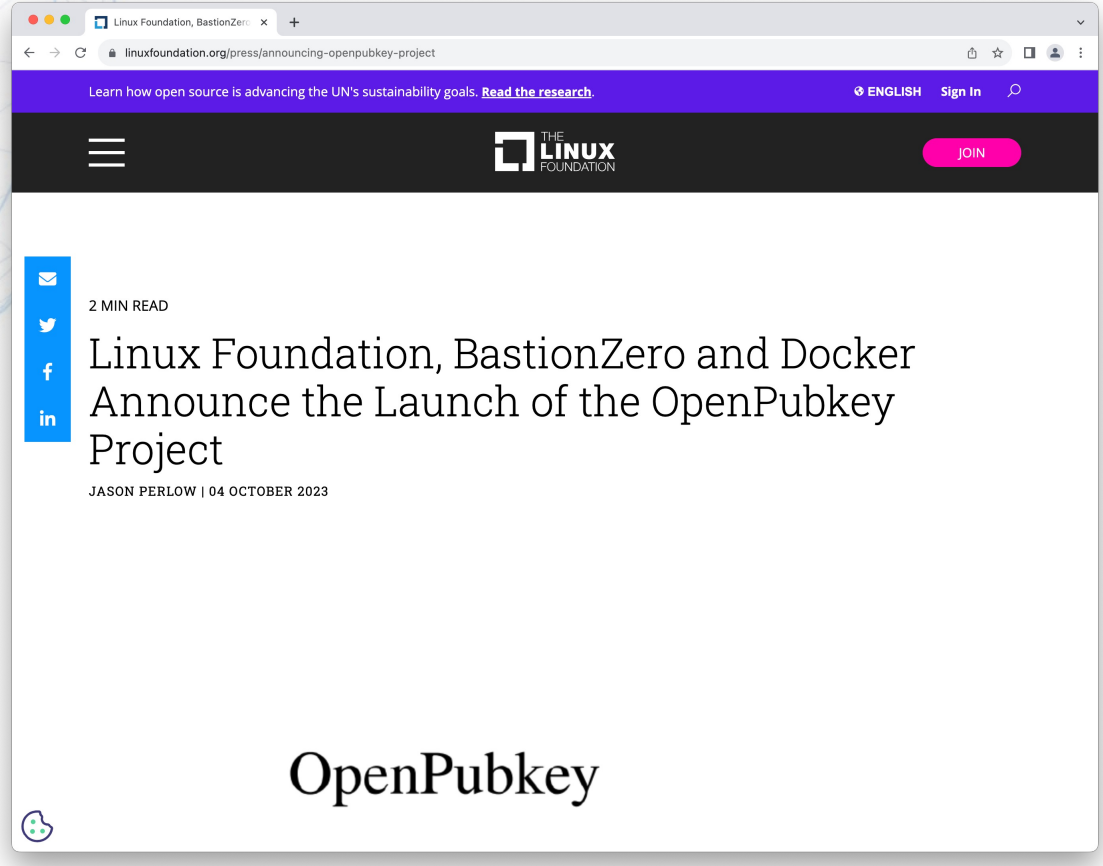
- Reproducible builds にも OpenPubKey を応用していきたいと思っている

DockerCon での OpenPubKey 関連セッション

NTT

- **2023/10/4: Demystify Secure Supply Chain Metadata**
  - Christian Dupuis, Sr Principal Engineer, Docker
- **2023/10/5: Building the Software Supply Chain on Docker Official Images**
  - Ethan Heilman, CTO & Co-Founder, BastionZero
    James Carnegie, Computer Programmer, Docker
- https://www.dockercon.com/ からまだ視聴可能

Linux Foundation プロジェクト化のアナウンス



https://www.linuxfoundation.org/press/announcing-openpubkey-project

OpenPubKey

- OpenID Connect (OIDC) を応用し、公開鍵基盤として使えるようにしたもの
  "In essence, OpenPubkey is a protocol for getting OpenID Providers (OPs) to bind identities to public keys." (https://github.com/openpubkey/openpubkey)

- 例えば、GitHub Actions 上でDockerイメージをビルドする際に、GitHubリポジトリのorganization IDを含む署名を付加できる

- GitHub Actions の Secrets に秘密鍵をアップロードしたりしなくてよい

- GitHub Actions 以外の OpenID プロバイダ への対応も容易。
  プロバイダ側での対応作業は(原則的に)不要。

- Sigstore の Cosign (keyless) に似ているが、よりシンプルな構成

DockerConでのOpenPubKeyのデモ

- GitHub ActionsのYAML:
  https://github.com/openpubkey/demo
- BuildKit へのパッチ (未マージ):
  https://github.com/openpubkey/buildkit/tree/opk-signing
- `docker verify` コマンド:
  https://github.com/openpubkey/verify-docker-cli-plugin

GitHub Actions の YAML

```yaml
- name: Setup Docker buildx
        uses: docker/setup-buildx-action@v3.0.0
        with:
          driver-opts: |
            image=openpubkey/buildkit:opk-signing
            env.ACTIONS_ID_TOKEN_REQUEST_URL=${{ env.ACTIONS_ID_TOKEN_REQUEST_URL }}
            env.ACTIONS_ID_TOKEN_REQUEST_TOKEN=${{ env.ACTIONS_ID_TOKEN_REQUEST_TOKEN }}
```

```yaml
- name: Build and push Docker image on push
        id: build-and-push
        uses: docker/build-push-action@v4.0.0
        with:
          context: .
          push: true
…
          sbom: true
          provenance: true
…
```

https://github.com/openpubkey/demo/blob/6b29027/.github/workflows/docker-build.yaml

GitHub Actions の YAML

```
- name: Setup Docker
        uses: docker/
        with:
          driver-opts: |
            image=openpubkey/buildkit:opk-signing
            env.ACTIONS_ID_TOKEN_REQUEST_URL=${{ env.ACTIONS_ID_TOKEN_REQUEST_URL }}
            env.ACTIONS_ID_TOKEN_REQUEST_TOKEN=${{ env.ACTIONS_ID_TOKEN_REQUEST_TOKEN }}
```

OpenPubKeyに対応した fork を指定する
https://github.com/openpubkey/buildkit

GitHub により自動的に設定される
OIDC関連の環境変数を
BuildKit デーモン に伝播させる

```
- name: Build and push Docker image on push
        id: build-and-push
        uses: docker/build-push-action@v4.0.0
        with:
          context: .
          push: true
…
          sbom: true
          provenance: true
…
```

SBOMおよびSLSA Provenance (ビルド情報) を
イメージに付加する。
併せて、SBOMやSLSA Provenance に対する署名
(i.e., イメージに対する署名) も付加する。

https://github.com/openpubkey/demo/blob/6b29027/.github/workflows/docker-build.yaml

docker verify コマンド

- Docker CLI プラグインとして提供
  https://github.com/openpubkey/verify-docker-cli-plugin

```
$ gh api /orgs/openpubkey | jq .id
145685596

$ docker verify openpubkey/demo@sha256:6acf54fca0e7f9e9ef3d23c9b9ee306ce3c56b8315aa756643e4df25032bcdbe \
  --repo-owner-id 145685596
…
Verified all required attestations are present
```

- Docker Hub 上のイメージ “openpubkey/demo@sha256...” が、GitHub organization “openpubkey” の GitHub Actions でビルドされたことを確認できた
- ただし、GitHub Actions のキーセット (https://token.actions.githubusercontent.com/.well-known/jwks) を信頼できる前提

docker verify コマンド (出力全体)

NTT

```
$ docker verify openpubkey/demo@sha256:6acf54fca0e7f9e9ef3d23c9b9ee306ce3c56b8315aa756643e4df25032bcdbe \
  --repo-owner-id 145685596
Verifying 2 attestations for
pkg:docker/openpubkey/demo?digest=sha256:6acf54fca0e7f9e9ef3d23c9b9ee306ce3c56b8315aa756643e4df25032bcdbe&platform
=linux/amd64

Verifying https://spdx.dev/Document attestation
  ✓ Verified attestation refers to digest sha256:6fbb78f2482a527575558d85147aee5f5f9f5288133bb0af316f91ed525a7246
  ✓ Verified OIDC token was signed by https://token.actions.githubusercontent.com
  ✓ Verified attestation digest was signed on a Github Actions run:
https://github.com/openpubkey/demo/actions/runs/6628798402
  ✓ Verified repository owner 145685596 (openpubkey)

Verifying https://slsa.dev/provenance/v0.2 attestation
  ✓ Verified attestation refers to digest sha256:6fbb78f2482a527575558d85147aee5f5f9f5288133bb0af316f91ed525a7246
  ✓ Verified OIDC token was signed by https://token.actions.githubusercontent.com
  ✓ Verified attestation digest was signed on a Github Actions run:
https://github.com/openpubkey/demo/actions/runs/6628798402
  ✓ Verified repository owner 145685596 (openpubkey)
  ✓ Verified signed git sha provenance 6b29027d7ddae1c2dcdcfb88ab402473af5d20c8
  ✓ Verified signed git repo provenance openpubkey/demo

Verified all required attestations are present
```

フロー (1/2)

BuildKit
(OpenPubKey対応版)

GitHub Actions

```
$ACTIONS_ID_TOKEN_REQUEST_TOKEN
$ACTIONS_ID_TOKEN_REQUEST_URL
```

- ID Token を発行するための Bearer Token を発行

- イメージをビルドし、provenanceを生成
- 一回限りの鍵ペアを生成
- Client-Instance Claim (CIC) を生成

  {'rz': random(),
  'upk': publicKey,
  'alg': 'EC256',
  'att': provenenceHash}
- CIC のハッシュを "audience" としてID Tokenの発行を要求

```
HTTP GET
$ACTIONS_ID_TOKEN_REQUEST_URL
&audience=$AUDIENCE
"Authorization: bearer
$ACTIONS_ID_TOKEN_REQUEST_TOKEN"
```

audience (GHAのデフォルトでは リポジトリのURL) には任意の文字列をいれてよいのでOIDCのAPIを変更せずにCICのハッシュを送ることができる

※CIC のハッシュは、GitHub Actions などの workload identity では audience に含めるが、user identity では nonce に含める。

フロー (2/2)

(前掲)
CIC: Client-Instance Claim: {'rz': random(), 'upk': publicKey, 'alg': 'EC256, 'att': provenanceHash}
audience: ここでは CICのハッシュ

NTT

BuildKit
(OpenPubKey対応版)

ID Token が鍵ペアに紐づく

GitHub Actions

ID Token: "SUBSTR0.SUBSTR1.SUBSTR2"
- SUBSTR0: ヘッダ の base64
- SUBSTR1: ペイロードの base64 ("aud" などを含む)
- SUBSTR2: "FOO.BAR" に対する署名

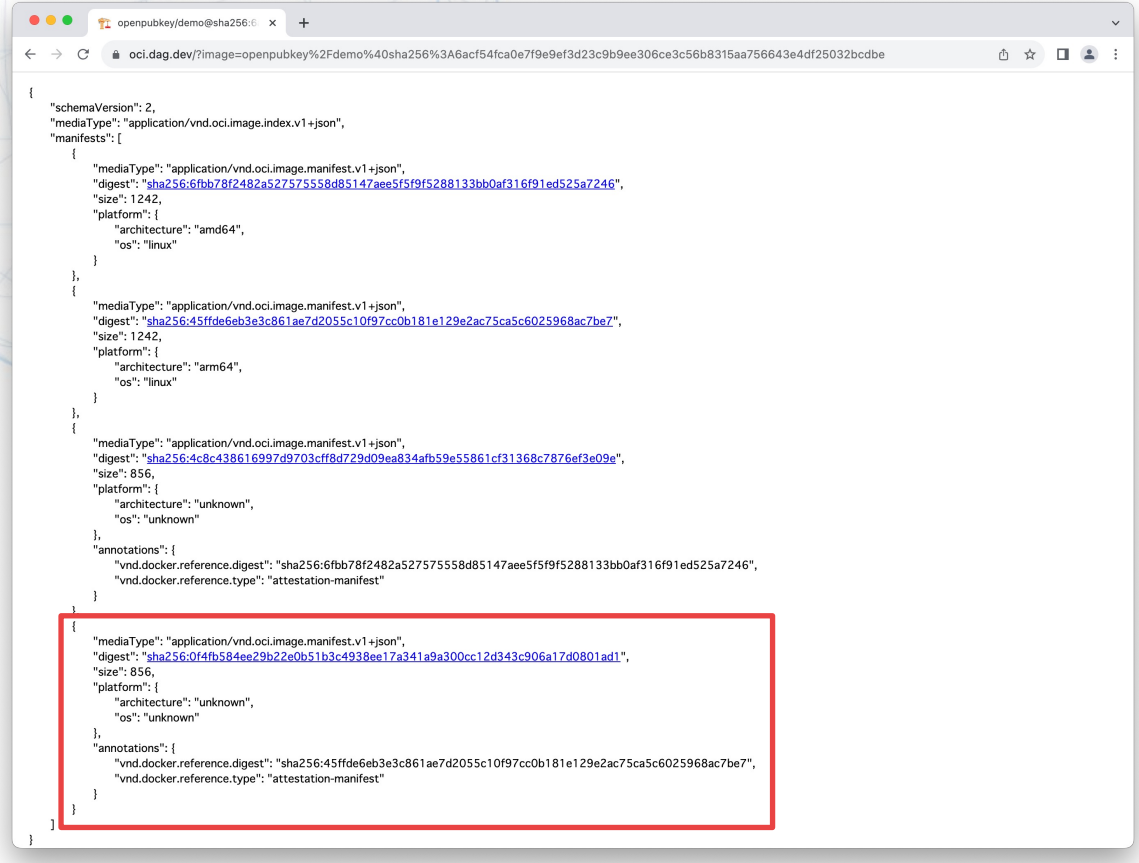
- 受け取った Bearer Token が合っていれば、ID Token を発行する
- ID Tokenの主なペイロード:
  - "aud" (audience)
  - "repository_owner_id" (GitHubのorgのID)
  - "run_id" (GHAのjobの実行ID)
- ID Tokenは、GHA自身が持っている鍵で署名される

- 手持ちのCICと、GHAから受け取ったID Tokenとを組み合わせ、署名し、 PK Token を構成する。これをイメージに付加する。
- Guillou-Quisquater (GQ) 署名により、元のID Tokenの値は隠蔽される (ペイロードの部分は公開される)

GHAの場合はペイロードが公開されて問題ないが、
他のOpenIDプロバイダでは検討が必要そう

※GQ署名はworkload identityでは必須、user identity では任意

実際のデータ



https://oci.dag.dev/?image=openpubkey%2Fdemo%40sha256%3A6acf54fca0e7f9e9ef3d23c9b9ee306ce3c56b8315aa756643e4df25032bcdbe

実際のデータ


```
{
    "mediaType": "application/vnd.oci.image.manifest.v1+json",
    "digest": "sha256:0f4fb584ee29b22e0b51b3c4938ee17a341a9a300cc12d343c906a17d0801ad1",
    "size": 856,
    "platform": {
        "architecture": "unknown",
        "os": "unknown"
    },
    "annotations": {
        "vnd.docker.reference.digest": "sha256:45ffde6eb3e3c861ae7d2055c10f97cc0b181e129e2ac75ca5c6025968ac7be7",
        "vnd.docker.reference.type": "attestation-manifest"
    }
}
```

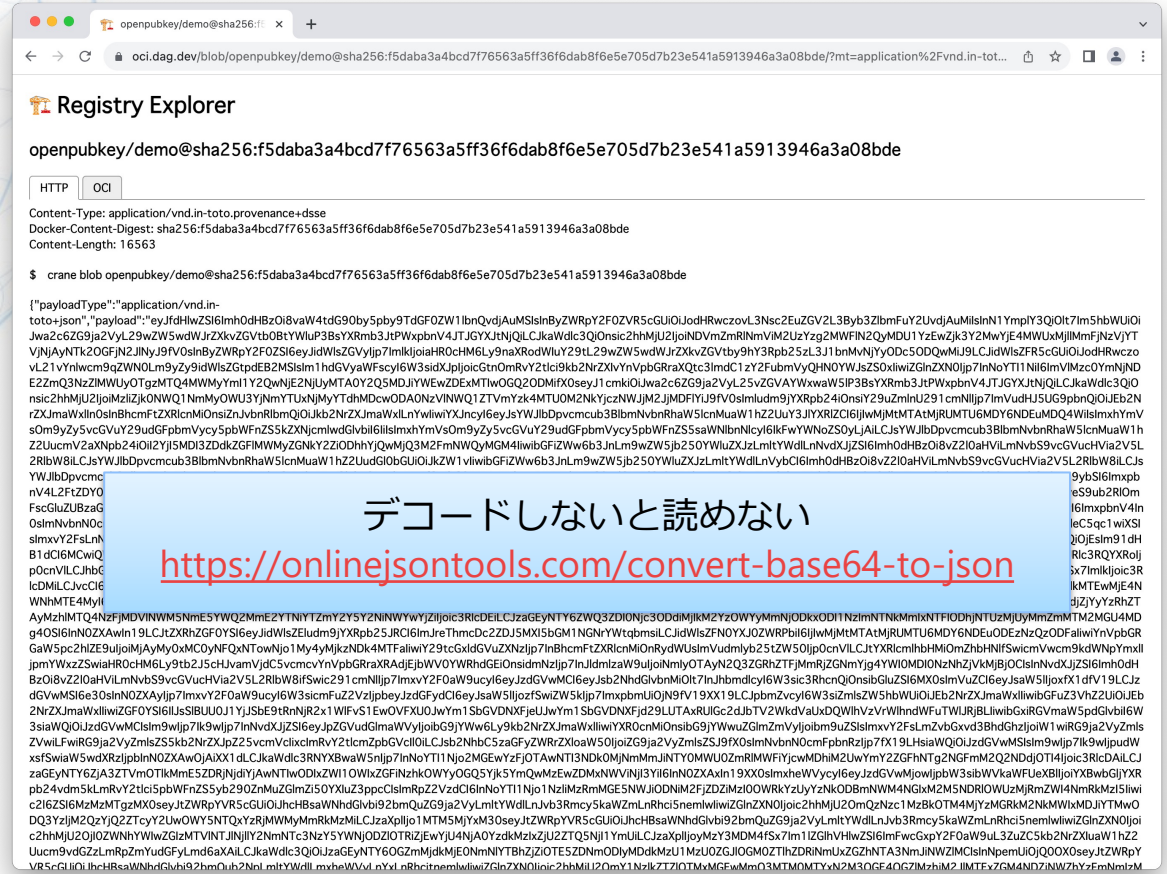

application/vnd.oci.image.manifest.v1+json

application/vnd.oci.image.manifest.v1+json

application/vnd.in-toto.provenance+dsse

https://oci.dag.dev/?image=openpubkey%2Fdemo%40sha256%3A6acf54fca0e7f9e9ef3d23c9b9ee306ce3c56b8315aa756643e4df25032bcdbe

実際のデータ



https://oci.dag.dev/blob/openpubkey/demo@sha256:f5daba3a4bcd7f76563a5ff36f6dab8f6e5e705d7b23e541a5913946a3a08bde/?mt=application%2Fvnd.in-toto.provenance%2Bdsse&size=16563

application/vnd.in-toto.provenance+dsse

```
{
  "payloadType":"application/vnd.in-toto+json",
  "payload": …,
  "signatures":[{"keyid":"OPK","sig": …}]
}
```

.payload

(SLSA Provenance)

.signatures[0].sig

```
{
  "payload": …,
  "signatures": [
    {"protected": …, "header": {"sig_type":
"cic"}, "signature": …},
    {"protected": …, "header": {"sig_type":
"oidc_gq"}, "signature": …}
  ]
}
```

.payload

```
{
  "jti": "66e345cc-0806-42a0-a346-7b98dc8ab2c0",
  "sub": "repo:openpubkey/demo:ref:refs/heads/main",
  "aud": "5km4t6i4IPk-tnv4qlmCcryfY0O-4PCNWOmFCJZJrzI",
  "ref": "refs/heads/main",
  "sha": "6b29027d7ddae1c2dcdcfb88ab402473af5d20c8",
  "repository": "openpubkey/demo",
  "repository_owner": "openpubkey",
  "repository_owner_id": "145685596",
  "run_id": "6628798402",
  "repository_id": "698282570",
  "iss": https://token.actions.githubusercontent.com
  …,
}
```

.signatures[0].protected

```
{
  "alg": "ES256",
  "att": …
  "rz": …,
  "upk": {"alg": "ES256", "crv": "P-256",
          "kty": "EC", "x": …, "y": … }
}
```

.signatures[1].protected

```
{
  "typ": "JWT",
  "alg": "RS256",
  "x5t": "AB3c0BSoSOiCRXez5POu2zvPX_0",
  "kid": "001DDCD014A848E8824577B3E4F3AEDB3BCF5FFD"
}
```

まとめ (再掲)

- OpenID Connect (OIDC) を応用し、公開鍵基盤として使えるようにしたもの
  "In essence, OpenPubkey is a protocol for getting OpenID Providers (OPs) to bind identities to public keys." (https://github.com/openpubkey/openpubkey)

- 例えば、GitHub Actions 上でDockerイメージをビルドする際に、GitHubリポジトリの organization IDを含む署名を付加できる

- GitHub Actions の Secrets に秘密鍵をアップロードしたりしなくてよい

- GitHub Actions 以外の OpenID プロバイダ への対応も容易。
  プロバイダ側での対応作業は(原則的に)不要。

- Sigstore の Cosign (keyless) に似ているが、よりシンプルな構成

スライド: https://github.com/AkihiroSuda
("Presentation slides" → "2023" → "20231102 ...")